CAPÍTULO I

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

I.1. Datos generales del proyecto

I.1.1. Clave del proyecto (para ser llenado por la Secretaría)

I.1.2. Nombre del proyecto

Modernización de la Carretera La Pera – Cuautla, Tramo del Km 0+800 al 20+700, en el Estado de Morelos

I.1.3 Datos del sector y tipo de proyecto

I.1.3.1 Sector

El proyecto se lleva a cabo dentro del Sector Vías Generales de Comunicación, este proyecto es promovido por la Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

I.1.3.2 Subsector

Infraestructura carretera.

I.1.3.3 Tipo de proyecto

El proyecto consiste en la modernización de la carretera No. 115 denominada “La Pera Cuautla” en el tramo Km 0+800 al 20+700 que actualmente es un camino de Tipo A2. La modernización consiste en la construcción del segundo cuerpo del Km 0+800 al km 20+700, dentro del derecho de vía de la Autopista.; se construirá un nuevo cuerpo para que cumpla como un camino tipo A4S del km 0+800 al km 7+500 y del km 13+400 al km 20+700, así mismo como tipo A4 del km 7+500 al km 13+400, además la modernización del cuerpo existente del km 0+800 al km 9+900 se ampliara un tercer carril quedando tres carriles en asenso, la carretera modernizada tendrá especificaciones de un camino Tipo A4 y A4S en la clasificación de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, S.C.T. Tendrá las siguientes características: ancho de calzada de 7 m de cada sentido, ancho de corona de 21 m, 2 acotamientos de 1.5 y 2.5 m respectivamente. La velocidad máxima será de 90-

100 km/h; la carretera tendrá una pendiente gobernadora del 4% y una curvatura máxima de 6°.

I.1.4 Tipo de estudio y su modalidad

Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional.

I.1.5. Ubicación del proyecto

I.1.5.1 Rasgo geográfico de referencia

El tramo se asienta en el Estado de Morelos, dentro del derecho de vía de la carretera actual, que colinda con terrenos de 19 localidades y/o colonias, que pertenecen a 2 municipios (Tabla I.1).

Tabla I.1. Localización del proyecto

Cadenamiento	Entidad	Municipio	Localidad
Km 0+800 al 4+090	Morelos	Tepoztlán	Mirador de la Pera
Km 4+090 al 5+860	Morelos	Tepoztlán	Colonia Cuahquiahuac
Km 5+860 al 6+200	Morelos	Tepoztlán	Colonia los Ocotes
Km 6+200 al 7+780	Morelos	Tepoztlán	Monte Castillo
Km 7+780 al 7+990	Morelos	Tepoztlán	Huachinantitla
Km 8 +99 0 al 9+290	Morelos	Tepoztlán	Kilómetro Quince y Medio
Km 9+290 al 11+200	Morelos	Tepoztlán	Cerro Cuate
Km 11+200 al 12+470	Morelos	Tepoztlán	Vista al Valle (Tlaxomolco)
Km 12+470 al 13+230	Morelos	Tepoztlán	Santiago Tepetlapa
Km 13+230 al 13+780	Morelos	Tepoztlán	Colonia Huilotepec
Km 13+780 al 14+080	Morelos	Tepoztlán	Los Farallones de Santiago (Chahuapa)
Km 14+080 al 14+490	Morelos	Tepoztlán	El Pedregal
Km 14+490 al 16+030	Morelos	Tepoztlán	Colonia Chichco (Chisco)
Km 16+030 al 17+820	Morelos	Tepoztlán	La Quebradora
Km 17+820 al 18+930	Morelos	Tepoztlán	Capadero
Km 18+930 al 19+950	Morelos	Tepoztlán	Colonia Obrera
Km 19+950 al 20+030	Morelos	Tepoztlán	Rancho los Sabinos
Km 20+030 al 20+670	Morelos	Tepoztlán	Colonia Benito Juárez
Km 20+670 al 21+000	Morelos	Tlayacapan	Las Vivianas

I.1.5.2 Entidad federativa

Estado de Morelos

I.1.5.3 Municipio(s) o delegación(es)

Los tramos se asientan en 2 municipios del Estado de Morelos (Tabla I.1): Tepoztlán y Tlayacapan.

I.1.5.4 Localidades

Las localidades donde se asienta el trazo se presentan en la Tabla I.1, en total el trazo atraviesa 19 localidades pertenecientes a 2 municipios Morelenses.

I.1.5.5 Coordenadas geográficas y/o UTM

Las coordenadas UTM extremas del proyecto inician en el 0+800 en las coordenadas UTM 14Q X=482,350, Y=2,101,876 y la final en el Km 21+000 en la X=497,212 y Y=2,093,286.

En el Anexo 4 se presenta el larguillo.

I.1.5.6. Dimensiones del proyecto

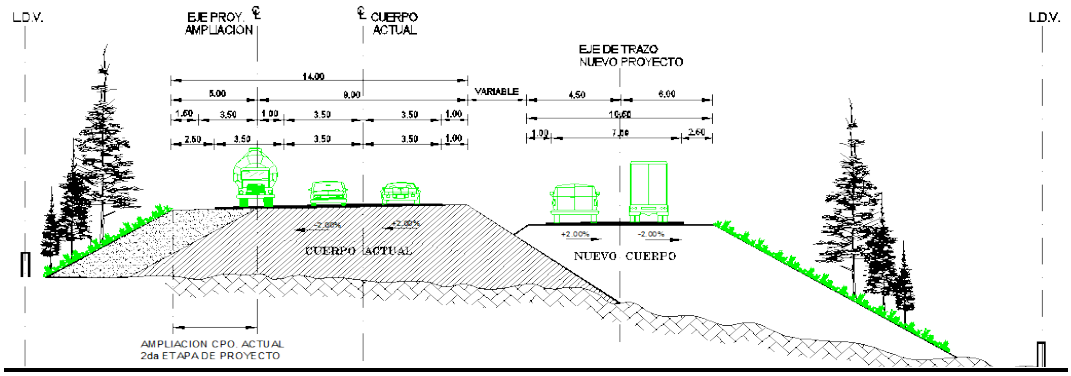
La longitud total del proyecto es de 20.2 Km

El derecho de vía es de 60 m, por lo que el trazo ocupará en total 120.00 Ha.

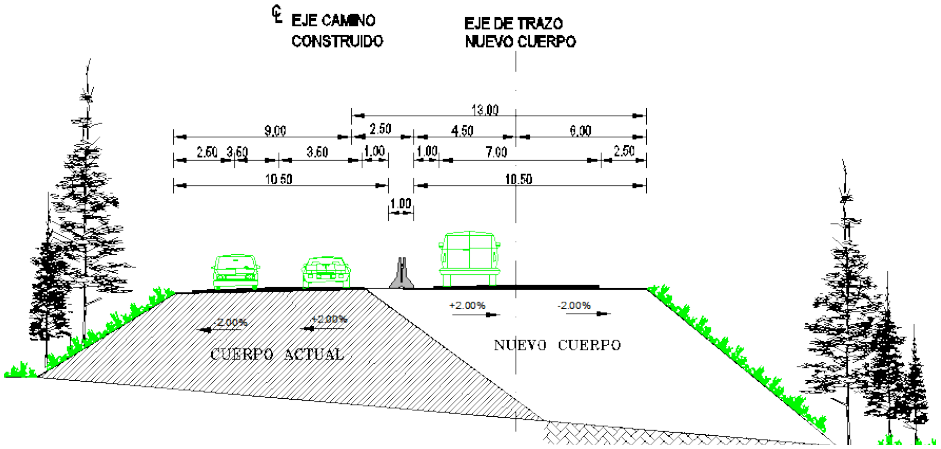
Las especificaciones del camino son: tipo A4. La velocidad máxima es de 90 km/h

La sección tipo se presenta en la Figura I.1.

Del km 0+800 al km 9+900 (Ampliación de 2 a 4 carriles y tercer carril)



Del km 9+900 al km 13+400 (ampliación de 2 a 4 carriles en cuerpos separados a nivel o desnivel, se construye el cuerpo nuevo del lado derecho)



Del km 13+400 al km 20+700 (ampliación de 2 a 4 carriles en cuerpos separados a nivel o desnivel, se construye el cuerpo nuevo del lado izquierdo)

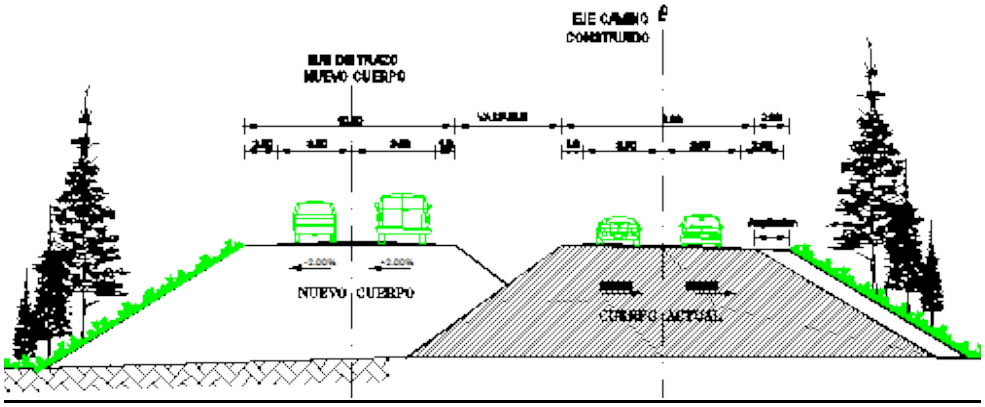


Figura I.1. Sección tipo del proyecto

I.2. Datos generales del promovente

I.2.1. Nombre o razón social y registro federal de contribuyentes

Dirección General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

SCT051121BDA

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 919, Col. 2da. Sección del Periodista, C.P. 03600, México D.F. Tel./Fax 5539-3151

I.3. Datos generales del responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

I.3.1. Nombre o Razón Social

Triada Diseño Gerencia y Construcción S.A. de C.V.

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 919, Col. 2da. Sección del Periodista, C.P. 03600, México D.F. Tel./Fax 5539-3151

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES

II.1. Información general del proyecto plan o programa

II.1.1. Naturaleza del proyecto

El proyecto consiste en la modernización de la carretera No. 115 denominada “La Pera Cuautla” en el tramo Km 0+800 al 20+700 que actualmente es un camino de Tipo A2. La modernización consiste en la construcción del segundo cuerpo del Km 0+800 al km 20+700, dentro del derecho de vía de la Autopista.; se construirá un nuevo cuerpo para que cumpla como un camino tipo A4S del km 0+800 al km 7+500 y del km 13+400 al km 20+700, así mismo como tipo A4 del km 7+500 al km 13+400, además la modernización del cuerpo existente del km 0+800 al km 9+900 se ampliará el cuerpo actual, para tener un tercer carril quedando tres carriles en asenso, la carretera modernizada tendrá especificaciones de un camino Tipo A4 y A4S en la clasificación de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, S.C.T. Tendrá las siguientes características: ancho de calzada de 7 m de cada sentido, ancho de corona de 21 m, 2 acotamientos de 1.5 y 2.5 m respectivamente. La velocidad máxima será de 90-100 km/h; la carretera tendrá una pendiente gobernadora del 4% y una curvatura máxima de 6° (Tabla II.1).

Dentro de la modernización de la autopista se incluye un carril más para el acceso a la autopista México - Cuernavaca en el Entronque La Pera, así mismo la modernización del Ent. Tepoztlán y la construcción de un nuevo entronque denominado Santiago. Asimismo se ampliará en la zona actual las instalaciones de casetas en Tepoztlán en una superficie de 0.27 Ha sobre suelo desnudo y pastizal inducido.

Tabla II.1. Ubicación de entronques

Nombre	Ubicación	Área
Entronque La Pera	Km 0+800 al 1+360	5.10 Ha
Entronque Tepoztlán	Km 7+500 al 9+000	1.63 Ha
Entronque Santiago	Km 12+500 al 13+400	1.74 Ha

Tabla II.2. Comparativa de la situación actual con la corona modernizada

Propiedad	Sección actual	Sección modernizada
Carretera tipo	A2	A4- a 4-S
Velocidad máxima	70-80 km/h	80-90 km/h
Ancho de corona	9 m	21.00 m

Propiedad	Sección actual	Sección modernizada
Ancho de calzada	7 m	14 m en tramo de 3 carriles
Acotamientos	1.0 m	2 – uno de 2.5 m exterior y 1.0 m interior.
TDPA	11,500 veh/d	12,000 veh/d
Espesor del pavimento	0.3 m	0.43 m
Pendiente gobernadora	4.00 %	4.00 %

II.1.2. Justificación y objetivos

La modernización de la autopista es necesaria debido a los problemas que se derivan del tránsito vehicular y de su conurbación con localidades turísticas como Tepoztlán y Oaxtepec además de contar con una topografía de lomerío fuerte, que determinan una estructura vial compleja, así como por mantener un crecimiento urbano de difícil control y por otra parte, al ser polo de atracción turística se observan conductas inadecuada en la conducción de vehículos y comportamientos de riesgo.

La autopista fue puesta en servicio en 1965, y desde entonces ha sido operada y conservada por CAPUFE, con pocos cambios en sus condiciones originales. En el año 2000 fue concesionada por 20 años al FARAC (hoy FONADIN). La autopista cuenta con 27 km a 2 carriles (La Pera – Ent. Oaxtepec) y 7.2 km a 4 carriles hasta Cuautla (Distribuidor Vial Morelos), de donde su longitud total es de 34.2 km. Debido al tránsito intenso y creciente (TDPA = 14,000 vehículos en 2009, con tasa de crecimiento del 5.4%), y a la pendiente continua en el tramo del km 0+800 al km 20+700, la autopista opera de manera deficiente durante horas y días pico, en especial en su tramo inicial de 2 carriles y en el cruce de sus dos plazas de cobro (Tepoztlán km 7+900 y Oacalco km 21+300), siendo frecuentes los accidentes por rebases y largas colas para el pago de cuotas. En relación con los dos últimos esquemas mencionados, la SCT ha identificado 10 paquetes de carreteras que lanzará al mercado, los cuales suman alrededor de 1,817.5 kilómetros nuevos y una inversión aproximada de 40,600 millones de pesos.

Dentro de esos 10 paquetes se encuentra el llamado Paquete Surponiente que nos ocupa (en adelante “El Proyecto”), que incluye las autopistas de la “Red FARAC” en operación Cuernavaca – Acapulco de 273.8 km de longitud a 4 carriles y La Pera – Cuautla de 34.2 km a 2 y 4 carriles, así como 158 kilómetros de tramos carreteros nuevos o por modernizar (Figura II.1), con una inversión estimada de 7,000 millones de pesos.

Objetivos

El objetivo del proyecto de modernización integral de la Autopista La Pera - Cuautla es elevar su nivel de servicio a los requerimientos y normas SCT vigentes, resolviendo puntos de conflicto existentes (plazas de cobro, accesos irregulares, etc.), para dar fluidez y seguridad al tránsito vehicular. El proyecto se desarrolla bajo las siguientes premisas:

- Modernizar el tramo La Pera – Cuautla, que actualmente es el único de dos carriles, uno en cada sentido, dentro del Eje Troncal Transversal Acapulco Veracruz, esto facilitará el acceso a los mercados regionales, nacionales e internacionales, Lo que

coadyuvara a la generación de empleos y la comercialización de materias primas y productos. Aumentará la competitividad económica

- Mejorará la conectividad de la red carretera y hacia los centros de población y puertos ya que esta Autopista es la vía de acceso desde el Sur del Distrito Federal, vía la Autopista México-Cuernavaca, a los sitios arqueológicos, de recreo y de balnearios que se localizan en los poblados de Tepoztlán, Oacalco, Yautepec, Oaxtepec, Cocoyoc y Cuautla, así como también al centro sur del País, vía Izúcar de Matamoros y Oaxaca.
- Ampliar la capacidad vial de la autopista, entronques y plazas de cobro, aprovechando la infraestructura carretera actual disponible.
- Proponer sistemas de cobro que minimicen los tiempos de espera.
- Plantear diseños geométricos y dispositivos de control de tránsito actualizados.
- Contribuir a eliminar desequilibrios regionales
- Generar empleos directos e indirectos bien remunerados e impulsar el potencial de desarrollo nacional y regional.
- Disminuir accidentes y dar más seguridad a los usuarios

Ubicación física

El proyecto se asienta en 2 municipios del estado de Morelos, en las tierras de 19 localidades o colonias (Tabla II.3).

Tabla II.3. Localización del proyecto

Cadenamiento	Entidad	Municipio	Localidad
Km 0+800 al 4+090	Morelos	Tepoztlán	Mirador de la Pera
Km 4+090 al 5+860	Morelos	Tepoztlán	Colonia Cuahquiahuac
Km 5+860 al 6+200	Morelos	Tepoztlán	Colonia los Ocotes
Km 6+200 al 7+780	Morelos	Tepoztlán	Monte Castillo
Km 7+780 al 7+990	Morelos	Tepoztlán	Huachinantitla
Km 8 +99 0 al 9+290	Morelos	Tepoztlán	Kilómetro Quince y Medio
Km 9+290 al 11+200	Morelos	Tepoztlán	Cerro Cuate
Km 11+200 al 12+470	Morelos	Tepoztlán	Vista al Valle (Tlaxomolco)
Km 12+470 al 13+230	Morelos	Tepoztlán	Santiago Tepetlapa
Km 13+230 al 13+780	Morelos	Tepoztlán	Colonia Huilotepec
Km 13+780 al 14+080	Morelos	Tepoztlán	Los Farallones de Santiago (Chahuapa)
Km 14+080 al 14+490	Morelos	Tepoztlán	El Pedregal

Cadenamiento	Entidad	Municipio	Localidad
Km 14+490 al 16+030	Morelos	Tepoztlán	Colonia Chichco (Chisco)
Km 16+030 al 17+820	Morelos	Tepoztlán	La Quebradora
Km 17+820 al 18+930	Morelos	Tepoztlán	Capadero
Km 18+930 al 19+950	Morelos	Tepoztlán	Colonia Obrera
Km 19+950 al 20+030	Morelos	Tepoztlán	Rancho los Sabinos
Km 20+030 al 20+670	Morelos	Tepoztlán	Colonia Benito Juárez
Km 20+670 al 20+700	Morelos	Tlayacapan	Las Vivianas

Las coordenadas UTM en cuadrante 14Q de los puntos de inflexión del proyecto se presentan cada 1 km, pueden no ser definitivas, ya que el trazo que se presenta en esta MIA-R es un anteproyecto (Tabla II.4 y Figura II.1).

Tabla II.4. Coordenadas UTM (cuadrante 14Q) del trazo cada kilómetro

Estación	Eje X	Eje Y
Km 0+800	482350	2101876
Km 1+000	482548	2101903
Km 2+000	483526	2101840
Km 3+000	484503	2101903
Km 4+000	485443	2101608
Km 5+000	486366	2101281
Km 6+000	486851	2100577
Km 7+000	487394	2099791
Km 8+000	488192	2099295
Km 9+000	488803	2098738
Km 10+000	489602	2098290
Km 11+000	490554	2098342
Km 12+000	491315	2098005
Km 13+000	492074	2097461
Km 14+000	492785	2096905
Km 15+000	493163	2096274
Km 16+000	493553	2095572
Km 17+000	494055	2094804
Km 18+000	494990	2094728
Km 19+000	495473	2093908
Km 20+000	496373	2093725

Estación	Eje X	Eje Y
Km 21+000	497212	2093286

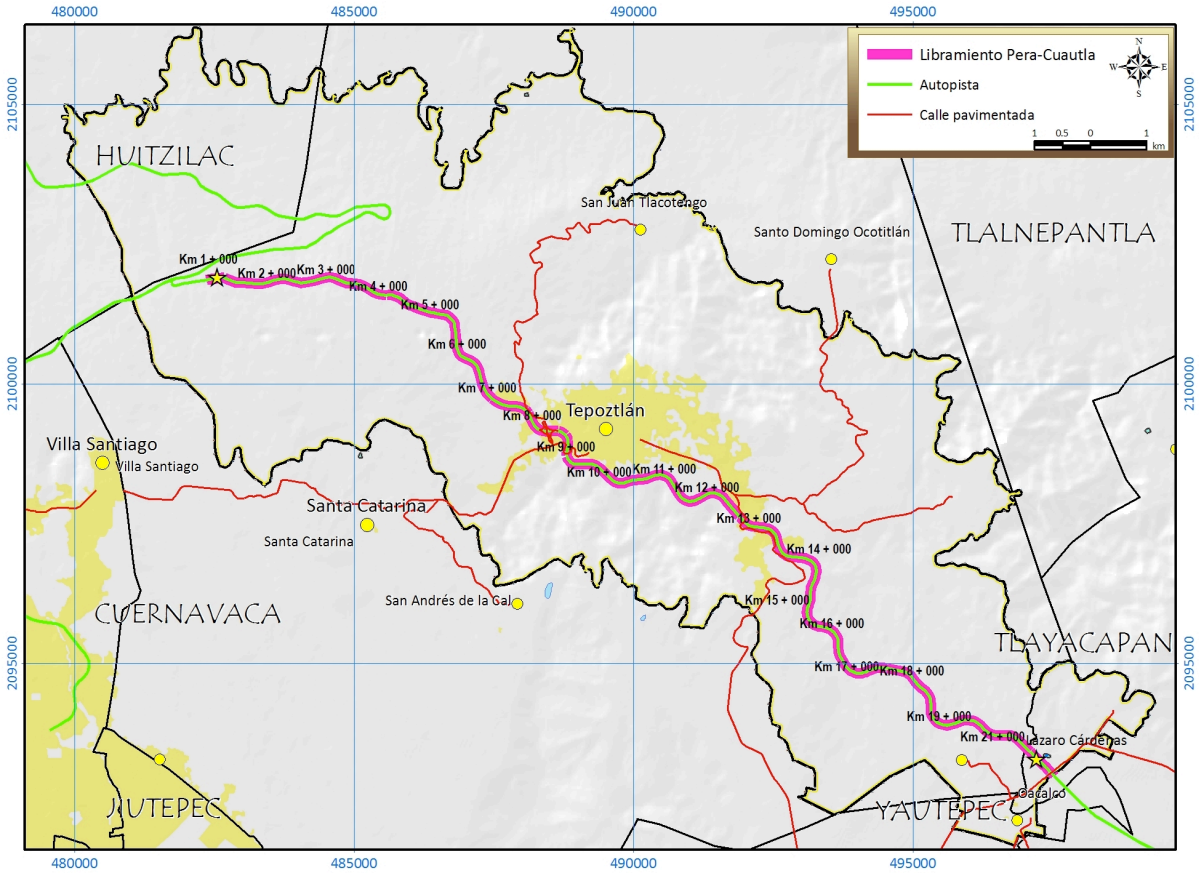


Figura II.1. Localización de la ruta nueva con respecto a la ruta actual, donde se aprecian las ampliaciones (en rosa). Además del Km 0+800 al 9+700, se agregará un carril de ascenso

Inversión requerida

Este proyecto contempla la modernización de 20.2 km que incluye la construcción de un cuerpo nuevo y la modernización del cuerpo actual. La inversión requerida para la ejecución del proyecto será en total de $1,637,925,714.00 pesos 00/100 M.N.; (Tabla II.5).

Tabla II.5. Inversión requerida para la operación y mantenimiento del trazo La Pera - Cuautla

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
Terracerías				
Troncal				
Corte	698348	M^3	380	$265,372,240.00
Terraplén	466728	M^3	250	$116,682,000.00

Ampliación con tercer carril				
Corte	132391	M3	380	$50,308,580.00

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
Terraplén	102315	M3	250	$25,578,750.00
Laterales				
Corte	43408	M3	380	$16,495,040.00
Terraplén	373970	M3	250	$93,492,500.00
Desmonte	108	Ha	38500	$4,158,000.00
Diferencia corte-terraplén	68866	M3	25	$1,721,650.00
Acarreos terracerías	943013	M3-1-km	9	$8,487,117.00
	27347377	M3-km subs	6	$164,084,262.00
		Subtotal terracerías		**$746,380,139.00**
Pavimentos				
Base	81,675	M3	2100	$171,517,500.00
Subbase	108,900	M3	1900	$206,910,000.00
Carpeta	54,450	M3	2509	$136,615,050.00
Acarreos pavimentos	245025	M3-km	9	$63,951,525.00
		Subtotal pavimentos		**$578,994,075.00**
Entronques				
Tepoztlan	1	Entronque	$35,000,000.00	$35,000,000.00
Santiago	1	Entronque	$30,000,000.00	$30,000,000.00
		Subtotal entronques		**$65,000,000.00**
Estructura				
Piv's	2592	M2	$12,000.00	$31,104,000.00
Puentes	343	M2	$12,500.00	$4,287,500.00
Pipr	260	M2	$12,000.00	$3,120,000.00
Psv's	1260	M2	$12,000.00	$15,120,000.00
		Subtotal estructuras		**$53,631,500.00**
Caseta de cobro				
Tepoztlán	1	Caseta	$25,000,000.00	$25,000,000.00
Oaxtepec y centro de control	1	Caseta	$35,000,000.00	$35,000,000.00

Auxiliares	12	Caseta	$5,000,000.00	$60,000,000.00

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio	Importe
				$120,000,000.00
Rampas de emergencia	2	Rampa	$3,500,000.00	**$7,000,000.00**
Señalamiento y o. Complementarias	1	Señalamiento	$20,000,000.00	**$20,000,000.00**
Sistema its	1	Sistema	$45,000,000.00	**$45,000,000.00**
Muros de contención	1200	M^2	$1,600.00	**$1,920,000.00**
			Total=	**$1,637,925,714.00**

II.2. Características particulares del proyecto

II.2.1.Descripción general de la obra

El proyecto de modernización de la Autopista La Pera-Cuautla, consiste en la construcción de un segundo cuerpo a la derecha del cuerpo actual del km 0+800 al km 20+700, dentro del actual derecho de vía de la Autopista.

Del Km 0+800 al 7+500 y del 13+400 al 20+700, se construirá un cuerpo nuevo paralelo al actual de Tipo A2, que consistirá de un cuerpo al lado derecho y a desnivel en relación a la rasante actual, con una faja de separación variable, con un ancho de corona de 10.50 m, acotamiento interior de 1.0 m, un acotamiento exterior de 2.5 m, un ancho de calzada de 7.0 m, dos carriles de 3.5 m cada uno; el cuerpo actual se ampliará del lado izquierdo para que cumpla con los 10.50 m requeridos para modernizarse a un camino tipo A4S, dentro de un ancho de derecho de vía de 60 m.

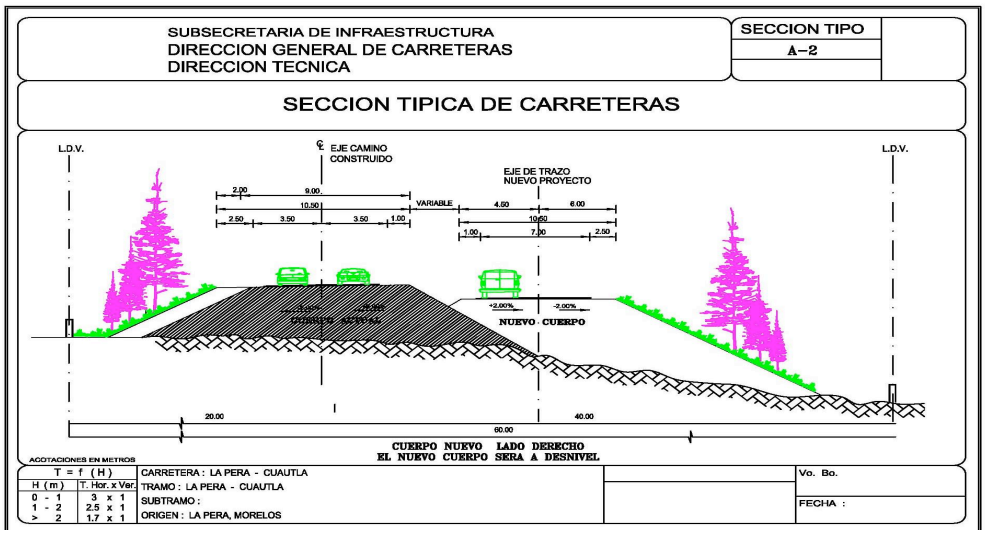
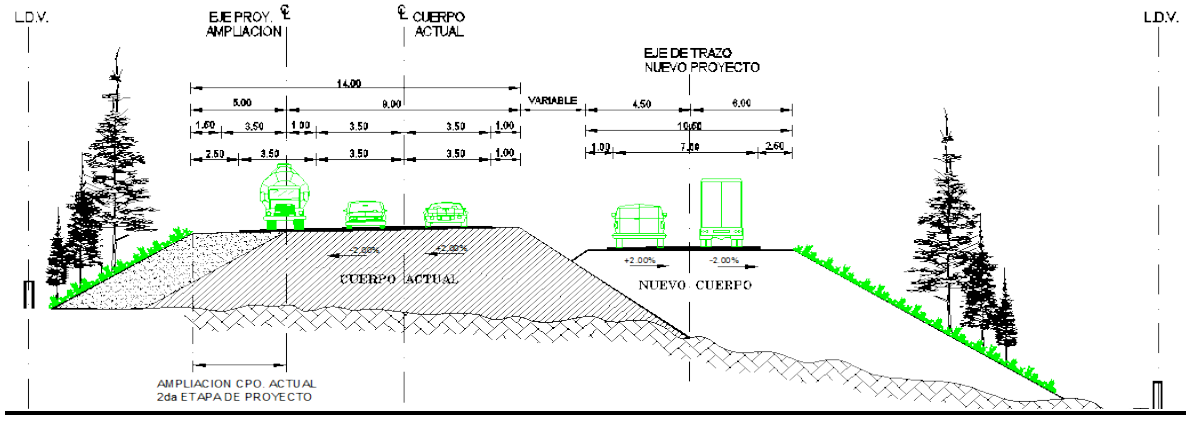


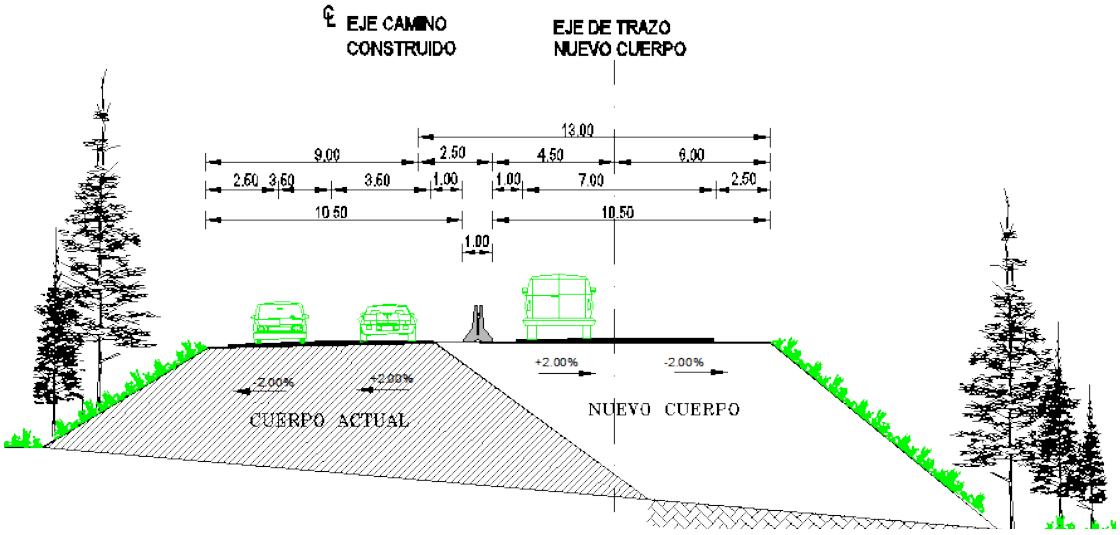
Figura II.2. Sección tipo del Km 0+800 al 7+500 y del 13+400 al 21+200

Del km 7+500 al km 13+400, se construirá un cuerpo nuevo al lado derecho, con una ampliación de corona a 22 m, una barrera separadora central de 1 m de ancho, un acotamiento interior de 1.0 m, un acotamiento exterior de 2.5 m. un ancho de calzada de 7.0 m, dos carriles de 3.5 m cada uno, dentro de un ancho de derecho de vía de 60 m. Ambos cuerpo de circulación fusionados tendrán las especificaciones de un camino tipo A4 (Figura II.3).

Del km 0+800 al km 9+900 (Ampliación de 2 a 4 carriles y tercer carril)



Del km 9+900 al km 13+400 (ampliación de 2 a 4 carriles en cuerpos separados a nivel o desnivel, se construye el cuerpo nuevo del lado derecho).



Del km 13+400 al km 20+700 (ampliación de 2 a 4 carriles en cuerpos separados a nivel o desnivel, se construye el cuerpo nuevo del lado izquierdo).

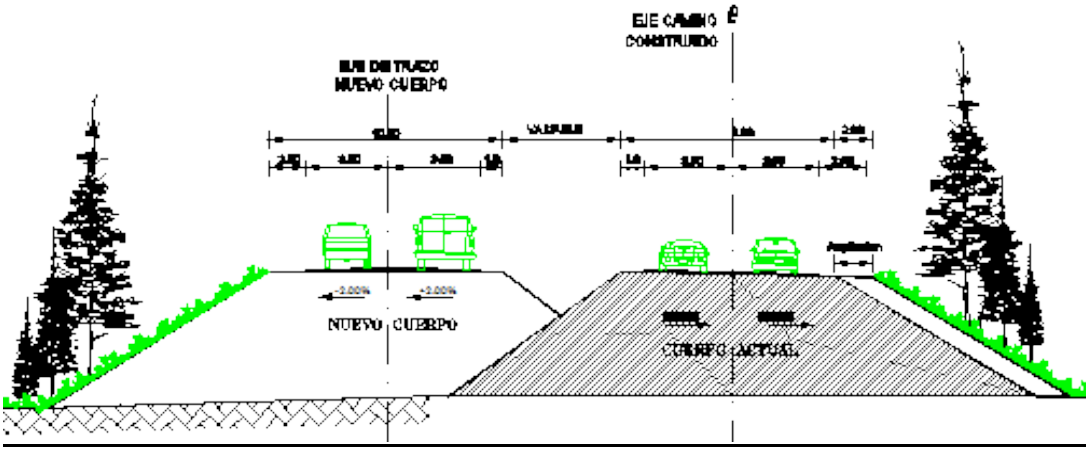


Figura II.3. Secciones tipo del proyecto

La modernización de la autopista se realizará en dos etapas o fases, la primera es construir el cuerpo nuevo o cuerpo derecho y después de que se tenga en operación el nuevo cuerpo se cerrará a la circulación el cuerpo actual o cuerpo izquierda para realizar la ampliación del cuerpo actual para que quede con un ancho de corona de 10.50m y del km 0+800 al 10+500 ampliar el cuerpo actual incrementándole un carril más de ascenso.

En la modernización de la autopista no se va a rectificar el eje de trazo, ya que no hay espacio debido a que se repetará el derecho de vía existente, además de que el trazado original fue pensado para una carretera A4 por lo que cumple con las especificaciones técnicas que marca la SCT en cuanto a curvas horizontales y verticales.

Debido a que el material de los cortes es de buena calidad será utilizado en la construcción del cuerpo de terraplén y el material faltante será traído de bancos de material con explotación comercial. No habrá material pétreo de desperdicio, ya que todo se compensará en la construcción.

Las actividades que se llevarán a cabo serán:

Preparación del sitio. Consiste en retirar los árboles y arbustos mediante sierra mecánica en los sitios de ampliación y despalmar en toda la zona de ampliación independientemente de su uso de suelo.

Construcción. Consiste en excavar y nivelar el terreno; tendido capa subyacente, capa sub rasante, sub base, bases y carpeta asfáltica; construcción de obras de drenaje nuevas y ampliación de obras de drenaje menor en el cuerpo actual; colocación de 93 obras de drenaje y señalización.

En cuanto a la estructura de terracerías y pavimento serán construidas de acuerdo al proyecto geométrico y en base a las Normas de construcción de la SCT

Según los planes, a lo largo del camino en sus 20.90 Km., se tendrá una sección que permitirá alojar una corona de 21.00 m de ancho en promedio una calzada con 7.0 metros de ancho en cada sentido, que incluirá dos carriles de circulación por sentido, dos acotamientos de 2.5 y dos de 1.0 metro, con excepción del km 0+800 al km 9+800 en el cuerpo actual en el que modernizara para tres carriles de accenso con un ancho de corona de 14.0m y ancho de calzada 10.50 m. Como parte del funcionamiento hidráulico superficial de la obra, la calzada se construirá con una pendiente transversal, hacia ambos lados del eje de la vía del 2 por ciento máximos, lo cual, corresponde al bombeo.

Para encauzar los escurrimientos naturales se prevé la construcción de obras de drenaje de tamaños variables y de acuerdo a las necesidades detectadas con los estudios de geohidrología, los anchos pueden variar de losas de 1.5 m de ancho por 1 m hasta dobles losas de 6 m por 5 m de alto, así como de un puentes para librar el Río Tongo a la altura del Km 12+783 de 90 m de largo.

Las obras de drenaje mayor y menor se construirán dentro del área entre ceros, en ningún caso habrá afectación fuera de dicha superficie.

Se construirán pozos de absorción. Sistema de inyección de aguas pluviales al Subsuelo consiste en una perforación de entre 0.90 a 1.20 m de diámetro a una profundidad de entre 8.00 a 18.00 m aprox. Siempre y cuando se asegure que se paso la capa permeable y se desplante en la capa absorbente.

En el proceso constructivo se inicia con una excavación manual o mecánicamente asegurando que se traspase la capa permeable con una profundidad variable, y diámetro de acuerdo a diseño.

1) Una vez terminado la excavación se procede a la construcción de la corona, una sobre excavación en la parte inferior o desplante del pozo de absorción en forma cónica, para

posteriormente sea rellenada con grava de ¾“ hasta 1.00 m de altura.

2) Se deberá de tener cuidado de que se traspaso la capa permeable y asegurar que las paredes son lo suficiente absorbentes y de material tipo “A” para asegurar la absorción del agua pluvial.

3) Se procederá a la colocación de la fibra textil (geo textil) tipo calcetín asegurando que se coloque a partir de la base y se adhiera a las paredes de la excavación esto con el fin de que toda la excavación quede cubierta de la malla textil (geo textil)

4) Ya colocado el calcetín de la fibra textil se continuará con la colocación de los tubos perforados asegurando sean los adecuados y suficientes de acuerdo a diseño para el desalojo de las aguas pluviales, estos serán de concreto y/o cualquier material que garantice su estabilidad vertical (p. v. c, concreto, ladrillo, etc.)

5) Terminada la colocación de la tubería se continuará con la colocación de grava de ½ “ está quedando entre la pared de la excavación y la fibra textil (geo textil) garantizando una pared de 10 cm de espesor libre de basura y/o material fino. Esto para evitar que se tapen los orificios de la tubería.

6) Terminada la colocación de la tubería se considerará la tapa y la losa de captación con pendientes de 3, 4 % para un mejor desalojo de aguas pluviales.

7) Se considerará una tapa o rejilla de concreto y/o acero con aberturas suficientes para una mejor absorción de las aguas.

En zonas urbanas se colocan en cruce de calles y/o en donde se acumule el agua en plena lluvia, esto para desalojar más rápido las precipitaciones pluviales. Se considerará el mantenimiento constante para evitar taponamiento en rejillas y tapas así mismo se diseñara junto con las cunetas de recolección hacia el pozo.

Mantenimiento: Limpieza de carpeta asfáltica, obras de drenaje, área central y derecho de vía; cambiar señalamiento y pintura; y cada que se requiera un reencarpetado o bacheo, durante la construcción de la obra.

Dimensiones del derecho de vía

Se utilizarán una franja de 60 m distribuida en ambos lados del camino a partir del eje del camino, en toda la longitud del proyecto, incluyendo las zonas de construcción en los entronques, lo que arroja un área total de 125.40 Ha.

1) Camino

a) Camino Tipo A4 y A4S

b) Corona. 12.50 m. para cada cuerpo.

c) Calzada. 7.0 m. para cada cuerpo.

d) Cunetas y contra cunetas.- Se construyen de sección trapezoidal, en cortes y secciones en balcón

e) Taludes., en cortes y en terraplenes

f) Partes complementarias.

g) Tipo de pavimento, pavimento flexible-carpeta asfáltica

g) Con acotamientos de 2.5 y 1.0 a cada lado, por cuerpo.

h) Velocidad máxima permitida 100 Km/h

i) Pendientes máximas 6.0 %

j) Grado de curvatura. 6°

2) Parámetros de operación

a) Capacidad operativa. Tránsito (TDPA) Hasta 11,500 vehículos.

b) Flujos o tránsito promedio y máximo diarios. Tránsito diario promedio anual vehículos y vehículos máximo diario.

c) Tipo de vehículos (carga, particular, pasajeros).

La capacidad de rodamientos permitiría la circulación de vehículos de tipo H-20 o de hasta 66 toneladas y de 8 toneladas por eje, la composición seria

A=84.0% Vehículos ligeros

B= 5.5% Autobuses

C=10.5% Vehículos pesados

3) Infraestructura adicional

a) Intersecciones

- Áreas de maniobra

Las áreas que se proponen ocupar para el establecimiento de los patios de maniobras, corresponden a terrenos que se ubican al lado de donde sería trazada, y construida la carretera.

Cabe decir que los sitios elegidos como patios de maniobras se encuentran a menos de 10 m de distancia de la zona donde se construirá la carretera, dentro del derecho de vía.

- Elementos para el proyecto en una intersección.

Por las características de operación, de la modernización de la autopista, las intersecciones existentes se van a modernizar de acuerdo a las necesidades del nuevo proyecto y se resolverán con entronques a desnivel, asimismo a continuación se detallan los puntos en donde se ubican las obras de infraestructura en los puntos de intersección.

- Entronques a desnivel (el área extra para la construcción de los entronques ya fue considerada en el área entre línea de ceros, asimismo en el derecho de vía.

Cadenamiento	**Entronque**
0+000	La Pera
8+560	Tepoztlán
13+200	Santiago

- Pasos a nivel

No se requieren

- Pasos a desnivel.

No se requieren

- Pasos inferiores (se construirán dentro del área entre línea de ceros)

Cadenamiento	Entronque
6+721	A Granjas
8+340	A Tepoztlán
8+560	A Yautepec
12+945	A San Juan

- Pasos superiores (se construyen dentro del área entre ceros)

Cadenamiento	**Pasos superiores**	**Dimensiones**
7+100	PSVG	20 m.
9+035	PSV	20 m.
13+200	PSV	20 m.

PSV. Paso Superior Vehicular
PSVG. Paso Superior Vehicular y Ganadero

- Pasos vehiculares

No se requieren

- Pasos para ferrocarril.

Km 1+600, Long. Aprox. 70 m.

b) Servicios complementarios y accesos

- Servicios

Señalamientos restrictivos, informativos y preventivos, (Anexo 4).

- Instalaciones marginales

Se construirá para delimitar el derecho de vía un cercado en algunas partes del derecho de vía, las cuales tengan importancia por considerarse pasos de fauna.

- Accesos

Sólo se tendrán accesos por el cuerpo existente de la autopista que ya se encuentra construida.

- Estacionamientos

No se consideran necesarios.

- Paraderos de autobuses

Se distribuirán de a cuerdo a las necesidades de operación, todavía no se tienen contemplado ninguno

- Zonas de descanso

No se requieren

- Sanitarios

Seguirán operando los sanitarios que se encuentran en las casetas de Oacalco y Tepoztlán, no se construirán más.

Durante la construcción se pondrán dos sanitarios secos portátiles en el frente de trabajo para uso de los trabajadores; la empresa que los rente estará obligada a limpiarlos cada semana.

- Estaciones de servicio de combustibles

Se seguirán utilizando las que ya están funcionando actualmente.

- Rampas de emergencia

Se construirán dos rampas de emergencia y que se ubicarán en el km 5+900 y en el km 14+000 dentro del área entre ceros considerada en esta MIA-R.

- Letreros y señalamientos

Se instalarán señalamientos horizontales y verticales en toda la longitud para cubrir los requerimientos de seguridad e información, restrictiva, preventiva, de ubicación, origen y destino, que requiere el proyecto, según normas de la S.C.T.

- Casetas

Se utilizarán las plazas de cobro que operan en la actualidad.

Otros servicios auxiliares para la operación

No se consideran necesarias.

Obras complementarias

A fin de garantizar el patrón de drenaje presente en la zona se construirán bordillos en los terraplenes con la finalidad de instalar lavaderos a fin de proteger el terraplén de la influencia de la erosión.

a) Pasos peatonales

Del Km 0+800 al 20+700, se van a construir seis pasos a desnivel, que serán distribuidos de acuerdo a las necesidades de la operación de la autopista, todavía no se tiene ubicación exacta, pero se construirán para dar servicio a los poblados de Tepoztlán y Oacalco; se instalarán sobre pastizal inducido.

b) Cruces con instalaciones (Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, Teléfonos de México, etc.)

A lo largo de la autopista, se encuentra un tendido de electricidad de la CFE, por lo cual el promovente, realizará las gestiones para atravesar por su derecho de vía.

2.1.1. Superficies

En la Tabla II.6 se presenta el desglose del área que se afectará debido a las obras de construcción del proyecto.

Tabla II.6. Superficie ocupada por las actividades del proyecto

Actividades	Ha	Porcentaje del área total
Permanentes		
Derecho de vía*	125.40 Ha	100%
Desmonte**	89.681 Ha	71.51%
Despalme	105.54 Ha	84.16%
Área entre línea de ceros (se incluye entronques)	125.40 Ha	100%
Nivelaciones	105.54 Ha	84.16%
Entronques a desnivel	8.47 Ha	6.75%
Provisionales		
Bancos de material	No se considera un área extra para bancos de material ya que todos son propiedad privada	

*La modernización se realizará en el derecho de vía del cuerpo en operación

** Se incluye solo lo considerado forestal según definición del reglamento de la LGDFS, no se incluyen pastizales inducidos con jacarandas, eucaliptos y exóticas en general

II.2.1.2. Vías de acceso al área donde se desarrollan las obras o actividades

Se llegará por la autopista que está en operación (carretera No. 115). Para acceder a la autopista será mediante el frente de obra utilizando para su acceso el trazo en operación; por lo que no será necesario apertura de caminos de acceso nuevo, la colocación de la estructura de los puentes será sobre el derecho de vía y en caso de que la constructora requiera de algún camino de acceso para hincado de los soportes de las obras de drenaje mayor, presentará su manifiesto de impacto ambiental por dichos caminos de acceso, al igual si se requiriera atacar algún banco sin explotación comercial (Figura II.4).

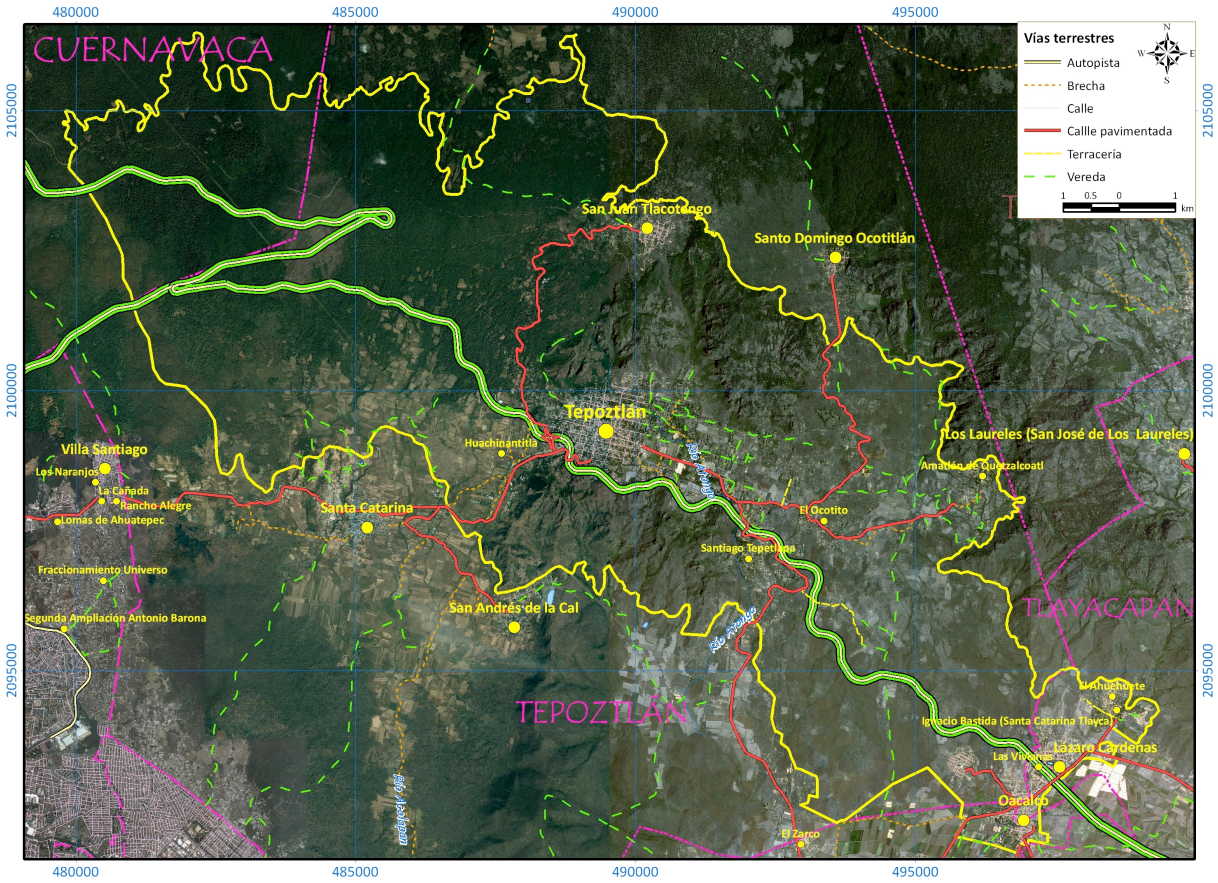


Figura II.4. Caminos de acceso existentes para llegar al trazo

II.2.1.3. Descripción de los servicios requeridos

Electricidad

La electricidad necesaria para el funcionamiento de algunos equipos como los de soldadura, ocupados en la colocación del acero de las estructuras, se abastecerá mediante plantas de luz portátiles de combustión interna que requerirán de un sistema con potencia de 2,500 watts. El voltaje será 220 voltios

Combustibles

El combustible a utilizar será gasolina y diesel para el funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipo.

En la etapa de construcción se abastecerá de combustible en recipientes de metal o plástico que eviten pérdidas por evaporación y sean seguros para el transporte del mismo hasta donde la maquinaria o dispositivo lo necesite. El combustible se dotará en alguna de las gasolineras sobre la carretera No. 115 o en los poblados aledaños. Por lo cercano del trazo a las gasolineras, consideramos, no será necesario el almacenaje de combustible, no obstante para abastecer la maquinaria fija será necesario su transporte.

Con base en el reglamento de PEMEX, el de Transporte Terrestre de la SCT y a la NOM-001-SCT2-1994, NOM-020-SCT2-1994 y a LGEEPA, el máximo volumen a transportar dentro de vehículos del Servicio Público Federal o particulares autorizados para el servicio de movilización de gasolina es 20,000 litros a un punto no autorizado por PEMEX, adicionalmente los lugares de expedición sólo podrán guardar en tambos de 55 galones y se recomienda que hasta un máximo de tres días de operación para minimizar condiciones de riesgo por conflagraciones, puesto que el riesgo de detonaciones no está contemplado, adicionalmente se deberán tomar precauciones por los riesgos ocupacionales que implica el manejo de combustibles. Los volúmenes requeridos en esta etapa del proyecto serán de aproximadamente 10,435 barriles de diesel y 5,593 barriles de gasolina, que se suministraran de acuerdo a la demanda de consumo que se tenga durante el avance de obra.

Requerimientos de agua

Se requerirá de agua cruda para la construcción (riegos, mezclas, etc.), el agua cruda se abastecerá por medio de pipas.

El agua potable se hará llegar a los frentes de trabajo en garrafones de plástico de 20 l para el uso de los trabajadores. Se estima que durante la construcción se requerirán del orden de 10 garrafones por día.

II.2.1.4. Descripción de obras y actividades provisionales y asociadas.

No se construirán caminos de acceso para acceder a los diferentes frentes de obra que se ocupen durante la modernización de la carretera, se utilizarán la carretera No. 115 que está en operación y que será modernizada.

No se construirán campamentos, talleres ni bodegas. Consideramos que el personal será en su mayor parte local, ya que la obra es muy cercana a las ciudades de Cuernavaca, Cuautla y Tepoztlán; donde hay suficiente personal calificado y no calificado que podrá emplearse; por lo que no será necesaria la construcción de campamentos, talleres y bodegas. Cuernavaca, Tepoztlán y Oaxtepec tienen el tamaño adecuado como para poder rentar bodegas y llevar la maquinaria, vehículos y equipo en general a sus talleres que operan de forma comercial.

Se colocara un baño portátil en cada frente de trabajo, sobre el derecho de vía.

Se comprará el material pétreo para la construcción y nivelaciones en bancos con operación comercial y la mezcla asfáltica también se comprará y llevará al frente caliente para su colocación.

Debido a que el material de los cortes es de buena calidad será utilizado en la construcción del cuerpo de terraplén y el material faltante será traído de bancos de material explotado actualmente y con aprovechamiento comercial.

II.3.Programa gráfico general de trabajo

El proyecto tiene una duración total de 21 meses de construcción, de acuerdo al siguiente cronograma de actividades. Se proyecta el inicio en el primer semestre de 2011, de acuerdo

a las fechas en que se emita, en su caso, el resolutivo en materia de impacto ambiental y se desarrollen los procesos de adquisición de terrenos en el derecho de vía, así como licitación y firma de contrato con la compañía constructora.

El siguiente cronograma deberá ser tomado en cuenta por los participantes en la licitación. En caso de modificaciones, estas deberán ser justificadas por el proponente.

Tabla II.7. Cronograma de trabajo

Actividades	**BIMESTRES**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	8 años
MM1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra												
MM2. Programa de rescate y reubicación de flora												
MM3. Programa de protección de fauna silvestre												
Desmonte												
Despalme												
MM4. Programa de conservación y restauración de suelos												
Nivelaciones												
MM5. Construcción de pasos de fauna												
Obras de drenaje mayor y menor												
PIV y de ganado												
Construcción del cuerpo del terraplén												
MM6. Programa de restauración												

En el cronograma anterior no se incluye el programa de mantenimiento, pues se tratará de una actividad periódica y que estará relacionada a la ocurrencia de eventuales daños a la obra. Las MM (medidas de mitigación) se describen en el Capítulo VI.

II.3.1. Preparación del sitio y construcción

Desmonte: Se desmontará una superficie considerada forestal según definiciones de la LGDFS y su reglamento de 89.681 Ha. De la no forestal se afectará un área de 38.25 de pastizales inducidos que en algunos casos soportan reforestaciones exclusivas de especies exóticas entre las que destacan la jacaranda (originaria de sudamerica) y el eucalipto (originario de Australia); en 1968 se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exóticas; por eso hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas, pero se consideró forestal porque en su conjunto entra en la definición de forestal que señala la ley mencionada. Entre la vegetación forestal se consideron las mezclas de especies exóticas con matorral micrófilo, bosque de encino, selva baja caducifolia y la mezcla ecotónica de selva baja con bosque de encino. Es importante señalar que los valores floristicos que se presenta dentro del derecho de vía difiere grandemente con sus terrenos vecinos fuera del DV, debido a que se trata de un área antropizada sujeta a mantenimiento continuo de sus áreas verdes.

El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,325.17 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol) (Tabla II.8) que se donará al municipio de Tepoztlán (que a su vez lo entregará a las localidades), para ello estará en la supervisión un Ing. Forestal marcando con el martillo los árboles retirados y su ubicación para que se les entregue al ejido correspondiente (que limita con el DV).

Tabla II.8. Descripción del uso de suelo por tramo del proyecto y área de afectación

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
Ampliación Lado Norte					
0+800	1+180	Pastizal inducido e infraestructura	0.521 Ha	Pastizal inducido e infraestructura varia	-
1+180	2+240	Bosque de encino	1.459 Ha	Se trata de una mezcla de exóticas (*Jacaranda mimosifolia*) con elementos aislados de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina, Arbutus xalapensis y Fraxinus uhdei*)	1.459 Ha

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
2+240	2+754	Ecotonia entre bosque de encino y matorral micrófilo	0.747 Ha	Ecotonia entre elementos de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina*) y Matorral rosetofilo crasicaule (*Agave horrida, Senecio praecox, ceiba aesculifolia , Cedrela oaxacensis, Dodonea viscosa*)	0.747 Ha
2+754	7+910	Bosque de encino	7.506 Ha	Mezcla de especies exóticas, especies secundarias favorecidas con la perturbación con elementos del bosque de encino (Quercus obtusifolia, Q. laurina, Q. crassifolia, *Fraxinus uhdei, Arbutus xalapensis*) entre las exóticas destacan Jacaranda mimosifolia y Cupressus lindleyi entre las secundarias indicadoras de perturbación *Bocconia arborea*	7.506 Ha
7+910	9+810	Pastizal inducido con árboles exóticos	2.603 Ha	Zona suburbana del municipio de Tepoztlan, se trata de pastizal inducido con *Jacaranda mimosifolia, Eucaliptus globulosus, Juniperus flaccida, Spondia sp y Psidium guajava*	-
9+810	11+813	Ecotonía entre encinar y SBC	2.899 Ha	Ecotonia entre elementos de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina*) y elementos de selva baja caducifolia (*Pithecellobium dulce, Ipomoea wolcotiana, I. murucoides, Bocconia arborea, Ficus cotinifolia*) alternados con especies exóticas e introducidas (*Jacaranda mimosifolia, Psodium guajava, Spondia sp*).	2.899 Ha
11+813	12+690	Selva baja caducifolia (SBC)	1.329 Ha	Bosque de especies exóticas (*Jacaranda mimosifolia, Psodium guajava, Spondia sp*) alternado con especies dispersas de selva baja	1.329 Ha

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
				caducifolia (*Leucaena sp, Ipomea sp, Pithecellobium sp y Acacia sp*)	
12+690	12+771	Bosque de galería	0.129 Ha	Bosque de galería perturbado, tiene dos Taxodium que serán afectados.	0.129 Ha
12+771	12+890	Pastizal inducido con árboles exóticos	0.189 Ha	Pastizal inducido con especies exóticas	-
12+890	20+420	Selva baja cadudifolia	11.076 Ha	Los elementos de selva se distribuyen intercalados con grandes áreas de pastizales inducidos sin elementos arboreos y/o árboles exóticos, o forman pequeños manchones agrupados, no obstante el conjunto cumple con las caracteristicas de cobertura, DAP y área basal para considerársele forestal	11.076 Ha
20+420	20+700	Pastizal inducido con árboles exóticos	0.795 Ha	Se trata de la zona suburbana de Oacalco donde se distribuyen pastizales inducidos con árboles introducidos la mayoría exóticos al país	-
					Ampliación Lado Sur
0+800	7+910	Bosque de encino	25.433 Ha	Bosque de encino en sucesión, alternado con especies exóticas y pequeños claros con pastizal inducido, el bosque tiene variacioens importantes por tramo en cuanto composición, densidad y cobertura. Hay una pequeña área donde pasa por el derrame de lava que se mezcla cone species del matorral microfilo, aunqeu estas son muy escasas	25.433 Ha

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
7+910	8+980	Pastizal inducido con árboles exóticos	3.842 Ha	Zona suburbana del municipio de Tepoztlan, con dominancia de especies exóticas (*Jacaranda mimosifolia, Eucaliptus globulosus, Juniperus flaccida, Spondia sp, Psidium guajava*)	-
8+980	12+690	Ecotonia de bosque de encino con SBC	12.859 Ha	Ecotonia entre Bosque Templado y Selva baja caducifolia, con especies exóticas alternadas y pequeñas áreas con pastizal inducido	12.859 Ha
12+690	12+710	Bosque de especies exóticas	0.072 Ha	Bosque de especies exóticas	-
12+710	12+805	Bosque de galería	0.322 Ha	Bosque de galería perturbado	0.322 Ha
12+805	12+892	Suelo desnudo	0.322 Ha	Área sin vegetación aparente	
12+892	20+440	Selva baja caducifolia	25.922 Ha	Pastizales inducidos alternados con elementos de Selva baja caducifolia y manchones, se distribuyen fisonomías de acahuale donde dominan las especies multiramificadas	25.922 Ha
20+440	20+700	Vegetación exótica	2.011 Ha	Vegetación exótica	-
				Desmonte forestal total	89.681 Ha

Como se dijo anteriormente el desmonte será en una superficie de 89.681 Ha de mezclas de especies exóticas con elementos del bosque de encino, matorral micrófilo, selva baja y mezcla ecotónica entre encinar y SBC. El derecho de vía se desmontó hace aproximadamente 40 años, y se reforestó con especies exóticas, es por ello que el área entre línea de ceros que se afectará durante el desmonte está perturbada y presenta mezclas de exóticas con autóctonas.

Se cuantificaron los individuos de los diversos estratos que serán removidos por efecto de la modernización del trazo. Los volúmenes de las especies afectadas en el trazo se calcularon

según los parámetros estructurales de la vegetación estudiada en los sitios de muestreo de la vegetación. Estos volúmenes se calcularon por tramo de acuerdo con los valores encontrados por sitio o por tipo de comunidad y de sitio, de manera que corresponden a diferentes alturas y diámetros para una misma especie, según la comunidad o asociación de que formaba parte. Se presentan unicamente los volúmenes de las especies autóctonas. Los cálculos de volumen se realizaron utilizando las tarifas de las tablas de cubicación del Inventario Nacional Forestal, sobre la base del número de individuos registrados por hectárea por especie en el trazo del proyecto. Por otra parte debe considerarse que gran parte de este volumen corresponde a árboles multiramificados y/o de porte arbustivo. En total, se estimaron 1,325.17 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol), la cuantificación se presenta en la Tabla II.9. En total se afectarán 2,825 árboles autóctonos con DAP mayor a 10 cm.

Tabla II.9. Número de individuos y el volumen máximo que serán removidos por efecto de la modernización

Especie	No. de individuos	Total
Acacia farneciana	1	0.001 m^3
Acacia pennatula	52	0.521 m^3
Agonandra racemosa	3	0.356 m^3
Amphiterygium adstringensis	31	1.044 m^3
Arbustus xalapensis	63	62.792 m^3
Bocconia arborea	127	32.532 m^3
Buddleia cordata	2	1.039 m^3
Bursera bicolor	1	0.012 m^3
Bursera bipinnata	1	0.047 m^3
Bursera copalifera	36	2.695 m^3
Bursera cuneata	1	0.148 m^3
Bursera fagaroides	26	1.104 m^3
Bursera glabrifolia	78	2.611 m^3
Casimiroa edulis	2	0.046 m^3
Cedrela oaxacensis	5	0.227 m^3
Cedrela odorata	4	1.683 m^3
Ceiba aesculifolia	15	4.686 m^3
Ceiba parvifolia	21	2.017 m^3
Clethra mexicana	6	6.650 m^3

Especie	No. de individuos	Total
Cordia morelosana	49	2.638 m^3
Dodonea viscosa	1	0.025 m^3
Ficus continifolia	29	7.992 m^3
Ficus insipida	9	6.799 m^3
Ficus petiolaris	2	1.415 m^3
Fraxinus uhdei	82	126.770 m^3
Guazuma ulmifolia	741	54.435 m^3
Heliocarpus reticularus	166	17.306 m^3
Ipomea murucoides	57	10.335 m^3
Ipomoea wolcottiana	3	0.350 m^3
Ipomoeae arborescens	34	0.280 m^3
Juniperus flacciada	28	0.229 m^3
Leucaena esculenta	72	6.907 m^3
Leucaena leucocephala	135	14.149 m^3
Lysiloma acapulcensis	73	7.089 m^3
Lysiloma divaricata	1	0.265 m^3
Mastichodendron capiri	2	0.342 m^3
Opuntia sp	2	0.118 m^3
Pinnus sp	1	1.318 m^3
Pithecellobium dulce	63	11.710 m^3
Psidium guajava	42	2.059 m^3
Pterocarpus orbiculatus	5	0.604 m^3
Quercus crassifolia	155	293.954 m^3
Quercus crassipes	69	48.736 m^3
Quercus glaucescens	12	10.555 m^3
Quercus laurina	302	433.184 m^3
Quercus obtusifolia	60	55.618 m^3
Quercus Rugosa	69	56.145 m^3
Spondia mombi	74	3.583 m^3
Swietenia humillis	1	0.029 m^3

Especie	No. de individuos	Total
Taxodium mucronatum	3	29.782 m^3
Tecoma Stand	7	0.207 m^3
Vitex mollis	1	0.028 m^3
	2,825	1325.167 m^3

Despalme: En la etapa de preparación del sitio se despalmará en área de ampliación en total de 105.495 Ha; del material de despalme se obtendrá 292,572 m^3, que serán utilizados en el arrope de los taludes de terraplén a lo largo de todo el tramo y en las obras de reforestación (MM6, Capítulo VI), el transporte estará a cargo del contratista.

Estructuras Mayores: Colocación de las estructuras (puentes y pasos vehiculares). Mientras se inicia con la construcción de las terracerías se iniciará de forma simultánea la construcción de las estructuras. Para su colocación se pondrá una lona entre la zona de colocación y la vegetación para evitar pérdidas accidentales de material, solo se hincarán soportes donde el proyecto del puente lo solicite, para puentes de 80 m normalmente se requieren 2 soportes, para losas más pequeñas, solo uno; pero eso dependerá del proyecto definitivo de cada una de las estructuras.

Modernización de las estructuras existentes: En la etapa inicial se efectuará la señalización del tramo en modernización, una vez concluidos éstos trabajos se procederá al desvió de la circulación si fuera necesario. Posteriormente el deshierbe y acarreo de material de banco para la construcción, si se requiere para bajar los materiales y maquinaria a la zona de trabajo; así, se procederá a la transportación del equipo de construcción y demolición necesario, una vez que se cuente con dicho equipo se dará inicio a los trabajos de demolición parcial de superestructura y subestructura hasta los paños de diseño con el objeto de anclar la nueva estructuración.

Se procederá al acarreo de materiales y habilitado de zonas de corte y preparación de mezcla si fuera el caso para posteriormente y al mismo tiempo habilitar aceros y cimbras; conforme el habilitado concluya dará comienzo el manejo y disposición de mezclas implicando los camiones surtidores de agregado, concreto y materiales diversos para que una vez que concluyan el habilitado de los materiales se procederá al armado y colado de los diferentes elementos de la estructura a modernizar y ya transcurrido el tiempo de fraguado necesario para alcanzar la resistencia de proyecto en los diferentes elementos de las estructuras (28 días mínimo).

Conforme los elementos alcancen la resistencia de proyecto se procederá al descimbrado de los elementos estructurales para proceder a la aplicación de los elementos señalizadores para la seguridad del tránsito como son pintura y señalamientos diversos.

Concluidos los trabajos se procederá al retiro de maquinaria y limpieza en la zona; así como, el retiro de señalamientos de la etapa inicial para proceder a la apertura del tramo a la circulación.

Construcción de estructuras en el cuerpo nuevo (obras de drenaje mayor y pasos vehiculares): En la etapa inicial se efectuará la señalización del tramo en construcción y la transportación del equipo de construcción necesario.

Se procederá al acarreo de materiales y habilitación de zonas de corte y preparación de mezcla si fuera el caso para posteriormente y al mismo tiempo habilitar aceros y cimbras; conforme el habilitado termine dará comienzo el manejo y disposición de mezclas implicando los camiones surtidores de agregado y para la construcción de la estructura se requiere de la excavación bajo el sitio de estribos y pilas, hasta alcanzar una capa de material homogéneo de mayor resistencia. A partir de ahí se inicia el colado de zapatas, pilas y placas de distribución que soportan las columnas. Usualmente dichas actividades se tratan de realizar en la época de estiaje y se trabaja sobre suelo seco. Las columnas soportan una trabe de distribución en la que descansan trabes prefabricadas. La cara superior de las trabes soporta una losa de concreto y la superficie de rodamiento, que será de carpeta asfáltica. Las columnas soportan una trabe de distribución en la que descansan trabes prefabricadas y pretensadas de claros hasta de 35 m, longitud económica para columnas de poca altura. Las trabes en forma de “T” usualmente requieren de siete de ellas para conformar una sección de 12.5 y 10.5 m de ancho con acotamientos, guarniciones y parapeto y ya transcurrido el tiempo de fraguado necesario para alcanzar la resistencia de proyecto en los diferentes elementos de las estructuras (28 días mínimo).

Conforme los elementos alcancen la resistencia de proyecto se procederá al descimbrado de los elementos estructurales para proceder a la aplicación de los elementos señalizadores para la seguridad del tránsito como son pintura y señalamientos diversos.

Concluidos los trabajos se procederá al retiro de maquinaria y limpieza en la zona; así como, el retiro de señalamientos de la etapa inicial para catalogar como tramo dispuesto a la circulación.

En la Tabla II.10 se presenta la relación de estructuras nuevas (incluye obras de drenaje mayor y pasos vehiculares) y ampliaciones; estas estructuras se construirán en todo caso entre línea de ceros. No se tiene previsto construcción de caminos de acceso para colocación de estructuras, en caso de que la constructora los requiera, presentará la MIA de dicho camino para ser evaluada y autorizada.

Tabla II.10. Relación de estructuras mayores nuevas que se construirán

Tramo	Estructura
Km 6+700 al Km 6+730	PIV
Km 7+100 al Km 7+130	PSVG
Km 8+343 al Km 8+360	PIV Ent. Tepoztlán
Km 8+380 al Km 8+400	PIV Ent. Tepoztlán
Km 8+420 al Km 8+450	PIV Ent. Tepoztlán
Km 8+340	PIP
Km 8+600	PIP
Km 8+560 al Km 8+590	PIV

Tramo	Estructura
Km 9+035 al Km 9+060	PSV
Km 12+870 al Km 12+970	Puente
Km12+945 al km 12+960	PIV
Km13+200 al km 13+240	PSV ENT. SANTIAGO

Nivelaciones**:** Se ampliarán las excavaciones en corte en los puntos donde se requiera, además que se realizarán los rellenos y cortes que señale el proyecto geométrico, en total se calcula un volumen de 930,000 m^3 de material de tipo B y C. El material se utilizará para la construcción del cuerpo nuevo, los taludes del terraplén se arroparán con material de despalme y se reforestará como se señala en la MM6 (Capítulo VI).

Las nivelaciones se ejecutarán sobre el área que marcaron el proyecto geométrico, se realizarán hasta 30 cm abajo del nivel de la cota de subrasante de proyecto.

Para construir los terraplenes mediante el tendido de subrasante, sub base y base, se utilizará material de bancos abiertos con operación comercial; no se explotarán bancos nuevos ni bancos que carezcan de los permisos correspondientes de explotación. El material asfáltico también se comprará de una petrolizadora con operación comercial.

Obras de drenaje menor: Se ampliarán las obras de drenaje existentes en el cuerpo actual; en total serán modernizadas 170 obras de drenaje, algunas se ampliará su capacidad para que funjan como pasos para fauna (MM5, Capítulo VI), como se señala en la Tabla II.11.

Tabla II.11. Relación de obras de general de psffcc, piv´s, psv's, obras de drenaje, pasos ganaderos, y pasos de fauna proyectados

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
1+017.45	2T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
1+054.48	T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
1+097.89	2 T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
1+433.41	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
1+491.68	T. C. Ø = 0.90 m	C.A. 2 CUERPOS	-
1+598.00	PSFFCC	C.A. 2 CUERPOS	-
1+967.49	T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
2+108.60	B.= 4.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
2+198.00	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
2+305.34	T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
2+581.11	T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
2+835.51	2 T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
2+883.22	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+184.75	L. = 5.00 X 4.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+392.80	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+545.61	B.= 2.00 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+684.67	L. = 3.00 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+777.38	T. C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+910.84	L. = 4.00 X 2.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+947.79	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
3+997.33	B. = 4.00 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+133.47	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+200.51	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+358.94	L.= 4.00 X 4.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+762.07	B. = 2.00 X 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+941.71	T. C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
4+999.39	B. = 4.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+031.73	L.= 3.50 x 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+206.42	T C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+362.24	B.= 1.50 X 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+385.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
5+444.94	B.= 2.50 X 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
5+662.94	T C. Ø = 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+792.61	T.C. Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
5+984.59	B.= 2.50 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+278.11	B.= 2.00 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+300.00	L.= 3.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+408.17	L.= 5.00 3.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
6+692.00	PIV	C.A. 2 CUERPOS	-
6+732.72	L.= 5.50 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
7+070.00	PSV	C.A. 2 CUERPOS	-
7+227.27	T. L. Ø =1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
7+500.00 -		ENTRONQUE	-

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 919, Col. 2da. Sección del Periodista, C.P. 03600, México D.F. Tel./Fax 5539-3151

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
9+560.00		TEPOZTLAN	
9+618.11	B.= 3.50 X2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
9+745.55	2TC.Ø =1.05 m	C.A. 2 CUERPOS	-
9+957.90	L.= 3.50 X 2.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+135.48	2TC Ø = 1.05 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+241.74	TC Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+375.69	TC Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+607.52	L.= 4.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+764.11	B.= 1.50 X 1.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
10+820.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
10+921.27	L.= 5.00 X 3.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
11+119.36	TC Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
11+351.92	L.= 4.00 X 2.50 m	C.A. 2 CUERPOS	-
11+671.47	2T Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
12+123.83	B.= 1.50 X 1.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
12+173.86	L.= 3.50 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
12+332.62	TC Ø = 1.20 m	C.A. 2 CUERPOS	-
12+783.00	PUENTE	C.A. 2 CUERPOS	-
12+945.00	PIV	C.A. 2 CUERPOS	-
12+500.00 - 13+400		ENTRONQUE SANTIAGO	-
14+162.83	B.= 2.00 X 1.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
14+220.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
14+608.82	B.= 1.50 X 1.00 m	C.A. 2 CUERPOS	-
14+769.77	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
14+780.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
15+012.94	L.= 4.00x3.25m	C.A. 2 CUERPOS	-
15+125.18	T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
15+548.96	T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
15+723.84	T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
15+795.80	2 T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
16+053.83	2 T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
16+383.21	L.= 3.00X2.00m	C.A. 2 CUERPOS	-
16+715.98	T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
16+846.10	T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
17+259.67	2 T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
17+594.16	L.= 4.00X2.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
17+787.49	L.= 4.00X2.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
17+860.00	B.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
17+867.70	2 T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
17+940.00	B.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
18+260.97	2 T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
18+518.05	T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
18+751.96	L. =4.00X2.00m	C.A. 2 CUERPOS	-
18+860.00	L. =2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
18+918.72	T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
19+197.18	T. C. Ø=1.50m	C.A. 2 CUERPOS	-
19+493.29	T. C. Ø=1.20m	C.A. 2 CUERPOS	-
19+668.01	B.= 3.00x2.00m	C.A. 2 CUERPOS	-
19+760.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
19+800.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
20+070.15	TC Ø = 1.50 m	C.A. 1 CUERPO	-
20+471.59	L.= 3.50 X 3.50 m	C.A. 1 CUERPO	-

Las excavaciones para la ampliación o construcción de obras de drenaje se ejecutarán hasta el nivel de desplante que se indica en el proyecto o el que se indique a juicio de la supervisión con una capacidad de fatiga del terreno natural de 1.80 kg/cm^2; para ello se afinará la excavación para recibir los elementos estructurales del proyecto ejecutivo.

El material producto de la excavación se aprovechará para la protección de las alcantarillas.

El zampeado se construirá de mampostería de 3ª clase juntando la piedra con mortero de arena-cemento 1:5 de 30 cm de espesor y se utilizará para la construcción de las alcantarillas de losa, entre los estribos, entre los aleros de entrada y salida de estas obras, en el recubrimiento de cunetas de acuerdo al proyecto de cada una de las alcantarillas.

Estructuras en entronques

El entonque de la Pera es a nivel y no tiene estructura. Las estructuras correspondientes a los entronques Tepoztlán y Santiago, para la modernización de la autopista La Pera-Cuautla

en el estado de Morelos, consistirán en superestructuras integradas mediante trabes de concreto precoladas y presforzadas trabajando en colaboración con losas de concreto reforzado coladas en sitio, las que integrarán las calzadas sobre las que transitarán los vehículos. Las subestructuras sobre las que descansarán las calzadas, consistirán de caballetes de concreto reforzado colados en sitio, integrados mediante columnas y trabes cabezales. Las cimentaciones serán mediante zapatas del mismo material o bien, mediante pilotes colados en sitio, según las características geotécnicas de los lugares específicos donde se desplante la estructura.

Cimentaciones

Para las cimentaciones de las estructuras, en el caso de zapatas, se prevé excavar los sitios donde quedarán alojadas éstas, mediante el empleo de maquinaria, realizando la excavación únicamente en el área de desplante y rellenando con el material producto de la excavación. El material excavado sobrante será retirado del sitio mediante camiones de volteo, los que lo acarrearán y depositarán en los bancos de desperdicio designados. Para las cimentaciones mediante pilotes colados en sitio se realizarán las perforaciones mediante el empleo de maquinaria especializada y el material sobrante, como en el caso de las zapatas, será retirado del sitio mediante camiones de volteo, los que lo acarrearán y depositarán en los bancos de desperdicio designados. Todo el concreto a emplear en la construcción será premezclado en plantas dosificadoras que estarán ubicadas en las poblaciones aledañas y será transportado a los sitios de obra mediante camiones revolvedores. Para el caso del acero de refuerzo y otros materiales a emplear, éstos serán almacenados y habilitados en bodegas de materiales, también ubicadas en las poblaciones aledañas y serán transportados a los sitios mediante camiones.

Superestructuras

Como se menciona arriba, las trabes serán pre coladas y se fabricarán en las plantas de prefabricación del proveedor o proveedores seleccionados, y serán transportadas a los sitios de las estructuras para su montaje en obra mediante el empleo de grúas. Las losas de calzada coladas en sitio serán, como en el caso de las cimentaciones, mediante el empleo de concreto premezclado el cual, coma ya se ha mencionado, se fabricará en plantas dosificadoras ubicadas en las poblaciones cercanas, y será transportado de la misma manera. De igual forma, el resto de los materiales a utilizar, será almacenado y habilitado en las bodegas ubicadas en las poblaciones cercanas y transportado a los sitios mediante camiones. Una vez terminados todos los trabajos de construcción, se realizará una limpieza general de cada sitio, retirando los restos de materiales y depositándolos en los bancos de desperdicio designados. Así mismo, se repondrán las plantas y árboles que hubiese sido necesario afectar, con ejemplares de las mismas especies.

Tierra Mecánicamente Estabilizada para muros de contención en entronques

Colocación de escamas.

El montaje de las escamas se efectúa por capas horizontales sucesivas, generalmente sobre toda la longitud de la obra. Estas capas horizontales están espaciadas a cada 0.75 m; el relleno detrás de las escamas se efectúa también por capas horizontales (paralelas a la solera) de desplante.

El montaje de cada capa no debe de empezarse sin que la capa inferior esté terminada en toda su altura. Las escamas de la primera fila (Figura II.4) se apoyan directamente sobre el concreto de la solera. Su colocación empieza con las “medias escamas” (tipo “C”) entre las cuales se machi-hembran las escamas enteras tipo “A”.

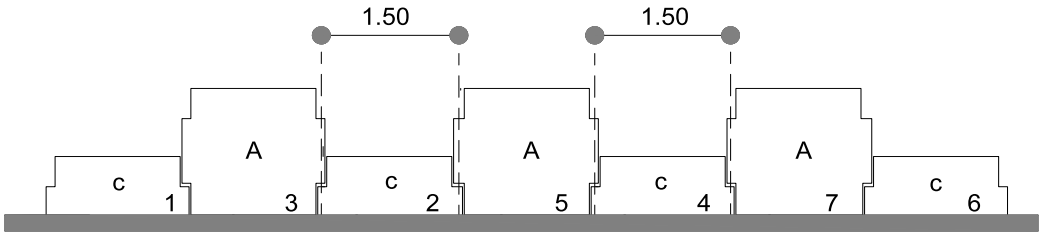


Figura II.5. Secuencia de colocación de escamas

Después de la colocación de cada escama, conviene verificar con un escantillón (1.50 m) la distancia entre “barra-tubo” de las escamas contiguas, a la izquierda y a la derecha. Así como también darle un desplome hacia adentro de 1 cm a las escamas enteras y ½ cm a las escamas medias (mitades). Mientras se espera la colocación de las armaduras, las escamas son sujetas por medio de unos sargentos colocados en la parte alta de la escama “C” Figura II.5.

Después se quitan los sargentos cuando se haya llegado con el relleno a la parte alta de las escamas “C”. Si se desea se puede dejar apuntaladas las escamas hasta llegar a este nivel. Colocación de las escamas de filas intermedias, en las almenas constituidas por las escamas de fila inferior (o sea una escama cada 3.00 m) Siempre que se pone una escama, debe verificarse la distancia entre barra – tubo de las escamas contiguas con el escantillón de colocación. Las escamas son sostenidas mientras las armaduras son colocadas por medio de sargentos (elementos de fijación, de madera).

Nivelación y plomeo de escamas Después de la colocación de cada escama, es necesario nivelarla y plomearla con ayuda de pequeñas cuñas de madera (Figura II.6); la verificación de esta operación es de vital importancia. Conforme se va avanzando en la altura, las cuñas y los sargentos son utilizados sucesivamente.

Colocación de armaduras.

Se colocan las armaduras perpendicularmente al paramento en capas horizontales. Cada armadura está sujeta al arranque correspondiente con un tornillo de ½” x 1 ¼”. El reglaje del relleno se hace con cuidado para que la armadura se apoye completamente en el terreno.

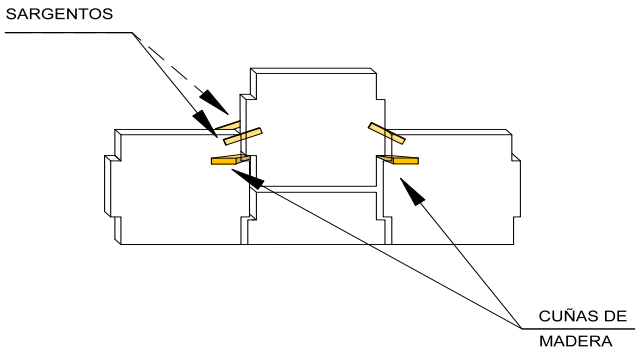


Figura II.6. Colocación de "sargentos"

Ejecución de relleno y compactado.

El relleno será ejecutado en capas de 37.5 cm, cuyos niveles corresponden al nivel de los arranques, consecuentemente al de las armaduras y a las partes altas de las escamas. La nivelación de las capas debe de ser ejecutado paralelamente al paramento, para que el empuje de la maquina y el movimiento de tierra no lo transmita directamente a las escamas. Los camiones con el material de relleno no deben de circular a menos de 2 m del paramento para evitar cualquier desplazamiento de las escamas no terraplenadas del todo. No es permisible el empleo de maquinaria de orugas en contacto directo con las armaduras. El compactado necesario está determinado por la utilización futura de la obra. Si los asentamientos ulteriores del relleno pueden ser admitidos sin daño, basta un leve compactado del terreno; en cambio, en todas las obras en las cuales estos asentamientos deben evitarse, el grado de compactado debe ser igual al del relleno tradicional correspondiente para que las escamas no se desplacen en el curso del relleno, conviene limitar los compactadores pesados a una distancia de 1 m del paramento. El complemento de compactado será efectuado con maquinas manuales ligeras de compactado y eventualmente vibratorias.

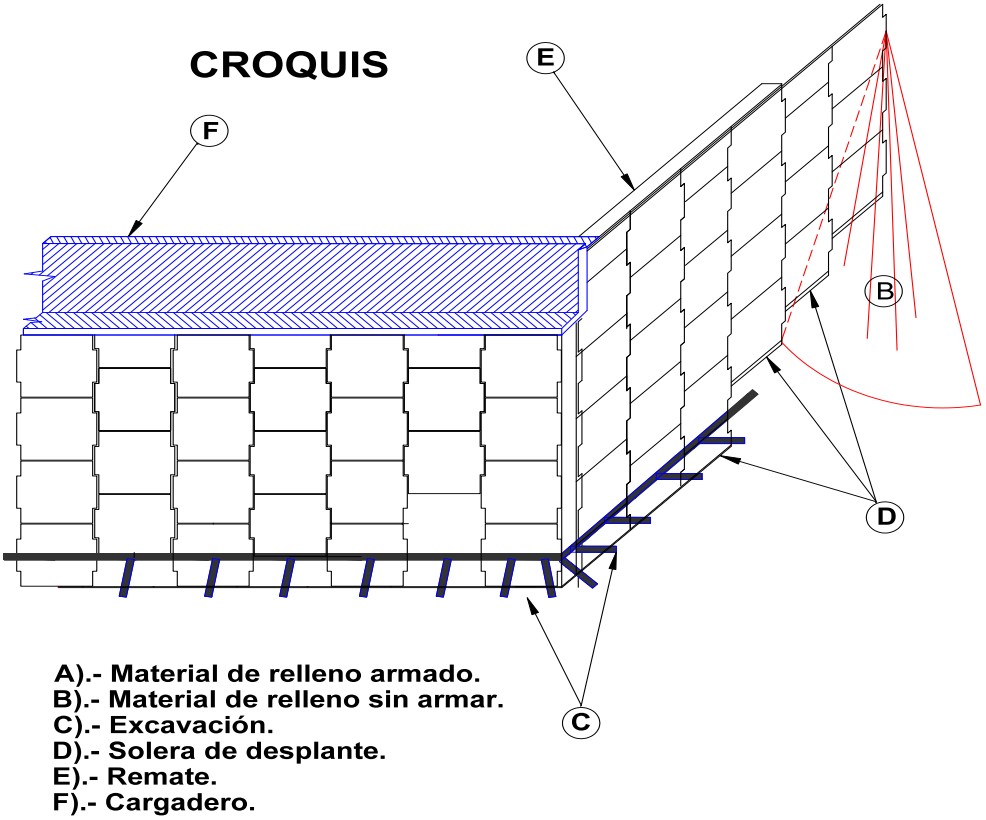


Figura II.7. Elementos de un muro de tierra armada

Cuerpo del terraplén. Los terraplenes, se construirán en tramos de la carretera de acuerdo al proyecto geométrico y cumplir con la sección de proyecto. Se utilizará material de los cortes y si es necesario se utilizará material de banco con operación comercial, según corresponda al tramo del que se trate, el cual tendrá un proceso de compactación en capas de 30 cm pasando la motoconformadora y posteriormente la compactadora hasta alcanzar el 90% del peso volumétrico seco máximo para la prueba Porter.

Capa Subyacente y Capa Subrasante

Sobre el cuerpo de los terraplenes o la cama de los cortes, en donde lo indica el Proyecto Geométrico, se construirá la capa subyacente de 0.70 m. de espesor sobre la cual se construirá una capa subrasante de 0.30 m. de espesor; ambas capas se construirán de acuerdo a las especificaciones del proyecto, formadas con materiales térreos extraídos de los bancos recomendados en el mismo, con tamaño máximo de 76 mm. (3”), compactándolos como mínimo al 95% y 100%, correspondiente a la Masa Volumétrica Seca Máxima (MVSM), respectivamente, obtenida en la prueba de control AASHTO Estándar (Ec=6.03 kg-cm/cm^3).

Los materiales para cada capa cumplirán con los requisitos de calidad señalados en las normas N·CMT·1·02 y N·CMT·1·03, de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte

de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) vigente y se deberán aplicar los procedimientos de ejecución y tolerancias que se señalan en la norma N·CTR·CAR·1·01·009.

Los bancos recomendados para la extracción de estos materiales tienen explotación comercial[1] y son los siguientes:

Banco "Km. 80", ubicado a 29 km del centro de gravedad del proyecto (Km. 13+500), en el km. 80+000 desviándose a la izquierda 200m sobre la carretera México - Oaxaca tramo Cuautla - Izúcar de Matamoros. Se encuentra formado por conglomerados cementados con tamaño máximo de 3". Este material fue probado y pasa satisfactoriamente las pruebas necesarias para ser empleado a nivel de subyacente y subrasante.

Banco "San Vicente", ubicado a 32.3 km del centro de gravedad del proyecto (km. 13+500), en el km. 80+200 desviándose a la derecha 400m sobre la carretera México - Oaxaca tramo Cuautla - Izúcar de Matamoros. Se encuentra formado por conglomerados cementados con tamaño máximo de 3". Este material fue probado y pasa satisfactoriamente las pruebas necesarias para ser empleado a nivel de subyacente y subrasante.

Para las estructuras del pavimento se construirán las siguientes capas, que se regirán según las Normas de Construcción de la SCT en su libro 3°.

Los pavimentos que se emplearán en la modernización de la carretera "La Pera – Cuautla" serán de tipo asfáltico, estructurados con una base hidráulica de 0.20 m de espesor, una base de concreto asfáltico de 0.14 m. y una carpeta, también de concreto asfáltico, de 0.09 m. Los bancos que se emplearán para la construcción de dichas capas son los siguientes:

Banco "Km. 80", ubicado a 29 km del centro de gravedad del proyecto (Km. 13+500), en el km. 80+000 desviándose a la izquierda 200 m sobre la carretera México - Oaxaca tramo Cuautla - Izúcar de Matamoros. Se encuentra formado por conglomerados cementados con tamaño máximo de 3". Este material fue probado y pasa satisfactoriamente las pruebas necesarias para ser empleado para base hidráulica, base asfáltica y carpeta asfáltica.

Banco "San Vicente", ubicado a 32.3 km del centro de gravedad del proyecto (km. 13+500), en el km. 80+200 desviándose a la derecha 400m sobre la carretera México - Oaxaca tramo Cuautla - Izúcar de Matamoros. Se encuentra formado por conglomerados cementados con tamaño máximo de 3". Este material fue probado y pasa satisfactoriamente las pruebas necesarias para ser empleado a nivel de base hidráulica.

Base Granular

La capa de base granular para pavimentos asfálticos tendrá un espesor de 0.20 m. Para su formación se emplearán agregados pétreos procedentes de los bancos "Km. 80" y "San Vicente" indicados anteriormente, con tamaño máximo de 38 mm. (1½"), y que cumplan además, con los requerimientos de calidad de la norma N·CMT·4·02·002, así como realizar y cumplir con los procedimientos de ejecución y tolerancias señaladas en la norma N·CTR·CAR·1·04·002, de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T. La base deberá compactarse al 100% de la MVSM determinada en la prueba de control AASHTO modificada (Ec=27.3 kg-cm/cm^3).

[1] Negocios establecidos cuyo impacto ambiental no se incluye en este proyecto

Riego de impregnación

Superficialmente seca y barrida la base granular, se dará un riego de impregnación con una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento del tipo ECI-60 que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Tabla E.2. de la norma N·CMT·4·05·001. Si fuera necesario se diluirá este producto asfáltico de acuerdo con las indicaciones del fabricante, en la proporción que se determine en pruebas de campo para obtener un residuo asfáltico final de 0.75 l/m^2.

En términos generales el equipo a utilizar, el manejo del producto asfáltico y su aplicación se sujetarán a los procedimientos que se describen en las Cláusulas N·CTR·CAR·1·04·004-E, N·CTR·CAR·1·04·004-F y N·CTR·CAR·1·04·004-G, respectivamente, de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T., vigente.

Riego de Liga

Posteriormente al riego de impregnación, en caso necesario, se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica rompimiento rápido del tipo ECR-65 que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Tabla E.2. de la norma N·CMT·4·05·001. Si fuera necesario se diluirá este producto asfáltico de acuerdo con las indicaciones del fabricante, en la proporción que se determine en pruebas de campo para obtener un residuo asfáltico final de 0.30 l/m2.

En términos generales el equipo a utilizar, el manejo del producto asfáltico y su aplicación se sujetaran a los procedimientos que se describen en las Cláusulas N·CTR·CAR·1·04·005-E, N·CTR·CAR·1·04·005-F y N·CTR·CAR·1·04·005-G, respectivamente, de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T., vigente.

Base de Concreto Asfáltico

La capa de base de concreto asfáltico tendrá un espesor de 0.14 m. y se construirá sobre la capa de base granular terminada e impregnada, empleando mezcla asfáltica elaborada en planta, colocada y compactada en caliente. Para su formación se emplearán materiales procedentes del banco “Km. 80”, con tamaño máximo de 38 mm (1½”), granulometría correspondiente a un tránsito SL superior a 106 ejes equivalentes y que cumplan, además, con las características de calidad que se señalan en la Tabla 2 de la norma N·CMT·4·02·003.

Para la elaboración de la mezcla se empleará cemento asfáltico del tipo AC-20, que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la norma N·CMT·4·05·001·D.

La capa de base asfáltica deberá compactarse a un grado mínimo del 95% respecto a su Masa Volumétrica Máxima (MVM) obtenida en la prueba Marshall de control; además cumplir con las características de calidad especificadas en las Tablas 4 y 5 de la norma N·CMT·4·02·003, así como con los procedimientos de ejecución y tolerancias indicados en N·CTR·CAR·1·04·003 de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

Carpeta de Concreto Asfáltico

La carpeta de concreto asfáltico tendrá un espesor de 0.09 m. y se construirá sobre la capa de base asfáltica, a la que previamente se le aplicará, si fuera necesario, un riego de liga como se describió anteriormente de este documento. Para tal objeto se empleará mezcla asfáltica elaborada en planta y colocada y compactada en caliente.

Para su formación se emplearán agregados pétreos procedentes del banco “Km. 80”, con

tamaño máximo de 19 mm (¾") y que deberán cumplir con las normas de calidad indicadas en la Tabla N·CMT·4·04·D.

Para la elaboración de la mezcla se empleará cemento asfáltico del tipo AC-20, modificado con polímeros del tipo I, que cumplan con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 1 de la norma N·CMT·4·05·002·D.

La mezcla se compactará a un grado mínimo del 95% respecto a su MVM obtenida en la prueba Marshall de control y, además, cumplir con lo especificado en las normas de calidad que se señalan en las Tablas 1 y 2 de la N·CMT·4·05.003.D.1.1.1. Los procedimientos de ejecución y tolerancias se sujetarán a lo indicado en la norma N·CTR·CAR·1·04·006 de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

Obras complementarias

Con la finalidad de proteger adecuadamente la estructura de las terracerías y el pavimento, una vez terminadas la obras de ampliación; es necesario construir obras complementarias como son: bordillos, cunetas, canales y lavaderos que permitan el fácil y rápido desalojo del agua pluvial que se concentra en la superficie de rodamiento de acuerdo con los datos climatológicos observados de la región donde se ubica esta obra

Bordillos de concreto hidráulico

Los bordillos se construirán en los lugares que se indican en el proyecto y serán de concreto hidráulico de F'c = 150 kg/cm^2 con sección de 144 cm^2 como lo indicará el proyecto utilizando los agregados que cumplan con las normas de calidad especificadas. Cunetas revestidas de concreto hidráulico. Las cunetas que se ubican a la derecha o izquierda de los cortes, se construirán de concreto hidráulico de una resistencia a la compresión de F'c = 150 kg/cm^2 y diez (10) centímetros de espesor según se indica en el proyecto utilizando los agregados grava y arena de bancos de material con operación comercial.

Lavaderos y Canales de Concreto hidráulico. Los lavaderos sobre los taludes de los terraplenes, canales revestidos de concreto y los que se requieran para proteger y canalizar el agua pluvial en la superficie de rodamiento y la salida de las obras de drenaje, se construirán de concreto hidráulico con fatiga a la compresión de F'c = 150 kg/cm^2 utilizando los agregados grava y arena de bancos de material con operación comercial.

Señalización

Finalmente se procederá al señalamiento horizontal y vertical: preventivo, restrictivo e informativo definitivo, según se señale en el proyecto de señalamiento.

Bordillos de concreto hidráulico

Los bordillos se construirán en los lugares que se indican en el proyecto y serán de concreto hidráulico de F'c = 150 kg/cm^2 con sección de 144 cm^2 utilizando los agregados que cumplan con las normas de calidad especificadas.

Cunetas revestidas de concreto hidráulico

Las cunetas que se ubican a la derecha o izquierda del terraplén, se construirán de concreto hidráulico de una resistencia a la compresión de F'c = 150 kg/cm^2 y diez (10) centímetros de espesor.

Lavaderos y Canales de Concreto hidráulico

Los lavaderos sobre los taludes de los terraplenes, canales revestidos de concreto y los que se requieran para proteger y canalizar el agua pluvial en la superficie de rodamiento y la salida de las obras de drenaje, se construirán de concreto hidráulico con fatiga a la compresión de F'c = 150 kg/cm^2 utilizando los agregados grava y arena de los bancos de material con operación comercial.

Pavimentación

Base hidráulica

Sobre la subrasante terminada y recibida por la supervisión de acuerdo con el proyecto geométrico y verificado el grado de compactación (95%) indicado, se construirá la capa de base hidráulica estabilizada con cemento Portland con la proporción indicada (1.5%) y con el espesor de 0.7 cm.

Para la producción del material de la base hidráulica, se acarreará al sitio de la obra acamellonándolo, extendiéndolo para incorporar el cemento Portland a razón del 2.5% en peso, revolviéndolo en seco y durante el proceso se le incorporará la humedad cercana a la óptima de laboratorio y cuando se haya homogenizado se extenderá y se compactará el espesor de proyecto al 100% de su P.V.S.M.

Materiales asfálticos

Los materiales asfálticos, emulsiones catiónicas de rompimiento medio y rápido para los riegos de impregnación, de liga y el cemento asfáltico del tipo AC-20 para la fabricación del concreto asfáltico en planta, serán adquiridos por la empresa ejecutora del proyecto y dará cumplimiento con las Normas de Calidad vigentes determinadas por la S.C.T. serán de su absoluta responsabilidad e informarán a la supervisión mediante los reportes correspondientes cuando esta se los solicite para la verificación, control y aseguramiento de calidad durante el proceso de ejecución de la obra.

Sobre la base hidráulica barrida y limpia de impurezas, se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento medio a razón de dos (2) litros por metro cuadrado en promedio incluyendo el talud formado por el espesor de la base.

Utilizado en riego de liga para carpeta y sello

Sobre la base impregnada después de haber verificado su calidad, se procederá a barrer la superficie para retirar la arena suelta, con barredora mecánica y posteriormente se aplicará con petrolizadora el riego de liga con emulsión asfáltica del tipo catiónica de rompimiento rápido, a razón de 0.8 l/m^2 aproximadamente que se utilizará tanto para la liga en la construcción de la carpeta asfáltica como para el riego de sello.

Carpeta de concreto asfáltico

En planta estacionaria se fabricará el concreto asfáltico con el material pétreo proveniente del banco con operación comercial, al que se le dará un tratamiento de triturado parcial que tendrá tamaños máximos de 19 mm (3/4") a finos, cumpliendo con la granulometría indicada en la Normas de Calidad vigentes de la S.C.T y utilizando para la mezcla cemento asfáltico del tipo AC-20 a razón aproximada de 150 L/m^3 o lo que indique el diseño del contenido asfáltico elaborado por el laboratorio.

La mezcla fabricada se procederá a aplicar con ex tendedora mecánica, sobre el riego de liga, la mezcla asfáltica se mantendrá con temperatura entre los 130 a 150ºC, para obtener cinco centímetros (5 cm) de espesor compactados al 95% confinados en prueba de laboratorio, cumpliendo con la granulometría indicada en las Normas de Calidad CTR, CAL y MMT vigentes de la S.C.T y utilizando para la mezcla cemento asfáltico del tipo AC-20 a razón aproximada de 150 l/m^3 o lo que indique el diseño del contenido asfáltico elaborado por el laboratorio

La empresa entregará a la supervisión los reportes de la calidad de la mezcla asfáltica mediante las pruebas de laboratorio correspondiente, los grados de compactación alcanzados, la textura de la superficie para efectuar la recepción de este concepto de trabajo con base en las Normas en vigencia de la S.C.T.

Sello premezclado

Sobre la carpeta asfáltica construida bajo el procedimiento de mezcla en el lugar se hará un riego de liga con emulsión asfáltica de tipo catiónica de rompimiento rápido e inmediatamente se colocará el sello premezclado con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento medio con una dosificación promedio de 40 litros por metro cúbico que se verificará en pruebas de laboratorio y se incorporará al material pétreo de sello del tipo 3-A, después de tendido el material se aplicará una plancha metálica tandem de 8 a 10 tons, se abrirá al tránsito después de 24 h; se pavimentará primero un sentido y después el otro para que la carretera no deje de dar servicio durante la acciones de modernización.

Cortes y Terraplenes. Excavaciones en terreno natural. Para alojar las secciones estructurales de las terracerías, de suelos blandos o donde se requiera, de acuerdo al Proyecto Geométrico, las excavaciones deberán efectuarse empleando retroexcavadoras ligeras, para impedir cualquier perturbación de la superficie descubierta en el fondo de las excavaciones y deberá prohibirse cualquier tránsito innecesario de personal y/o equipo por ella.

El fondo de la superficie descubierta en los tramos de excavación deberá mantenerse siempre en condiciones secas y no permitir la formación de tirantes de agua que la perjudique, lo anterior se logrará canalizando el agua hacia cárcamos ubicados en los niveles más bajos de la excavación y bombeando el agua oportunamente.

Cuerpo de Terraplén. Los taludes del cuerpo del terraplén deberán se protegeran con un arrope del material producto del despalme de acuerdo a la Norma N·CTR·CAR·1·01·012/00.

Capa subyacente y subrasante. Sobre el cuerpo de los terraplenes o la cama de los cortes de la rama de los entronques, en donde lo indica el Proyecto Geométrico se construirá la capa subyacente de 0.50 m. de espesor sobre la cual se construirá una capa subrasante de 0.30 m. de espesor; ambas capas se construirán de acuerdo a las especificaciones del proyecto, formadas con materiales térreos extraídos de los bancos recomendados en el mismo, con tamaño máximo de 76 mm. (3”), compactándolos como mínimo al 95% y 100%, correspondiente a la Masa Volumétrica Seca Máxima (MVSM), respectivamente, obtenida en la prueba de control AASHTO Estándar (Ec=6.03 kg-cm/cm3). Los materiales para cada capa deberán cumplir con los requisitos de calidad señalados en las normas N·CMT·1·02 y N·CMT·1·03, de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) vigente y se deberán aplicar los procedimientos de ejecución y tolerancias que se señalan en la norma N·CTR·CAR·1·01·009.

Pavimentos. Los pavimentos que se emplearán en la construcción de los entronques en la carretera “La Pera - Cuautla”, serán de tipo asfáltico, estructurados con una base hidráulica de 0.20 m de espesor, una base de concreto asfáltico de 0.14 m. y una carpeta, también de concreto asfáltico, de 0.09 m para la construcción del nuevo cuerpo y la ampliación.

Base granular. La capa de base granular para pavimentos asfálticos tendrá un espesor de 0.20 m. Para su formación se emplearán agregados pétreos procedentes del banco “Km. 80” indicado en el proyecto, con tamaño máximo de 38 mm. (1½”), y que cumpla además, con los requerimientos de calidad de la norma N·CMT·4·02·002, así como realizar y cumplir con los procedimientos de ejecución y tolerancias señaladas en la norma N·CTR·CAR·1·04·002, de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T. La base deberá compactarse al 100% de la MVSM determinada en la prueba de control AASHTO modificada (Ec=27.3 kg-cm/cm3)

Riego de impregnación. Superficialmente seca y barrida la base granular, se dará un riego de impregnación con una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento del tipo ECI-60 que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Tabla E.2. de la norma N·CMT·4·05·001. Si fuera necesario se diluirá este producto asfáltico de acuerdo con las indicaciones del fabricante, en la proporción que se determine en pruebas de campo para obtener un residuo asfáltico final de 0.75 l/m^2. En términos generales el equipo a utilizar, el manejo del producto asfáltico y su aplicación se sujetarán a los procedimientos que se describen en las Cláusulas N·CTR·CAR·1·04·004-E, N·CTR·CAR·1·04·004-F y N·CTR·CAR·1·04·004-G, respectivamente, de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T., vigente.

Riego de liga. Posteriormente al riego de impregnación, en caso necesario, se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica rompimiento rápido del tipo ECR-65 que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la Tabla E.2. de la norma N·CMT·4·05·001. Si fuera necesario se diluirá este producto asfáltico de acuerdo con las indicaciones del fabricante, en la proporción que se determine en pruebas de campo para obtener un residuo asfáltico final de 0.30 l/m^2.

En términos generales el equipo a utilizar, el manejo del producto asfáltico y su aplicación se sujetarán a los procedimientos que se describen en las Cláusulas N·CTR·CAR·1·04·005-E, N·CTR·CAR·1·04·005-F y N·CTR·CAR·1·04·005-G, respectivamente, de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T., vigente. La aplicación del riego de liga también podrá realizarse en la interfase de las capas asfálticas de la base, la carpeta y la microcarpeta Open Graded.

Base de concreto asfáltico. La capa de base de concreto asfáltico tendrá un espesor de 0.14 m, para las ramas de los entronques, y se construirá sobre la capa de base granular terminada e impregnada, empleando mezcla asfáltica elaborada en planta, colocada y compactada en caliente. Para su formación se emplearán materiales procedentes del banco “Km. 80”, con tamaño máximo de 38 mm (1½”), granulometría correspondiente a un tránsito SL superior a 106 ejes equivalentes y que cumplan, además, con las características de calidad que se señalan en la Tabla 2 de la norma N•CMT•4•02•003. Para la elaboración de la mezcla se empleará cemento asfáltico del tipo AC-20, que cumpla con los requisitos de calidad indicados en la norma N•CMT•4•05•001•D.

La capa de base asfáltica se compactará a un grado mínimo del 95% respecto a su Masa Volumétrica Máxima (MVM) obtenida en la prueba Marshall de control; además cumplir con las características de calidad especificadas en las Tablas 4 y 5 de la norma N•CMT•4•02•003, así como con los procedimientos de ejecución y tolerancias indicados en N•CTR•CAR•1•04•003 de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

Carpeta de concreto asfáltico. La carpeta de concreto asfáltico tendrá un espesor de 0.09 m. para las ramas de los entronques y se construirá sobre la capa de base asfáltica, a la que previamente se le aplicará, si fuera necesario, un riego de liga como se describió en el punto 2.3 de este documento. Para tal objeto se empleará mezcla asfáltica elaborada en planta y colocada y compactada en caliente. Para su formación se emplearán agregados pétreos procedentes del banco "Km. 80", con tamaño máximo de 19 mm (¾") y que cumplirá con las normas de calidad indicadas en la Tabla N•CMT•4•04•D. Para la elaboración de la mezcla se empleará cemento asfáltico del tipo AC-20, modificado con polímeros del tipo I, que cumplan con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 1 de la norma N•CMT•4•05•002•D. La mezcla deberá compactarse a un grado mínimo del 95% respecto a su MVM obtenida en la prueba Marshall de control y, además, cumplir con lo especificado en las normas de calidad que se señalan en las Tablas 1 y 2 de la N•CMT•4•05.003.D.1.1.1. Los procedimientos de ejecución y tolerancias se sujetarán a lo indicado en la norma N•CTR•CAR•1•04•006 de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

Microcarpeta tipo Open graded. En todo el ancho de las gasas de los entronques, sobre la superficie de la carpeta asfáltica terminada, se construirá una microcarpeta asfáltica de granulometría abierta (Open Graded) de 0.03 m. de espesor, a la que previamente se le aplicará un riego de liga, tal como se describe en el punto 2.3 de este documento. Para tal objeto se empleará mezcla asfáltica elaborada en planta y colocada y compactada en caliente. Para su formación se emplearán agregados pétreos procedentes del banco "Km. 80", con tamaño máximo de 19 mm (¾") y que cumplan, además, con las normas de calidad indicadas en las tablas 5 y 6 de la norma N·CMT·4·04·E, descrita en la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T. Para la elaboración de la mezcla se empleará cemento asfáltico del tipo AC-20, modificado con polímeros del tipo I o II, que cumplan con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 1 de la norma N•CMT•4•05•002•D. La mezcla se efectuará en planta y en caliente, la que se colocará y compactará siguiendo los procedimientos de ejecución y tolerancias indicadas en la norma N•CSV•CAR•3•02•003 de la Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la S.C.T.

Señalización

Para las señales se realizará un inventario de las señales existente y se moverán hacia una bodega de almacenamiento y se colocará nuevo señalamiento de acuerdo al nuevo tipo de camino y lo indicado en el proyecto de señalamiento.

II.4. Programa de operación y mantenimiento

II.4.1. Programa de operación

Los trabajos a que se refiere esta sección son los de operación y conservación del cuerpo del terraplén una vez construidos: repintar las líneas divisorias de carriles, reposicionar fantasmas y señalamientos, reparación de la carpeta asfáltica, limpieza periódica de la carpeta, del derecho de vía y de las obras hidráulicas así como mantenimiento de áreas verdes.

A continuación se mencionan los programas de conservación preventiva y correctiva, así como el programa de conservación rutinaria de la S.C.T. que deben de llevarse a cabo para el mantenimiento de las carreteras, para que tengan un adecuado funcionamiento y mayor vida útil, que pueden ser tomados en cuenta para aplicar a este tipo de caminos.

Programa de conservación preventiva y correctiva según el concesionario.

1. Prever el programa quincenal inicial de conservación preventiva y correctiva, que deberá ser actualizado anualmente. Entregar programa quincenal actualizado al concesionario.
2. Obtener índice de servicio actual o IRI de la superficie de rodamiento, para delimitar los tramos homogéneos. Para la evaluación del pavimento se procederá como lo indica el Sistema Mexicano de Protección de Pavimentos.
3. Evaluar el estado de las obras complementarias como son cunetas y lavaderos, y reparar aquellas que presenten problemas en el momento de la inspección. Para la realización de los estudios correspondientes proceder como se indica en el anexo PC-2 correspondiente al Programa de Conservación Preventiva del concesionario.
4. Inspeccionar los sitios y señales con problemas. Para la evaluación de la señalización, se deberá proceder como se indica en el anexo PC-5 correspondiente al Programa de Conservación Preventiva del concesionario.
5. Contratar la ejecución de los estudios del estado de las vialidades. Enviar el estudio terminado, indicando la alternativa de solución que considere más adecuada al concesionario.
6. Preparar el programa de obra de la alternativa aprobada por la SCT para los trabajos de reconstrucción en caso de ser necesaria, de acuerdo a los resultados de los estudios. Acordar su ejecución con el concesionario.
7. Supervisar los trabajos durante su proceso de ejecución de manera permanente hasta concluirlos, realizando el control de calidad de la obra.

Programa de conservación rutinaria

1. Realizar inspecciones diariamente en la vialidad para detectar problemas y corregirlos en:
    a. Cercado e invasión del derecho de vía. Reforestación en su caso.
    b. Retiro de derrumbes, basura y limpieza de la superficie de rodamiento.

c. Falta de señales que pongan en peligro al usuario o lo desorienten.

2. Realizar inspecciones semanales o cuando se requiera en la vialidad o de acción inmediata si fuera necesario para detectar problemas y corregirlos en:
    a. Defensas y señales de tipo normal
    b. Obras de drenaje
    c. Obras complementarias de drenaje
    d. Baches, calavereo, grietas, deformaciones, etc., en el pavimento.
    e. Retiro o censura de propaganda no autorizada
    f. Limpieza de cunetas y derecho de vía
    g. Daños en el camino por efecto de accidentes
    h. Contracunetas y subdrenajes
    i. Cajas y/o canales de entrada y salida de obras de drenaje
    j. Fallas locales de cortes
    k. Postes y fantasmas
    l. Deshierbe y poda de vegetación
    m. Pintura en general

II.4.2. Programa de mantenimiento

Reposición de señales, estas actividades se llevarán a cabo cada vez que una señal deba reponerse o cambiarse con el fin de brindar una adecuada señalización y se prevengan accidentes.

Mantenimiento de taludes, para estas actividades se tiene que verificar diariamente los taludes, para reportar si existe un derrumbe o deslizamiento, con el fin de retirar el material y revisar los posibles daños al pavimento con periodicidad diaria y utilizando trascabos y camión de volteo.

El mantenimiento general del pavimento se puede realizar de manera constante como mantenimiento rutinario llevando a cabo tareas como los trabajos de calavereo, riego de sello, reposición de material pétreo, fantasmas, pintura, etc.

Este mantenimiento se efectúa diariamente según el tramo y el estado de deterioro. De la misma manera deberá dársele un mantenimiento periódico en el que se incluyan las actividades como bacheo, renivelación, reencarpetado y mantenimiento general; la periodicidad deberá incluirse según los reportes del estado del pavimento y el programa de mantenimiento general a lo largo de la vida útil de la carretera.

Mantenimiento Preventivo

Esta etapa consiste en la realización de trabajos de conservación en los que no se requiere de herramientas especiales o de gran tamaño para procedimientos como reposición de señales, mantenimiento de taludes, pintura y reposición de material de la superficie de rodamiento.

Mantenimiento Mayor (Tabla II.12)

Este mantenimiento consiste en trabajos en los que se requiere del cierre de un carril o de un cuerpo de circulación de la vialidad con el fin de realizar trabajos de reencarpetado o mantenimiento mayor de la superficie de rodamiento y colocar señales de peligro.

Verificación del nivel de servicio

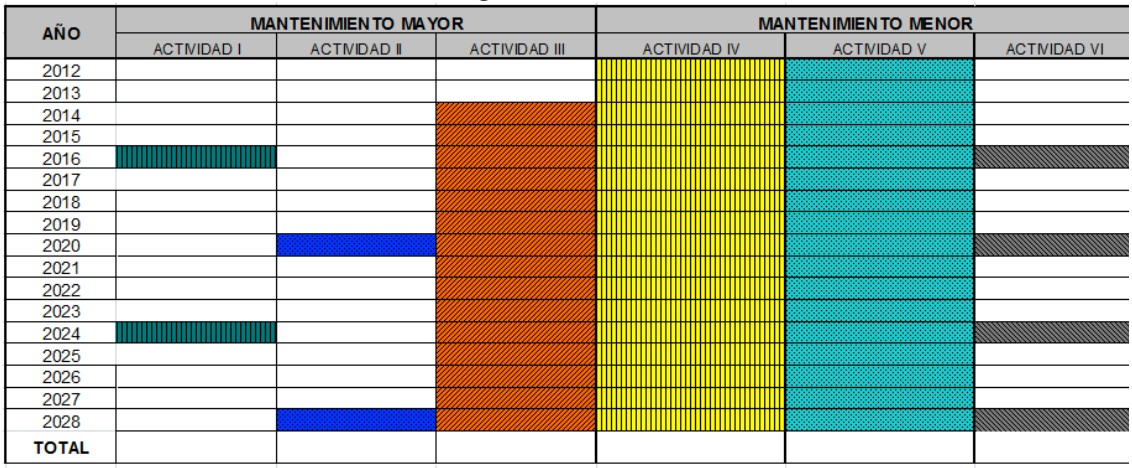
Esta actividad consiste en la realización de recorridos de prueba con un vehículo de diseño y con cuatro pasajeros que determinarán el nivel de servicio de la vialidad.

Recorridos de revisión

Lo recorridos de revisión son actividades encaminadas al control y supervisión de los trabajos de mantenimiento y de operación del camino.

El proyecto no se abandonará, toda vez que se trata de una vialidad de altas especificaciones que estará en uso continuo.

Tabla II.12. Programa de Mantenimiento a 15 años



Simbología:
Actividad I Tendido de tratamiento superficial (puede ser mortero asfáltico)
Actividad II Fresado y reposición de carpeta asfáltica (5cm) y tratamiento superficial
Actividad III Bacheo superficial (no más del 2%)
Actividad IV Limpieza y/o desazolve de obras de drenaje y obras complementarias
Actividad V Reparación de obras complementarias y de drenaje
Actividad VI Revisión y sustitución del señalamiento horizontal y vertical

II.5 Requerimiento de personal e insumos

II.5.1. Personal

El personal que será requerido en las diversas etapas del proyecto, será contratado, principalmente, del poblado de Tepoztlán, Oacalco, Oaxtepec, Cuautla y la ciudad de Cuernavaca, en caso de conocer las actividades a desarrollar, con el propósito de no crear nuevos asentamientos humanos en la zona. Hay que destacar que esta estrategia obligará a

incentivar una derrama económica a esta zona. Tepoztlán, Oacalco, Oaxtepec, Cuautla y la ciudad de Cuernavaca, son aledañas a la obra, y cuentan con toda la mano de obra calificada que se necesita para la preparación, construcción y mantenimiento del trazo.

En la Tabla II.13 se indican los requerimientos de mano de obra necesaria para el proyecto.

Tabla II.13. Relación de personal requerido

Cantidad	Puesto	Etapa del proyecto	Tipo de mano de obra	Tipo de empleo	Disponibilidad local
4	Supervisor de obra	Todas	calificada	temporal	si
5	Topógrafo	Construcción	calificada	temporal	si
6	Cabo	Construcción	calificada	temporal	si
10	Cadenero	Construcción	No calificada	temporal	si
10	Estadalero	Construcción	No calificada	temporal	si
20	Operador de máquina mayor	Todas	calificada	temporal	si
10	Operador de máquina menor	Todas	calificada	temporal	si
7	Chofer	Todas	No calificada	temporal	si
2	Cuadrillas de herrería	Construcción	calificada	temporal	si
8	Cuadrillas de albañilería	Construcción	calificada	temporal	si
8	Carpintero obra negra	Construcción	calificada	temporal	si
4	Pintor	Operación y mantenimiento	calificada	temporal	si
50	Ayudante general	Todas	No calificada	temporal	si

II.5.2. Insumos

Se instalarán sanitarios secos portátiles para trabajadores, por lo que no requerirán abasto de agua.

El agua que se llegara a requerir para consumo humano (potable) se abastecerá en garrafones de 20 l, siendo este consumo mínimo y no parte directa del proceso de la obra.

Se requerirá de un abastecimiento por pipa de agua cruda para la construcción. Un estimado del volumen de agua requerido para la compactación de los terraplenes, así como del riego para evitar la liberación de polvos es aproximadamente 64 m^3 ocupados en diferentes

tiempos de acuerdo al programa de obra.

Como no será necesaria la construcción de campamentos, no se generarán aguas negras.

Los volúmenes de combustibles no serán significativos desde el punto de vista del impacto ambiental, los vehículos de carga serán abastecidos por las estaciones de servicio que se encuentran cercanos a los frentes de obra y se acarreará el combustible para la maquinaria fija; pero en ningún caso será necesario el almacenaje.

El combustible empleado para el funcionamiento de la maquinaria y de equipos, que así lo requieren, se transportará en recipientes de metal con tapa hermética a fin de evitar las pérdidas por evaporación. Se tendrá cuidado de verificar la generación de gases y sobrepresiones para evitar explosiones.

Los movimientos de tierras se efectuarán de acuerdo al diagrama de la curva masa (que presente el proyecto cuando se tenga). Para la construcción de la sección de la carretera se necesita la aportación de por lo menos 2 bancos de material con operación comercial, según el tramo y la necesidad requerida para el banco designado. A partir de esto, es posible determinar las distancias económicas de acarreo, que se presentarán una vez se tenga el proyecto definitivo.

La maquinaria empleada en la operación de la carretera consta de cinco camionetas tipo pick-up para el transporte del personal y cuadrillas de trabajo requeridas para la operación del camino. En cuanto a su mantenimiento se necesitara de equipos como pipa para regar las áreas verdes, cuadrillas de mantenimiento de vegetación, en las zonas donde el camino lo demande; así como, también tres camiones para la recolección de residuos y de basura generada en la limpieza de la carpeta y obras anexas como las alcantarillas, drenes y cunetas y para el transporte de las cuadrillas de trabajo. En este sentido, eventualmente, se requerirá de equipos para el mantenimiento menor como bacheo y calavereo o para la colocación y reposición de señales y pintura en la superficie de rodamiento.

Los materiales y sustancias que serán empleados en el proyecto, son las características para este tipo de infraestructura, como son: materiales pétreos, agua, cemento, acero, etc., y todos aquellos insumos necesarios para desarrollar este proyecto, los cuales se indican en la Tabla II.14.

Tabla II.14. Materiales y sustancias[2]

Material	Etapa	Fuente de suministro	Forma de traslado	Cantidad requerida
Gravas, finos, arena y limo de bancos de material	Formación del cuerpo del terraplén, colocación de obras	Bancos de préstamo	Camiones de volteo	1,443,190 m^3
Material de tipo B	De drenaje y pavimentación.	Compensación de las	Camiones de volteo	245,025 m^3

[2] Volúmenes exactos se tendrán una vez que se tenga el proyecto definitivo, los volúmenes presentados son un estimado de obras de modernización en terreno similares

Material	Etapa	Fuente de suministro	Forma de traslado	Cantidad requerida
	Formación del cuerpo del terraplén	nivelaciones		
Cemento asfáltico del tipo AC-20 (que se mezcla con material del banco a una razón de 150 L/m^3)	Pavimentación	Empresa de suministro	Camiones tipo	13,637,610 L
Pintura	Construcción y mantenimiento	Empresa de suministro	Camioneta	4,200 L
Señales verticales	Construcción y mantenimiento	Empresa de suministro	Camiones	2,424 pz.

II.6 Residuos

Residuos sólidos. Los residuos de suelo y restos vegetales producto del desmonte y despalme. Una parte del material vegetal desmontado se podrá obsequiar a los municipios correspondientes dependiendo del tramo desmontado, para su utilización en forma de leña y madera (en el caso de los árboles o matorrales leñosos). Otro tipo de residuo serán los productos de las nivelaciones, una parte de esto se utilizará para la construcción de terraplén del cuerpo nuevo.

El material de desmonte y despalme que no se obsequie será tratado según se explica en el Capítulo VI, para las obras de reforestación. Si llegará a quedar material de despalme o nivelaciones después de las obras de reforestación, se podrá donar para cubrir el tiradero de basura municipal o para rehabilitar frentes de bancos de material ya agotados.

Se estima que los trabajadores de la obra serán 144 y el proyecto tendrá una duración aproximada de 36 meses, aunque no todas las actividades se realizarán de manera simultánea. Se asume que el 80% de los residuos de tipo doméstico se generarán en sus lugares de residencia y sólo el 20% en los frentes de obra. Considerando el factor de generación de basura de 0.450 kg/persona/día, los desechos domésticos que se generarán en los frentes de obra se estiman en unos 486 kg en total para toda la obra. Esta basura será entregada por lo menos 3 veces por semana al sistema de limpia del municipio de Tepoztlán, para evitar se acumule en los botes ubicados en los frentes de obra.

Se prevé la generación de residuos como bolsas de papel, empaques de cartón, vidrio y plásticos, entre otros (con un máximo de 12 kg por mes); así como latas vacías o con algún contenido de pinturas, solventes, aceite o lubricantes, aceites usados y estopa impregnada de grasas, éstos últimos por su volumen no pueden considerarse como peligrosos, no obstante se manejarán de forma separada de los residuos puramente domésticos. Para ello se colocarán 2 botes de basura uno para residuos domésticos y otro para cualquier basura que haya tenido contacto con algún solvente, aceite, pintura, lubricante o grasa. El primer bote se entregará al sistema de limpia municipal y el segundo se desechará en las gasolineras cercanas para que sea tratado junto con sus residuos.

Los residuos industrializados se generarán en los talleres de reparación de automotores que operan de forma comercial en Cuernavaca, Tepoztlán, Cuautla o poblados vecinos; se

verificará que dichos talleres traten los residuos peligrosos de acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, así como la NOM-003-SCT2-1994 y la NOM-011-SCT2-1994, dichos talleres deberán embalar y poner a disposición de una empresa autorizada por SEMARNAT para la disposición definitiva de estos materiales peligrosos.

Estará estrictamente prohibido hacer cualquier reparación mayor de la maquinaria en el frente de obra o fuera de talleres autorizados, incluyendo actividades como cambio de aceite.

Otro tipo de residuos sólidos serán los dejados por los usuarios de la carretera. Normalmente, estos consisten en papel, latas de aluminio, restos de alimentos, bolsas de plástico, etc. Por las características rurales de la zona, no es raro que también se deposite cascajo y otros materiales de desecho. Estos desechos tendrán que ser recogidos periódicamente y trasladados a sitios que cumplan la normatividad para la disposición final de residuos domésticos.

Residuos líquidos. No se generarán descargas relacionadas con la higiene y uso sanitario ya que se contratará a personal del área que podrá bañarse en sus domicilios. Para este proyecto, como medida de mitigación para el correcto manejo de desechos sanitarios, se establece que en los frentes de obra se instalarán sanitarios que serán secos y portátiles (tipo sanisecos o SIRDO), la empresa que rente el servicio deberá dar mantenimiento a ese equipo. La obra en operación contemplará pendientes adecuadas para desalojar el agua de la superficie de rodamiento Sin embargo, la obra como tal, no tendrá descargas de aguas residuales.

El asfalto se comprará en un negocio establecido dedicado a la venta de mezcla asfáltica, se transportará caliente a los frentes de obra para su colocación. Por lo que tampoco se generarán residuos líquidos debido a la pavimentación.

Emisiones a la atmósfera. Durante la construcción, se generarán polvos durante casi todas las actividades, estos polvos serán dispersados en el aire y depositados en los alrededores. También habrá emisiones a la atmósfera por parte de los automotores, pero estas serán pocas en comparación con las que se generen durante la operación del trazo. Es importante mencionar que durante la operación, al agilizar el tránsito que recorre hacia o desde Cuernavaca, Cuautla o Tepoztlán, disminuirán las emisiones proporcionalmente al ahorro en tiempo de recorrido.

Durante la operación de la carretera, la única actividad relevante será el tránsito vehicular. Se estima que el umbral máximo de circulación será de 815 unidades/hora (horas pico de semana santa); con esta carga vehicular se prevé una carga de emisiones no significativa, sobre todo por las condiciones de no confinación del sistema ambiental regional.

En la etapa de operación, se tendrá que existe un dominio absoluto de las fuentes móviles que están propulsadas por gasolina y un mínimo de las emisiones de vehículos que utilizan diesel. El tránsito vehicular del proyecto implicará la emisión de bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas suspendidas. Las cantidades y concentraciones de las emisiones varían dependiendo de la cantidad de vehículos y cantidad de combustibles consumidos y el estado de los motores. Los factores mencionados no pueden ser estandarizados a condiciones constantes, ya que son características que oscilan entre un vehículo y otro. Sin embargo, si se consideran niveles máximos permisibles de emisiones contaminantes, publicados en el Diario Oficial de la Federación, con fecha 22 y 25

de febrero de 1996 en las NOM-041-SEMARNAT-1996 y NOM-045-SEMARNAT-1996, quedarían como dentro de las normas. Se considera, sin embargo, que este es un umbral techo, dado que como toda carretera, existe una alta estacionalidad lo mismo en el día que durante el año, por lo mismo, las estimaciones reflejan el momento de máximo impacto al ambiente (época de vacaciones, generalmente Semana Santa y Navidad). La modernización del tramo presenta un efecto de disminución de las emisiones de gases contaminantes, pues permite una reducción en la distancia y acortamiento en el tiempo requerido para el recorrido. Además, la zona presenta condiciones propicias para la rápida dispersión de las emisiones.

CAPÍTULO III

VINCULACION CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACION Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

A lo largo de este capítulo se establecerá la congruencia del proyecto con las pautas y estrategias de los diferentes instrumentos normativos y de planeación vigentes que aplican en el área.

Se emplean fuentes de información de los ámbitos, federal, estatal y municipal que tienen incidencia en el área de distribución del proyecto. El objetivo central de este análisis es el de conocer y cumplir lineamientos que deberán ser observados para la ejecución de la modernización de la carretera federal 115 D, en su tramo La Pera-Cuautla, en el estado de Morelos, así como asegurar que no exista interferencia con algún otro plan, programa o proyecto.

III.1. Vinculación con planes y programas sectoriales

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, fue presentado en cumplimiento del Artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y se ha elaborado de acuerdo a lo establecido en la Ley de Planeación, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de mayo de 2007 y entro en vigor al día siguiente. El PND tiene como finalidad establecer los objetivos nacionales, las estrategias y las prioridades que durante la presente administración deberán regir la acción del gobierno y serán la base para los programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales.

En el primer capítulo del PND se define al desarrollo humano sustentable como premisa básica para el desarrollo integral del país, así como los objetivos y prioridades nacionales, la segunda parte consta de cinco capítulos que corresponden a los cinco ejes de política pública de este Plan, que son: Estado de derecho y seguridad; Economía competitiva y generadora de empleos; Igualdad de oportunidades; Sustentabilidad ambiental; Democracia efectiva y política exterior responsable.

En el PND, Eje 2 Economía competitiva y generadora de empleos, se asienta como una de las estrategias “Asegurar que exista la infraestructura necesaria para que todos los mexicanos puedan tener acceso adecuado a la energía, a los mercados regionales, nacionales e internacionales y a las comunicaciones. Con respecto a la infraestructura para el desarrollo señala que esta es fundamental para determinar los costos de acceso, a los mercados, tanto de productos como de insumos, así como para proporcionar servicios básicos en beneficio de la población y de las actividades productivas, siendo así un componente esencial de la estrategia para la integración regional y el desarrollo social equilibrado, así como para incrementar la competitividad de la economía nacional y con ello alcanzar un mayor crecimiento económico y generar un mayor número de empleos mejor remunerados.

En el apartado 2.10 Telecomunicaciones y transportes, señala en el objetivo 14, que es necesario garantizar el acceso y ampliar la cobertura de la infraestructura y servicios de

transporte y comunicaciones, tanto a nivel nacional como regional a fin de que los mexicanos puedan comunicarse y trasladarse de manera ágil y oportuna en todo el país y con el mundo, así como hacer más eficiente el transporte de mercancías y telecomunicaciones hacia el interior y exterior del país, de manera que estos sectores contribuyan a aprovechar las ventajas comparativas con las que cuenta México.

Dentro de la estrategia 14.10 del PDN, se contempla modernizar la red carretera, así como mejorar su conectividad brindando continuidad a la circulación a través de la construcción de obras que permitan mejorar los accesos a regiones, ciudades, puertos y fronteras.

La modernización de la autopista la Pera-Cuautla es parte de las estrategias marcadas a nivel nacional que se desprenden del PND como es el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 que contemplan la modernización de los Corredores Troncales Transversales y Longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país con carreteras de altas especificaciones.

La modernización en comento, forma parte del Eje Troncal Transversal Acapulco-Veracruz (Figura III.1), esta obra permitiría una reducción de tiempos y costos de traslado de personas y mercancías de ciudad a ciudad.

Esta obra coadyuva al cumplimento del Plan Nacional de Desarrollo, documento rector del que se desprende la Misión de la SCT, que a través del proyecto en comento, busca continuar dotando al país de mejores sistemas de comunicación que hagan posible la unión de todos los mexicanos promoviendo el desarrollo económico y social, de manera equilibrada y sostenida, con pleno respeto a las peculiaridades culturales y al medio ambiente.

En el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012, que establece los objetivos, estrategias, metas y acciones para aumentar la cobertura, calidad y competitividad de la infraestructura del país y que se deriva del Plan Nacional de Desarrollo, señala esta obra en la estrategia número 3 que dice: “dar atención especial a la construcción de libramientos y accesos para facilitar la continuidad del flujo vehicular. Asimismo en su Visión de Largo Plazo el PNI 2007-2012 señala que es necesario promover un desarrollo regional equilibrado, dando atención especial al Centro, Sur y Sureste del país.

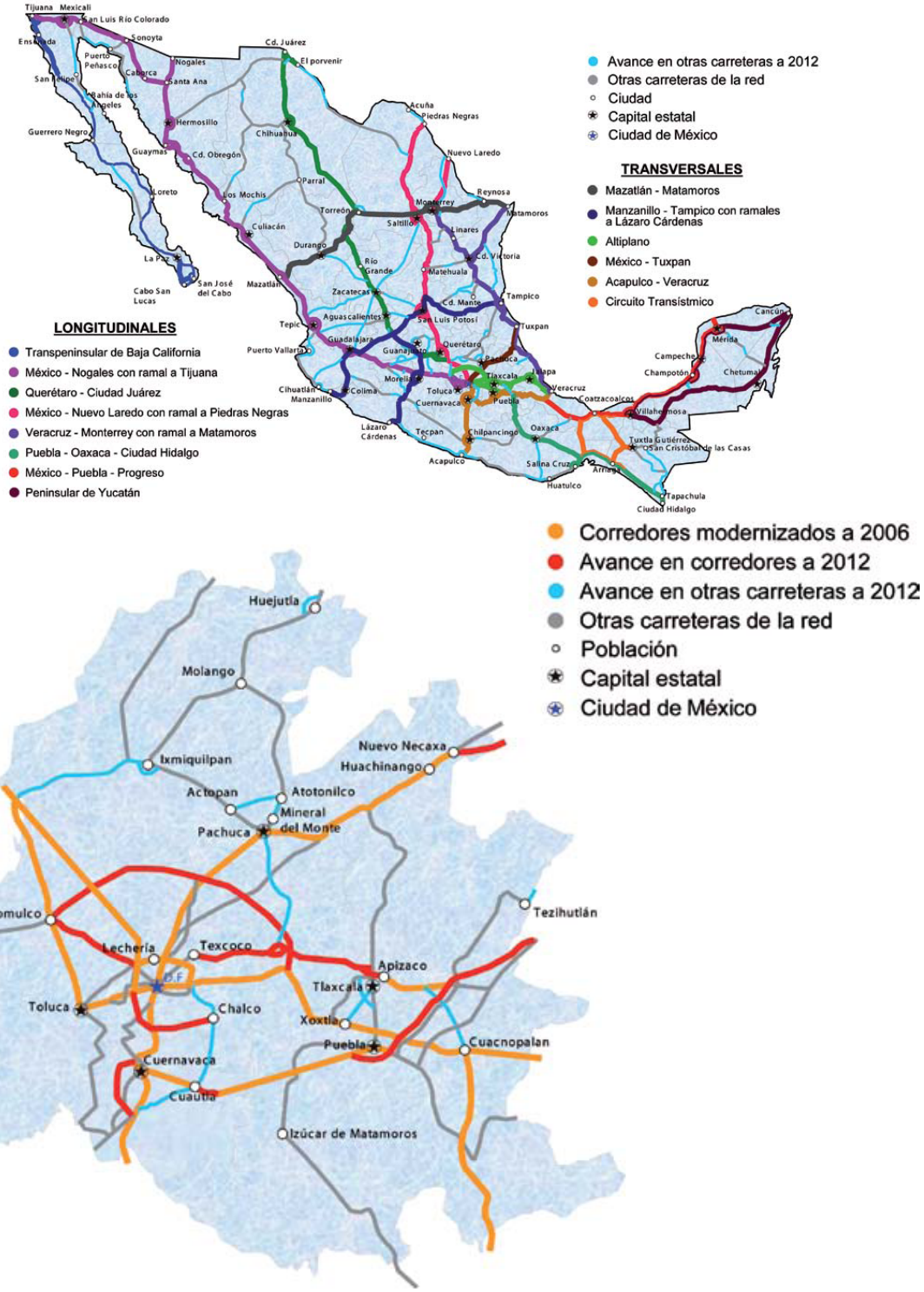


Figura III.1 Infraestructura nacional carretera 2012 y particularmente en la zona Centro del país de acuerdo al PNI 2007-2012

El Gobierno del Estado de Morelos, a través del Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012, señala que uno de los retos medulares consiste en aumentar los recursos con los que cuenta la entidad y elevar la productividad de los mismos; para tal efecto, señala que son fundamentales las inversiones fuera del ámbito privado, donde el gobierno tiene una importante responsabilidad de conservar y generar infraestructura y servicios públicos para el desarrollo de las diversas vocaciones productivas con que cuenta el estado, en un entorno político y social estable, en un ambiente de negocios favorable, a simplificaciones administrativas que privilegien la producción sin descuidar el ordenamiento y los controles que garanticen su sustentabilidad económica y social. Solo en este contexto se pueden generar empleos bien remunerados, para propiciar el desarrollo regional en beneficio de las comunidades receptoras.

De igual forma, el Plan Estatal establece una visión de Morelos como Estado, reconocido por su economía dinámica y por el cuidado al medio ambiente y a su patrimonio cultural. Abunda que es altamente atractivo para la inversión social y privada, por su entorno favorable para los negocios y por sus servicios públicos e infraestructura de calidad. En concordancia uno de los objetivos que plantea el documento es el de desarrollar infraestructura y servicios que impulsen la competitividad y preserven el medio ambiente, a través de estrategias como: ampliar y mejorar la infraestructura necesaria para las actividades económicas y agrupamientos empresariales estratégicos y privilegiar modelos de infraestructura eficientes y compatibles con la preservación del medio ambiente y los recursos naturales.

Dentro del Plan, en el rubro denominado Proyectos Gabinete, Desarrollo Humano y Social, se establece el Proyecto ejecución de obra pública inducida cuyo objetivo es conducir el crecimiento adecuado de ciudades y poblados para ganarle el paso a los asentamientos irregulares y a los desarrolladores de vivienda con la finalidad de que los gobiernos estatal y municipales, recuperen el poder de decisión en donde deben constituirse zonas habitacionales, comerciales e industriales e ir protegiendo las ANP, así como las zonas agrícolas y ganaderas; entre sus líneas de acción se encuentran, entre otras:

- Establecer proyectos ancla para gestionar la inversión federal, estatal y municipal y atraer la inversión privada para el fortalecimiento de la infraestructura.

Dentro del Plan también destaca el proyecto: Programa de fortalecimiento a la infraestructura carretera, cuyo objetivo es “desarrollar los mayores activos urbanos dentro de los límites de nuestras ciudades y comunidades para desarrollar ciudades habitables, amigables al ambiente, competitivas, productivas y de gran movilidad, con la expansión y desarrollo de nuestra red carretera, se permitirá contar con la capacidad vial adecuada para atender las necesidades de la ciudadanía y promover el impulso de una economía de primer orden”.[1] La línea de acción de este programa es llevar a cabo un análisis de las propuestas sobre infraestructura carretera para determinar cuáles son las de mayor impacto de acuerdo a las necesidades de las localidades, de los municipios o de las regiones por las que cruzan.

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2007-2012, de Morelos señala en el apartado IV Pronostico en su matriz DAFO de la estructura territorial que el sistema urbano se da de manera lineal a lo largo de las carreteras federales México-Acapulco y Cuernavaca-Cuautla por lo que la modernización del proyecto en comento beneficiará a quienes circulan por esta vía.

59

[1] Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012 de Morelos, pág. 129

Tabla III.1 Políticas sectoriales y propuesta de cumplimento

Políticas Sectoriales	Propuesta de cumplimiento
Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 **Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos** Asegurar que exista la infraestructura necesaria para que todos los mexicanos puedan tener acceso adecuado a la energía, a los mercados regionales, nacionales e internacionales y a las comunicaciones. **ESTRATEGIA 14.10** Proponer esquemas de financiamiento y mejorar los ya existentes para fomentar el desarrollo de proyectos de infraestructura e impulsar su papel como generador de oportunidades y empleos. La implementación de estas estrategias deberá contemplar las siguientes líneas de política: Modernizar la red carretera, así como mejorar su conectividad brindando continuidad a la circulación a través de la construcción de obras que permitan mejorar los accesos a regiones, ciudades, puertos y fronteras… Ampliar la gama de fuentes de financiamiento y de formas de participación público-privada. Con estos modelos de asociación público-privada, se busca alentar el desarrollo de infraestructura carretera, tanto de cuota como libre, elevar la calidad del servicio ofrecido a los usuarios, mejorar las condiciones físicas de las carreteras, así como generar un importante número de empleos directos e indirectos.	En concordancia El objetivo de este proyecto carretero es modernizar la infraestructura existente para facilitar el acceso a los mercados regionales, nacionales e internacionales, en este caso entre los puertos de Veracruz y Acapulco, cruzando por el Centro del país. Lo que coadyuvara a la generación de empleos y la comercialización de materias primas y productos. La ampliación de esta vialidad mejorará el servicio que presta a los usuarios quienes actualmente tienen que reducir considerablemente la velocidad, debido a la gran cantidad de transporte pesado que circula por esta vía y que debido a las pendientes tiene que circular a baja velocidad sobre todo de Oriente a Poniente, actualmente no se cuenta con las condiciones necesarias para un rebase seguro.
Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012 Sección IV Líneas de Acción Estrategia 1.2.1. Construir y modernizar la red carretera federal a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuirá la integración de las distintas regiones del país. Modernizar los corredores troncales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país con carreteras de altas especificaciones.	En concordancia El proyecto en comento se refiere a la modernización de un tramo del corredor troncal transversal Acapulco–Veracruz, que favorecería la conexión ágil y rápida entre el Golfo de México y el Pacífico, pasando por la zona Centro del país, lo que fortalecerá el comercio y el traslado de productos, servicios y personas.
Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 **Estrategias** Completar la modernización de los corredores troncales transversales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del país con carreteras de altas especificaciones. Desarrollar ejes interregionales, que mejoren la comunicación entre regiones y la conectividad de la red carretera. Mejorar el estado físico de la infraestructura carretera y reducir el índice de accidentes.	En concordancia El proyecto de modernización de la Autopista La Pera-Cuautla, consiste en la construcción de un segundo cuerpo a la derecha del cuerpo actual del km 0+800 al km 20+700, dentro del actual derecho de vía de la Autopista. Del km 0+800 al km 7+500 y del km 13+400 al km 20+700, se construirá un cuerpo nuevo paralelo al actual de Tipo A2, que consistirá de un cuerpo al lado derecho y a desnivel en relación a la rasante actual, con una faja de separación variable, con un ancho de corona de 10.50 m, acotamiento

Políticas Sectoriales	Propuesta de cumplimiento
Metas 2012 Construir o modernizar 17 mil 598 Km de carreteras y caminos rurales, incluyendo la terminación de 12 mil 260 Km que corresponden a 100 proyectos carreteros completos. Incrementar de 72% a 90% la red federal que opera en buenas condiciones conforme a estándares internacionales. Reducir el índice de accidentes de 0.47 a 0.25 por cada millón de vehículos-kilómetro.	interior de 1.0 m, un acotamiento exterior de 2.5 m, un ancho de calzada de 7.0 m, dos carriles de 3.5 m cada uno; el cuerpo actual se ampliará del lado izquierdo para que cumpla con los 10.50 m requeridos para modernizarse a un camino tipo A4S, dentro de un ancho de derecho de vía de 60 m. Esta modernización corresponde al Eje Troncal Transversal Acapulco-Veracruz, por lo que mejorará la comunicación interregional, dando continuidad al flujo vehicular y mejorando las condiciones viales de quienes transitan por este tramo. Esto también reduciría los costos y tiempos de traslado de personas y mercancías. La modernización permitirá reducir el índice de accidentes, ya que actualmente la circulación se dificulta en este tramo, debido a que circulan muchos vehículos pesados y no existen condiciones para un rebase seguro.
Plan Estatal de Desarrollo 2007-2012 **Programa: Fortalecimiento a la Infraestructura Carretera**. Objetivo: Desarrollar los mayores activos urbanos dentro de los límites de nuestras ciudades y comunidades para desarrollar ciudades habitables, amigables al ambiente, competitivas, productivas y de gran movilidad, con la expansión y desarrollo de nuestra red carretera, se permitirá contar con la capacidad vial adecuada para atender las necesidades de la ciudadanía y promover el impulso de una economía de primer orden. Líneas de acción Llevar a cabo un análisis de las propuestas sobre infraestructura carretera para determinar cuáles son las de mayor impacto de acuerdo a las necesidades de las localidades, de los municipios o de las regiones por las que cruzan.	En concordancia. La modernización del tramo la Pera-Cuautla, mejorará el sistema de comunicaciones, favoreciendo el desarrollo regional. Cumple con el objetivo tendiente a expandir y desarrollar la red carretera, para permitir contar con la capacidad vial adecuada para atender las necesidades de la ciudadanía y promover el impulso de una economía de primer orden.
Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2007-2012, Capítulo VI. Programas y Corresponsabilidad Sectorial Rubro Vialidad y Transporte Mejoramiento y mantenimiento de la red carretera regional, así como las vialidades primarias, secundarias y rurales en coordinación con la SDUOP, SCT, CAPUFE y H. Ayuntamientos.	En concordancia La modernización en comento se refiere a una vialidad regional y es un proyecto impulsado por la SCT, por lo que estaría en concordancia con la necesidad y línea estratégica plasmada en el PEDU 2007-2012.

Planes Municipales de Desarrollo 2009-2012

El proyecto en comento incide en dos municipios, el de Tepoztlán, entre el Km 00+800 al 20+777 y mínimamente en el municipio de Tlayacapan del 20+777 al 21+700.

Plan de Desarrollo Municipal de Tepoztlán 2009-2012

Para la elaboración del PDM-Tepoztlán se analizó la situación actual y la problemática de los sectores productivos y de servicios en el municipio. A partir de ese diagnostico general así como de su entorno social y económico, se determinaron los objetivos, estrategias y acciones viables y posibles para su instrumentación y así alcanzar el propósito de elevar el nivel de calidad de vida municipal. En los apartados de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, así como en el de Entorno Económico se señala la insuficiencia de vías de comunicación rápidas y seguras, haciendo hincapié en que la autopista la Pera-Cuautla se satura los fines de semana y vacaciones principalmente en su tramo la Pera – Oaxtepec por operar solo dos carriles en una zona de curvas pronunciadas y propone como una acción inmediata el gestionar la modernización de esta vía.

Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tepoztlán

El municipio de Tepoztlán forma parte de la Región Centro Poniente establecida en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano. Esta región está integrada además por los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Jiutepec, Emiliano Zapata, Temixco y Xochitepec; cubre una extensión territorial de 931.670 Km². Tepoztlán representa el 18.8% del territorio estatal.

El objetivo general del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tepoztlán es el de constituirse en un instrumento normativo que permita ordenar y regular los usos y destinos del suelo, orientar la constitución de reservas territoriales e incidir en la inversión pública, promover el desarrollo urbano ordenado y sustentable de los centros de población del municipio, y preservar el entorno natural previendo el impacto de los factores externos y el crecimiento natural de la población.

Con base en lo establecido en la Ley General de Asentamientos Humanos y en la Ley de Ordenamiento Territorial y Asentamientos Humanos del estado de Morelos, el Programa Estatal de Desarrollo Urbano, así como en el Diagnóstico y Pronóstico de este Programa Municipal de Desarrollo Urbano, para el cumplimiento de sus objetivos se define una clasificación básica de aptitudes del suelo, la cual queda determinada por los siguientes componentes: Áreas urbanas, áreas aptas para uso urbano (áreas urbanizables) y áreas aptas para uso agropecuario, forestal y extractivo (áreas no urbanizables). A fin de contar con lineamientos de estrategia actualizados que permitan incidir en la regulación de los usos y destinos del suelo, dentro del Programa Municipal de Desarrollo Urbano se incluye a la localidad de Santa Catarina además de establecer lineamientos normativos generales para el resto de las localidades, con excepción de la cabecera municipal por estar considerada de manera específica en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Tepoztlán.

El municipio se comunica con el resto del estado de Morelos mediante: la autopista 115 D México-La Pera-Cuautla y la carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán. Además, en red secundaria se tiene: la carretera estatal Tepoztlán-Yautepec y las siguientes carreteras vecinales Tepoztlán–Ixcatepec-Amatlán; Santo Domingo Ocotitlán-Amatlán; Santa Catarina-San Andrés de la Cal; Tepoztlán-San Juan Tlacotenco, y San Andrés de la Cal-Santiago Tepetlapa.

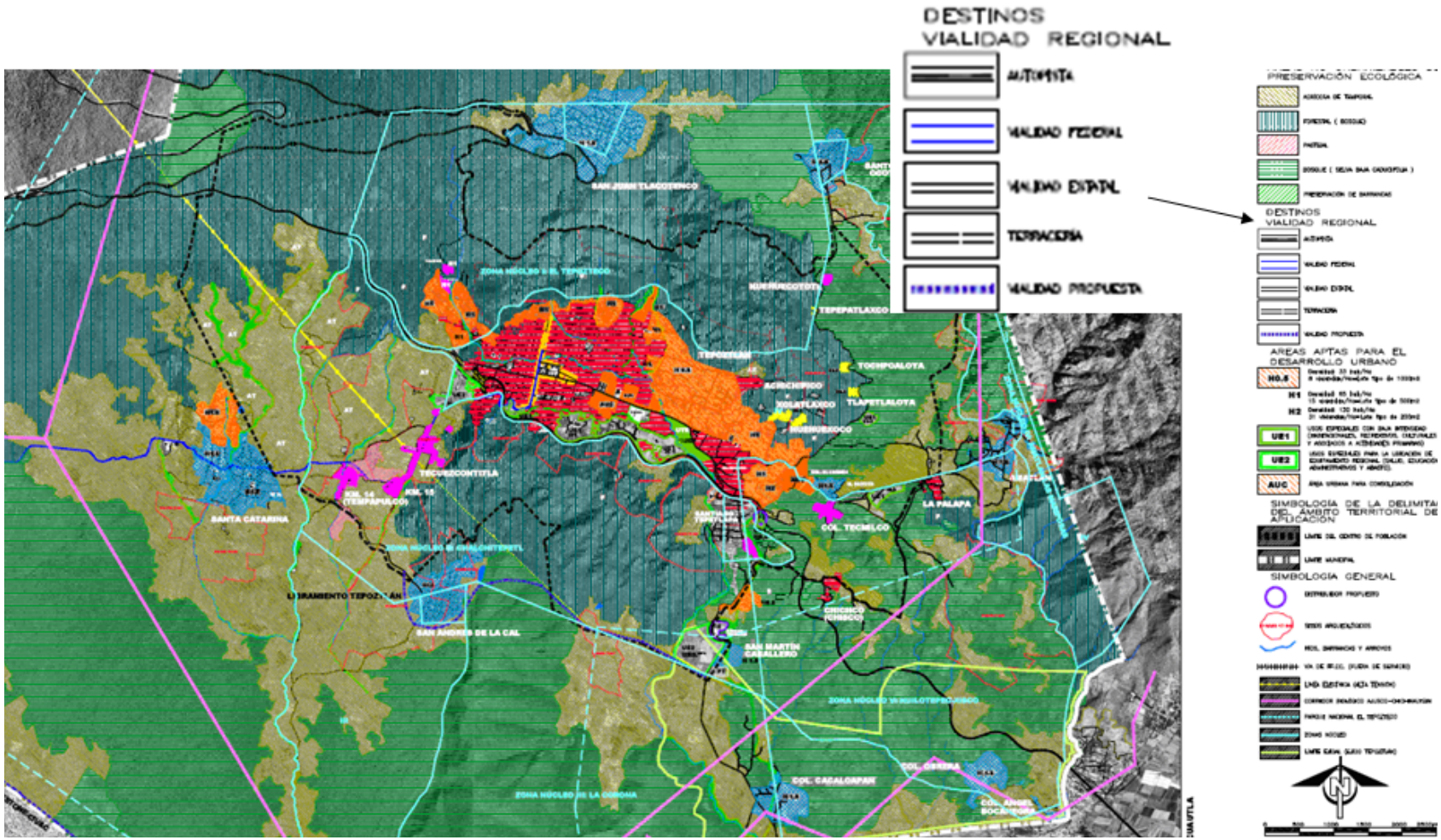


Figura III.2. Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población Municipio de Tepoztlán en relación con el trazo.

El uso de suelo de la carretera federal 115-D se considera dentro del PMDU como destino de vialidad regional. Cabe señalar que la modernización se proyecta realizar únicamente sobre el derecho de vía actual, lo que es congruente con el destino que el PMDU de Tepoztlán establece para dicha área.

Tabla III.2. Vinculación con Planes y Programas municipales.

Políticas Sectoriales	Propuesta de cumplimiento
Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012	
5.2 Entorno Económico 5.2.5 Fomento Artesanal Oportunidades: Vías de acceso al pueblo suficientes, será recomendable construir la autopista la Pera-Oaxtepec de cuatro carriles para darle mayor fluidez al tránsito vehicular sobre todo los fines de semana y puentes vacacionales.	El proyecto es congruente y da cumplimiento El proyecto es el principal acceso a la cabecera municipal para vehículos provenientes del DF y Cuernavaca. El proyecto consiste en la ampliación a cuatro carriles, por lo que da cumplimiento a lo señalado como oportunidad. La construcción de entronques facilitará la circulación vial de manera segura en beneficio de los usuarios y los vecinos de Tepoztlán. Facilitar la circulación incentivará la afluencia de visitantes al municipio, mismo que está catalogado como Pueblo Mágico, con lo que se incrementará la derrama económica a la región.
7.1.4 Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial. **7.1.4.1 Uso del suelo** Acciones**.** Impulsar la construcción de vialidades amplias y seguras, así como vías de tránsito dignas en la entrada de la cabecera municipal. **7.1.4** Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial **7.1.4.3** Comunicaciones y Transportes. Objetivo. Mejorar y eficientar las vías de comunicación del municipio, así como el transporte urbano con el propósito de coadyuvar con la comunicación rápida y segura con los principales polos de desarrollo económico como son la ciudad de Cuernavaca, Cuautla, Jiutepec, así como la Zona Metropolitana del Distrito Federal. Estrategias: Celebrar convenios de colaboración con las dependencias del Gobierno Federal, así como con las instancias del Gobierno del Estado a fin de mejorar los tramos carreteros de orden Federal y Estatal. Mantener una coordinación estrecha con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno	El proyecto es congruente y da cumplimiento El proyecto consiste en la mejora de un tramo carretero del orden federal, por lo que da cumplimiento a la estrategia señalada. La mejora consiste en incremento en dos carriles de circulación, lo que permite una agilización y mayor seguridad para el tránsito. El proyecto facilitará el acceso y mejora las condiciones de transporte a los municipios vecinos como Cuernavaca, Jiutepec y Cuautla, además del Distrito Federal. El proyecto mejorará el servicio que se presta al transporte y permitirá que ese sector disminuya sus costos y logre una operación más eficiente. Para los automovilistas, el proyecto permite una mejoría en la seguridad, pues actualmente las condiciones no permiten un rebase seguro. Esta obra se realizará con fondo federales, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Políticas Sectoriales	Propuesta de cumplimiento
del Estado, Caminos y Puentes Federales y Servicios Conexos (CAPUFE), así como con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con el propósito de sumar esfuerzos orientados a mejorar y ampliar la infraestructura carretera del Municipio. Implementar la socialización entre las comunidades y los sectores sociales del Municipio, la necesidad e importancia de ampliar y mantener la infraestructura carretera en condiciones óptimas que permitan otorgar seguridad y rapidez en el transporte de usuarios y mercancías. Acciones: Buscar alternativas de socialización con los diversos sectores sociales del Municipio, a fin de contribuir con la ampliación y mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de las carreteras, en especial el tramo Cuernavaca-Tepoztlán y la Autopista la Pera-Oaxtepec. Promover acciones de colaboración con las sociedades y organizaciones de transportistas tanto de pasajeros como de carga en general, a fin de disminuir costos de operación e incrementar el beneficio de los mismos.	

III.2 Vinculación con Programas de Ordenamiento Ecológico del territorio; Áreas Naturales Protegidas u otra zonificación prioritaria para conservación

Modelo de Ordenamiento Ecológico del estado de Morelos

El Ordenamiento Ecológico del estado de Morelos se encuentra en proceso. Debido a que aún no se ha publicado en el Diario Oficial de la Federación, no es posible consultarlo ni ha iniciado su vigencia.

El proyecto en comento incide en dos municipios del estado de Morelos: Tepoztlán y Tlayacapan. Únicamente el primero de ellos cuenta con Programa de Ordenamiento Ecológico; a continuación se analiza la vinculación del proyecto con dicho ordenamiento.

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Territorio de Tepoztlán

El Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Territorio del municipio de Tepoztlán en el estado de Morelos fue publicado en octubre de 2009 en el periódico oficial “Tierra y Libertad”. El modelo de ordenamiento está integrado por 79 Unidades de Gestión Ambiental (Figura III.3), cada una de las cuales está normada por una política general que dictará la dirección de las actividades que se realicen dentro de la misma, un lineamiento o meta y una serie de criterios ambientales, así como estrategias, acciones y programas para alcanzar la meta designada a cada unidad.

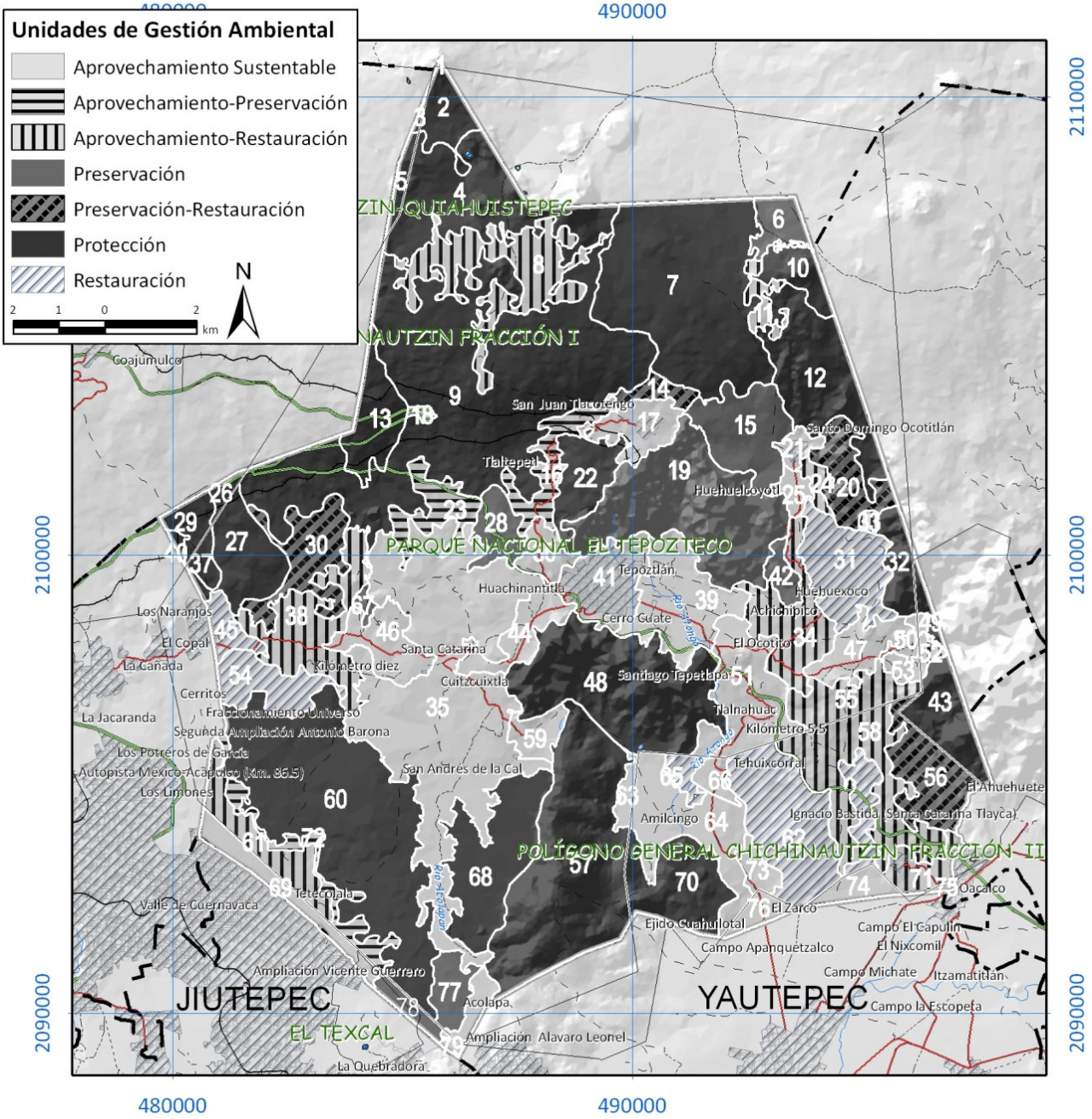


Figura III.3. Mapa del OEL – Tepoztlán, estado de Morelos.

Condición de usos de suelo establecidos por el Ordenamiento

A continuación se describen los diferentes tipos de usos de suelo atribuidos por el OEL del Territorio de Tepoztlán a cada Unidad de Gestión Ambiental, con base en la aptitud del suelo.

- *Usos predominantes*. El uso predominante representa el mayor porcentaje, son aquellos que actualmente representan el mayor porcentaje de la superficie de la UGA.
- *Usos compatibles*. Los usos compatibles implican el desarrollo de actividades que por las características de la UGA, su aptitud, uso predominante, valor ambiental, pueden desarrollarse o ya se encuentran en desarrollo sin competir entre sí y sin que exista un dominio o perjuicio de una actividad sobre otra. De igual forma son usos o actividades actuales que pueden desarrollarse simultáneamente espacial y temporalmente con el uso predominante, pero que requieren una mayor regulación en virtud de las características y diagnóstico ambiental.
- *Usos condicionados*. Son aquellos que debido a su forma de explotación del territorio no pueden desarrollarse conjuntamente con los usos compatibles sin estar sujetos a una serie de normas o condiciones para prevenir posibles conflictos o afectaciones entre sectores.
- *Usos incompatibles*. Son los usos del suelo que por sus características incompatibles con las actividades que se realizan o están permitidas en la UGA pueden ocasionar daños irreversibles al ambiente, o no pueden desarrollarse sin establecer conflictos con las actividades permitidas en el área e impiden alcanzar las metas fijadas para la UGA.

Consideraciones respecto de la condición y clasificación de usos del suelo, las características incompatibles, conflictos, metas fijadas y condición de conservación o perturbación en el derecho de vía de la carretera federal

El POEL de Tepoztlán señala que:

> Los lineamientos se refieren a las acciones tendientes a lograr las metas de condición ambiental para cada UGA, de manera que lo que se plasma en el documento **es el estado deseable de cada unidad de gestión**. A este respecto y según la explicación que se da más adelante, la modernización de la obra, no contraviene ninguno de los lineamientos de cada UGA.

Se hace hincapié en que los usos incompatibles cuando lo son es **porque pueden ocasionar daños irreversibles o no pueden desarrollarse sin establecer conflictos con actividades permitidas en el área** y su ejecución impediría alcanzar las metas (de condición ambiental) fijadas para la UGA. Al respecto, se tiene presente que el conflicto ambiental se ha definido como "*un proceso complejo de interacción que se da entre dos o más partes, en torno a una o más cuestiones relacionadas con el acceso, uso, aprovechamiento, control, deterioro o conservación de los recursos naturales o del medio ambiente que se encuentran ubicados en un territorio determinado*" (CEMDA 1999)[2]. Por consiguiente se puede establecer que, en el caso que nos ocupa, la ampliación y

67

[2] http://www.cemda.org.mx/infoarnap/instrumentos/nuevosinst1.html

modernización de la carretera existente, que se efectuará al interior de su derecho de vía[3] histórico no generará un conflicto con el acceso, uso y aprovechamiento, pues el uso del derecho de vía, desde la construcción de la carretera correspondió a "*bien del dominio público de la Federación constituido por la franja de terreno de anchura variable, cuyas dimensiones fija la Secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación carretera y sus servicios auxiliares*" según definición de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (Última Reforma DOF 04-11-2010) (Art. 2º Fracción III y Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía de las Carreteras Federales y Zonas Aaledañas Artículo 2º, Fracción III). Los terrenos se destinaron para ese fin y han tenido desde entonces la función de amortiguar la operación de la carretera y detener el uso agrícola, pecuario o urbano con el fin de garantizar la operación de la infraestructura y eventualmente su ampliación, como precisamente corresponde al presente proyecto.

Por otra parte, la condición ambiental del derecho de vía es, desde el punto de vista florístico, una zona con evidencias claras de perturbación. Se trata de un área antropizada debido a la aplicación regular de un programa de mantenimiento (para seguridad de los usuarios de la carretera) y la presión que ejercen las especies introducidas exóticas sobre las autóctonas.

En el derecho de vía los datos florísticos y faunísticos (Tabla III.4; Láminas 1 a la 86, Anexo 2 y caracterización del Capítulo IV) permiten afirmar que no se ocasionarán daños irreversibles al medio ambiente.

La ejecución del proyecto es compatible con las metas ambientales para los terrenos adyacentes a la carretera, pues las dimensiones del derecho de vía son reducidas en comparación con la superficie de las UGAs que se atraviesan y la ubicación del derecho de vía es alejada de las zonas más conservadas, por lo que los impactos ambientales derivados de la modernización y operación serían absorbidos, tal como se demostró en la comparación de escenarios ambientales, presentada en el Capítulo VII. Antes de que eso suceda, las medidas de prevención y mitigación previstas para el proyecto y que son parte integral de él, permiten evitar y reducir la magnitud, extensión y duración de los impactos.

Organización territorial y políticas que el POEL establece

El POEL señala en su pág. 36: "*El modelo de ordenamiento está integrado por una serie de Unidades de Gestión Ambiental (UGA), cada una de las cuales está normada por una política general que dictará la dirección de las actividades que se realicen dentro de la misma, un lineamiento o meta y una serie de criterios ambientales, así como estrategias, acciones y programas para alcanzar la meta designada a cada UGA.*

A. Unidades de Gestión Ambiental

Las UGAs del modelo de ordenamiento ecológico territorial se definieron con base en diferentes criterios. El primer paso para la definición de las UGA fue utilizar la regionalización ecológica con base en la geomorfología, edafología y el uso del suelo y vegetación actual

68

[3] 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.

descrita en el capítulo de caracterización. Posterior a esto sobrepusieron los límites administrativos de áreas naturales protegidas (Áreas de Protección de Flora y Fauna Silvestre Corredor Biológico Chichinautzin y Parque Nacional El Tepozteco) y de sus diferentes zonificaciones. En total se definieron 79 UGA´s cuya numeración sigue un orden general de norte a sur.

B. Políticas

De acuerdo con el artículo 20 de la LGEEPA y el artículo 22 de la LEEPAEMOR, párrafo II, a cada Unidad de Gestión Ambiental se le asignó una política ambiental: Protección, Preservación Restauración ó Aprovechamiento Sustentable, con base en lo anterior se proponen las siguientes definiciones:

1. Protección

Busca el mantenimiento de los ambientes naturales con características relevantes, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos. Se trata de proteger áreas de flora y fauna importantes dadas sus características, biodiversidad, bienes y servicios ambientales, tipo de vegetación o presencia de especies con algún status en la NOM-059-SEMARNAT-2001. Para lograr este objetivo se requiere que el aprovechamiento sea prohibido, evitando el deterioro de los ecosistemas y asegurar así su permanencia. Con la finalidad de garantizar un rédito a los dueños o poseedores de los terrenos, en estas áreas se permite, con ciertas condiciones, el uso con fines recreativos, científicos o ecológicos. Quedan prohibidas actividades productivas o asentamientos humanos no controlados.

2. Preservación

La política de preservación se aplica a aquellas áreas o elementos naturales cuyos usos actuales o propuestos no interfieren con su función ecológica relevante y donde el nivel de degradación ambiental no ha alcanzado valores significativos. Tiene como objetivo mantener la continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de elementos ecológicos y de usos productivos estratégicos. Se propone cuando, al igual que en la política de protección, un área tiene valores importantes de biodiversidad, bienes y servicios ambientales, tipo de vegetación, etc., pero se encuentra actualmente bajo algún tipo de aprovechamiento. De esta forma se intenta reorientar la actividad productiva a fin de hacer más eficiente el aprovechamiento de los recursos naturales, pero de una manera sustentable, garantizando la continuidad de los ecosistemas y reduciendo o anulando la presión sobre éstos.

3. Restauración

Es una política transitoria dirigida a zonas que por la presión de diversas actividades antropogénicas han sufrido una degradación en la estructura o función de los ecosistemas, en las cuales es necesaria la realización de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. De esta manera, una vez lograda la restauración es posible asignar otra política, de protección o de preservación. También la restauración puede ser dirigida a la recuperación de tierras que dejan de ser productivas por su deterioro o al restablecimiento de su funcionalidad para un futuro aprovechamiento sustentable.

4. Aprovechamiento sustentable

Esta política promueve la permanencia del uso actual del suelo o permite su cambio en la totalidad de unidad de gestión ambiental (UGA) donde se aplica. Se asigna a aquellas áreas que por sus características son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con elevada aptitud productiva actual o potencial ya sea para el desarrollo urbano y los sectores agrícola, pecuario, comercial e industrial. Se tiene que especificar el tipo e intensidad del aprovechamiento, ya que de ello dependen las necesidades de infraestructura, servicios y áreas de crecimiento. Por lo tanto es importante definir los usos compatibles, condicionados e incompatibles, además de especificar los criterios que regulan las actividades productivas con un enfoque de desarrollo sustentable. Es importante proponer la reorientación de la forma actual de uso y aprovechamiento de los recursos naturales que propicie la diversificación y sustentabilidad y que no impacte negativamente el medio ambiente."

A este respecto, el proyecto de modernización atraviesa 14 UGAs de las cuales tres tienen política de protección, seis de aprovechamiento; una de preservación; una de restauración; dos de aprovechamiento y preservación y una de aprovechamiento y restauración (Tabla III.3).

Tabla III.3. Localización del trazo dentro del OEL del municipio de Tepoztlán.

Km		UGA	Política
0+000	2+204	9	Protección
2+204	2+741	13	Protección
2+741	2+974	9	Protección
2+974	3+097	13	Protección
3+097	3+694	9	Protección
3+694	5+361	23	Aprovechamiento / Preservación
5+361	7+001	28	Preservación
7+001	7+065	Límite de 36 al Norte y 28 al Sur	Aprovechamiento / Preservación
7+065	7+674	Límite de 36 al Norte y 35 al Sur"	Aprovechamiento / Aprovechamiento
7+674	7+966	Límite 36 al Norte y 44 al Sur"	Aprovechamiento / Aprovechamiento
7+966	10+008	41	Aprovechamiento
10+008	12+369	39	Aprovechamiento
12+369	12+783	48	Protección
12+783	15+395	51	Aprovechamiento
15+395	17+277	Límite 58 al Norte y 62 al Sur	Aprovechamiento-Restauración / Restauración

Km		UGA	Política
17+277	17+801	58	Aprovechamiento / Restauración
17+801	18+343	62	Restauración
18+343	20+502	58	Aprovechamiento / Restauración
20+502	20+777	71	Aprovechamiento / Prevención

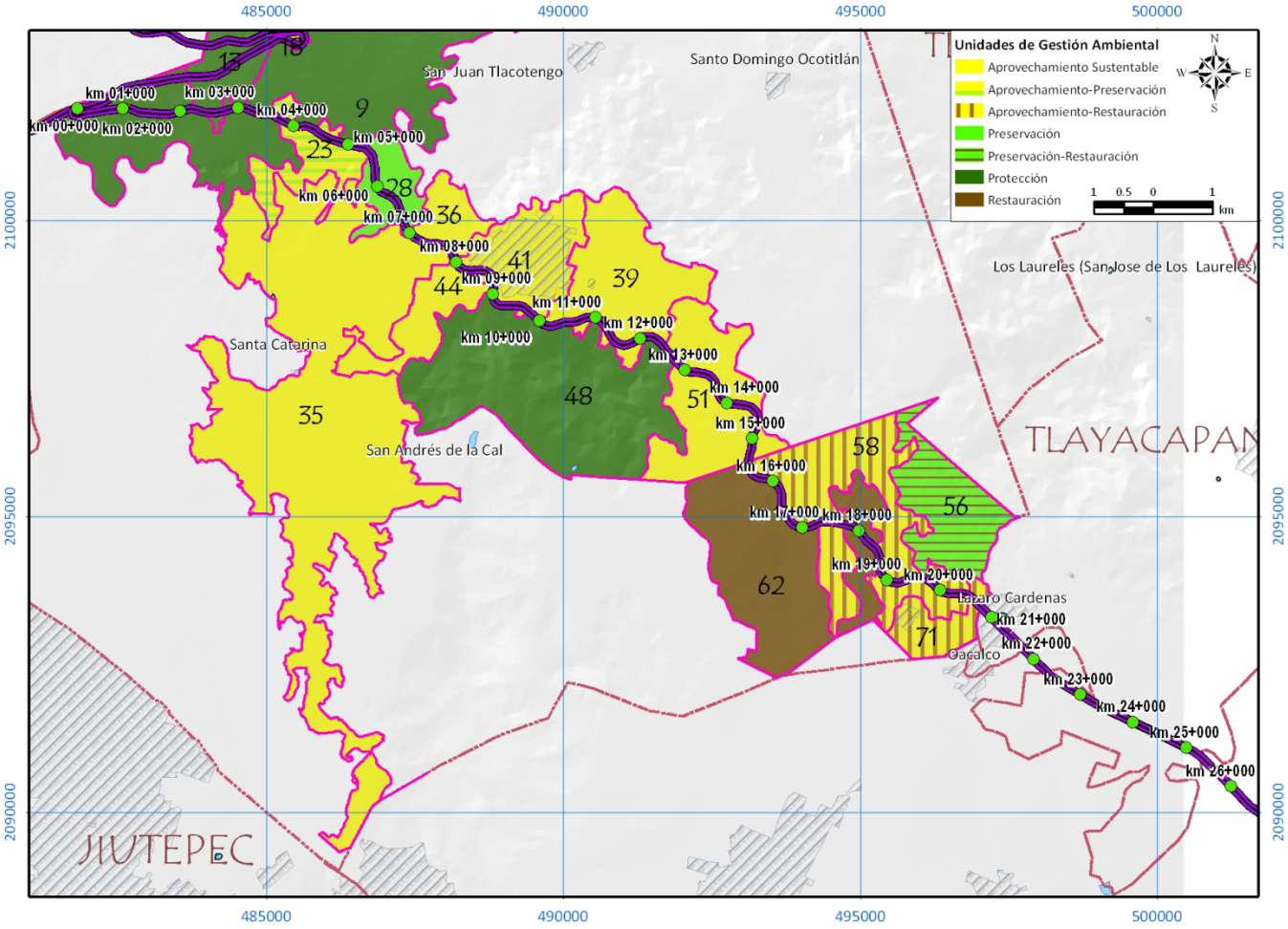


Figura III.4 Se indican las UGAs en las que incide el trazo del proyecto.

La condición del derecho de vía es perturbado y en general no forma un continuo florístico con el exterior. La discontinuidad se originó durante la construcción del cuerpo en operación, debido a que se desmontó y se sembraron especies.

En la actualidad es conspicua la jacaranda (con mayor abundancia) y el eucalipto. Esta mezcla de especies ha ocasionado la alteración y modificación de los ciclos biogeoquímicos que se dan en un bosque sin alterar, lo que es evidente en la presencia de forma recurrente

de *Bocconia arborescens* en las zonas de bosque de encino ya que normalmente es una especie secundaria de la Selva baja; lo que demuestra la fuerte irradiación que genera la carpeta asfáltica hacia la zona arbolada, que la ha favorecido en zonas donde no es su distribución más común.

En una comparación de la vegetación presente en el derecho de vía con lo que se encuentra fuera de este, se puede afirmar que no es un continuo, si se toma en cuenta los valores florísticos, de las asociaciones consideradas forestales dentro o fuera (Tabla III.4).

Tabla III.4. Evidencia en la discontinuidad florística en el derecho de vía y terrenos adyacentes

Parámetro	Asociación vegetal dentro del derecho de vía	Asociación vegetal fuera del derecho de vía
Dominancia (IVI) promedio de especies primarias	120	210
Abundancia relativa promedio de especies primarias	23.65	86.6
Dominancia promedio de especies secundarias o exóticas	180	90
Abundancia relativa promedio de especies secundarias	68.01 *Bocconia arbórea*, I*pomoea* spp y *Lysiloma spp*	13.4 Budleja spp *Ipomoea* spp*, Leucaena* spp*, Lysiloma acapulquensis* y *Salvia* spp,
Abundancia relativa promedio de especies exóticas	8.34	< 0.5
Dominancia (IVI) de especies exóticas	*Jacaranda mimosifolia* (198) *Eucaliptus sp* (102) en mezclas de autóctonas con exóticas	No se encontró en los cuadrantes (más que dos ejemplares de cedro blanco), la vegetación autóctona es dominante. Pero se reportan especies frutales escapadas del cultivo (*Prunus serotina* y *Persea americana*)
Estado del sotobosque	Coberturas máximas del 18% Sin renuevo de especies arbóreas autóctonas. Dominancia de *Rhynchelytrum repens* (exótica) y secundarias autóctonas (Asteraceae y Poaceae)	Cobertura de hasta del 80% Renuevos de especies arbóreas autóctonas Dominancia de autóctonas secundarias (Asteraceae, Poaceae y Lamiaceae).

Parámetro	Asociación vegetal dentro del derecho de vía	Asociación vegetal fuera del derecho de vía
Presencia de epífitas	4 especies (Tillandsia spp) Abundantes solo en las áreas donde la insolación es mayor como la SBC y las transiciones. Inexistentes en el bosqeu de encino.	> 10 especies (Bromeliaceae y Orchidaceae). Abundantes en bosque de encino
Presencia de parásitas	7 especies (Phoradendron spp. y Cladocolea spp.) Común en encinos y especies secundarias (18% de árboles)	4 especies (Phoradendron spp y Cladocolea spp) Común en encinos y especies secundarias de zonas perturbadas (9% de árboles)
Presencia de de especies en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010	*2 especies de flora*	*7 especies de flora*

Nota. Los valores florísticos por asociación vegetal se discuten ampliamente en el Capítulo IV

Según se presentó en la Tabla III.4 y en general en el Capítulo IV y V, son diferentes las condiciones ambientales de las asociaciones vegetales presentes en el derecho de vía si se compara con los bosques y selvas al exterior (Láminas 1 a la 86, Anexo 2). La competencia interespecifica entre las especies exóticas y nativas, así como el mantenimiento constante del derecho de vía, han evitado la continuidad y evolución de los procesos naturales y los han alterado significativamente; por la cual se afirma que en el derecho de vía de la carretera actual no se presenta condiciones ambientales especiales o necesarias de protección o conservación de manera indispensable para el logro, a través del cumplimiento de los criterios, de los lineamientos deseados para las UGA que se atraviesan por la carretera existente. Por el contrario, la presencia de especies exóticas (jacaranda, eucalipto y cedro blanco entre otras), conlleva a una competencia entre estas y las especies nativas. La competencia actúa como una fuente de perturbación y con el paso del tiempo, se incrementa la perturbación y degradación desde las asociaciones vegetales dentro del derecho de vía hacia fuera, en donde si se tienen asociaciones vegetales conservadas.

UGA´s por las que cruza el trazo, lineamiento indicador y usos de suelo

De acuerdo al Ordenamiento Ecológico Local (OEL), el trazo cruza por 14 Unidades de Gestión Ambiental (UGA´s), de las cuales 3 tienen política de protección, 6 de aprovechamiento; 1 de preservación; 1 de restauración; 2 de aprovechamiento y preservación y 1 de aprovechamiento y restauración (Tabla III.5). A continuación se detallan los lineamientos, que son las metas a alcanzar, el estado deseable de cada Unidad, los usos de suelo predominantes, compatibles, condicionados y prohibidos (por ser usos que provocan conflicto ambiental).

Tabla III.5. Unidades de Gestión Ambiental del OEL de Tepoztlán en las que se localiza el proyecto, vocación de suelo y criterios ecológicos.

UGA	Sup Ha	Política	Lineamiento indicador	Uso predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos incompatibles
9	2,390.15	Pro	Proteger 1,927 Ha de bosque mixto por su importancia para servicios ambientales y su biodiversidad.	Bosque mixto	Investigación y monitoreo	Turismo de naturaleza (sin infraestructura) UMAs (con un estudio de capacidad de carga de la zona y con un mínimo de infraestructura, únicamente en las zonas planas de la UGA, no se permite en los volcanes)	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos humanos, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo.
13	237.51	Pro	Proteger las 215 Ha de matorral rosetófilo crasicaule	Matorral rosetófilo crasicaule	Investigación y monitoreo	Turismo de naturaleza (sin infraestructura	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos humanos, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo, UMA´s
23	175.120	Apr-Pre	Preservar 108 Ha de manchones de bosque templado y fomentar el manejo de agroecosistemas	Bosque-agricultura	Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo UMAs de conservación Agricultura Agroforestería	Agroturismo Infraestructura	Asentamientos humanos, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo

UGA	Sup Ha	Política	Lineamiento indicador	Uso predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos incompatibles
28	139.94	Pre	Preservar 135 Ha de bosque (incluye bosque de pino encino, selva baja) por su importancia para servicios ambientales y biodiversidad.	Bosque mixto	Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo UMA´s de conservación Aprovechamiento de autoconsumo	Infraestructura	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos humanos, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo, Aprovechamiento Forestal maderable Aprovechamiento forestal no Maderable.
35	1,898.26	Apr	Intensificar la producción agrícola, mejorando su rendimiento y reduciendo los impactos ambientales	Agricultura,	Agricultura, Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo Ganadería Agroforestería Aprovechamiento de autoconsumo	Agroturismo Infraestructura	Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Industria, Bancos de material, Turismo convencional Asentamientos humanos
36	104.62	Apr	Frenar el desarrollo de viviendas, preservar los manchones de Bosque templado	Asentamientos humanos, Agricultura Bosque	Investigación y monitoreo UMA´s de conservación Agroturismo Agricultura Aprovechamiento de autoconsumo	Asentamientos humanos (únicamente las viviendas ya establecidas) Infraestructura	Turismo de naturaleza, Agroforestería, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo convencional

UGA	Sup Ha	Política	Lineamiento indicador	Uso predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos incompatibles
39	412.09	Apr	Desarrollar de manera sustentable el crecimiento urbano bajo un programa de desarrollo urbano que tome en cuenta criterios ecológicos	Asentamientos humanos, agricultura Bosque mixto Vegetación ripariá Pozos de extracción de agua	Investigación y monitoreo UMA´s Agricultura, Aprovechamiento de autoconsumo	Asentamientos humanos (con criterios ecológicos) Turismo convencional Infraestructura	Agroforestería, forestal maderable, Aprovechamiento Forestal no maderable Ganadería, Industria, Bancos de material,
41	281.75	Apr	Promover las actividades económicas, mitigar los impactos ambientales y mejorar la calidad de vida de la población y permitir su crecimiento con criterios ecológicos de planeación y con base en la factibilidad de dotación de servicios	Asentamientos humanos	Asentamiento humanos, Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo UMA´s de conservación Infraestructura Turismo Aprovechamiento de autoconsumo.	Agroturismo	Agricultura, Agroforestería, forestal maderable, forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material
44	179.90	Apr	Desarrollar de manera sustentable el crecimiento urbano bajo un programa de desarrollo urbano que tome en cuenta criterios ecológicos	Asentamientos humanos, agricultura	Investigación y Monitoreo de UMA´s de conservación Agroturismo Agricultura Aprovechamiento de autoconsumo	Asentamientos humanos (con criterios ecológicos) Ganadería. Infraestructura	Turismo de naturaleza, Agroforestería, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Industria, Bancos de material, Turismo.

UGA	Sup Ha	Política	Lineamiento indicador	Uso predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos incompatibles
48	902.30	Pro	Preservar las 3 Ha de Bosque templado y las 737 Ha de Selva baja y la Zona de transición entre estos ecosistemas	Zona de transición entre Selva baja caducifolia y Bosque templado con Zonas rocosas.	Investigación y monitoreo	Turismo de naturaleza (sin infraestructura) Infraestructura	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos Aprovechamiento humanos, Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo convencional UMA´s de conservación
51	410.09	Apr	Desarrollar de manera sustentable el crecimiento urbano bajo un programa de desarrollo urbano que tome en cuenta criterios ecológicos	Asentamiento s humanos	Investigación y Monitoreo de UMA´s de conservación Agroturismo Agricultura Aprovechamiento de autoconsumo Turismo convencional	Asentamientos humanos (con criterios ecológicos) Turismo de naturaleza Infraestructura	Agroforestería, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material,
58	536.70	Apr-Res	Aprovechar de manera sustentable los agroecosistemas restaurando las 78 Ha de manchones de vegetación natural conservar la Selva baja caducifolia	Agricultura y manchones de vegetación natural	Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo UMA´s de conservación Agricultura Agroforestería Agroturismo	Ganadería Asentamientos humanos (Con criterios ecológicos respetando en PDU) Infraestructura	Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Industria, Bancos de material, Turismo.

UGA	Sup Ha	Política	Lineamiento indicador	Uso predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos incompatibles
62	656.47	Res	Restaurar 559 Ha del ecosistema de Selva baja caducifolia promoviendo el manejo sustentable de la UGA	Selva baja caducifolia	Turismo de naturaleza, Investigación y monitoreo UMA´s de conservación	Infraestructura	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos humanos, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo convencional Aprovechamiento Forestal Maderable Forestal no maderable
71	119.45	Apr-Pre	Frenar el crecimiento urbano y el desarrollo de viviendas, creando una zona de amortiguamiento preservando las 104 Ha de manchones de Selva baja caducifolia para proteger el Texcal.	Selva baja caducifolia y asentamientos	Turismo de naturaleza, Investigación y Monitoreo de UMA´s de conservación	Infraestructura	Agricultura, Agroforestería, Agroturismo Asentamientos humanos, Aprovechamiento Forestal maderable, Forestal no maderable, Ganadería, Industria, Bancos de material, Turismo convencional

El proyecto se plantea llevar a cabo dentro del derecho de vía de la carretera actual, en operación. Se atraviesan 14 UGASs en las que 3 tienen política de protección, 6 de aprovechamiento; 1 de preservación; 1 de restauración; 2 de aprovechamiento y preservación y 1 de aprovechamiento y restauración (Tabla III.5). A continuación se desarrollará el análisis de vinculación del proyecto con las políticas ambientales definidas por el OEL.

En el tramo del Km 0+800 al 3+694 el proyecto se ubica en terrenos asignados a la política de **protección**. De acuerdo al OEL, esta política se asignó a los *ambientes naturales con características relevantes con el fin de asegurar su equilibrio y continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos presentes, que tengan características y valores ambientales significativos*. Es importante señalar que estas características se presentan fuera del derecho de vía. En efecto, a cien metros de la carretera en operación se pueden encontrar ambientes naturales con relativamente baja perturbación. Esto demuestra que la existencia y operación de la carretera es compatible con la política ambiental definida. Sin embargo, en el derecho de vía, como resultado de diferentes factores, entre los que se pueden destacar introducción deliberada (y accidental, en algunos casos) de especies vegetales, podas y otras actividades de mantenimiento, residuos sólidos, y presencia de fauna feral y nociva. Como resultado, en el derecho de vía se presentan ecosistemas compuestos por mezclas de especies exóticas, nocivas, sembradas, inducidas y autóctonas. De esta forma, el derecho de vía no se puede considerar propiamente un *ambiente natural con características relevantes con el fin de asegurar su equilibrio y continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos presentes, que tenga características y valores ambientales significativos*.

La condición perturbada dentro del derecho de vía genera presiones de disturbio a los terrenos forestales adyacentes, por lo que no tendría sentido argumentar a favor de la "protección" de la vegetación en el derecho de vía. La realización del proyecto propuesto (ampliación de la carretera existente dentro de su derecho de vía) será compatible con la política de protección en la medida en que se cumplan los siguientes aspectos: no realizar el desmonte fuera del derecho de vía; retirar especies arbóreas exóticas, nocivas e inducidas; retirar residuos sólidos; prevenir accidentes automovilísticos (fuente de derrames, residuos y riesgo de incendio), y construir pasos de fauna funcionales en sitios estratégicos. Estos aspectos son parte de las acciones de prevención y mitigación de impactos adversos que se definen para el proyecto (Capítulo VI). A juicio de los especialistas, las acciones son viables y su efecto aborda, previene y reduce potenciales impactos ambientales de manera específica. En comparación con la situación, en la que los factores de perturbación no son enfrentados, el escenario con proyecto (del cual las medidas de mitigación forman parte integral) es favorable a la conservación ambiental, congruente y positivo para el cumplimiento de la política ambiental de protección.

En el tramo del Km 5+361 al 7+001 el proyecto se ubica en terrenos asignados a la política de preservación. Ésta, de acuerdo al OEL, tiene como objetivo "*mantener la continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de elementos ecológicos y de usos productivos estratégicos. Se propone cuando, al igual que en la política de protección, un área tiene valores importantes de biodiversidad, bienes y servicios ambientales, tipo de vegetación, etc., pero se encuentra actualmente bajo algún tipo de aprovechamiento*". En el tramo en comento, no ocurre de manera directa un aprovechamiento de los elementos ecológicos, pero los factores de disturbio son de tal intensidad que el grado de deterioro es considerable, como se demuestra en la Tabla III.4, al comparar la condición del ecosistema dentro y fuera del derecho de vía.

Tomando en cuenta la condición de los ecosistemas y la presión de degradación que genera el derecho de vía sobre los ecosistemas forestales adyacentes, se puede afirmar que la ejecución del proyecto (en el que se integran las medidas de prevención y mitigación de impactos adversos) es compatible con el cumplimiento de la política de preservación prevista en el OEL y ejercerá una influencia favorable en la condición del ambiente natural así como el transporte y, mediante él, para el desarrollo y productividad de las actividades comerciales y turísticas.

La política de aprovechamiento sustentable (tramos del 3+694 al 5+361, 7+001 al 12+369, 12+783 al 20+777) "*promueve la permanencia del uso actual del suelo o permite su cambio en la totalidad de unidad de gestión ambiental (UGA) donde se aplica. Se asigna a aquellas áreas que por sus características son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente*". El proyecto es congruente con esta política pues el uso actual donde se realizará la modernización es el derecho de vía y el uso propuesto lo seguirá siendo. Es una obra que aprovecha el terreno que ocupará de una manera eficiente y socialmente útil. Los potenciales impactos adversos fueron identificados y evaluados (Capítulo V de este documento). Para aquellos que se consideran relevantes, en cumplimiento del inciso IX del artículo 3° del Reglamento de la MGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental se definieron programas de acciones y medidas para su prevención, mitigación y compensación, en cumplimiento de lo establecido por el Artículo 13. De esta manera, se determinó que el proyecto no provocará impactos residuales adversos significativos (Sección VI.2 en el Capítulo VI).

Por último, la política de restauración (tramos del Km 15+395 al 20+502) es definida en el OEL como una política "*transitoria dirigida a zonas que por la presión de diversas actividades antropogénicas han sufrido una degradación en la estructura o función de los ecosistemas, en las cuales es necesaria la realización de un conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales*". A este respecto, es preciso considerar que la operación de la carretera actual implica la continuación de la presión sobre los ecosistemas. La ejecución del proyecto que se propone implica la realización de acciones como el programa de protección y conservación de fauna silvestre, la construcción y operación de pasos de fauna[4], el programa de rescate y conservación de vegetación y las acciones de restauración ambiental en El Texcal. En su conjunto, las medidas permiten la prevención, mitigación y remediación de impactos ambientales y configuran un escenario ambiental más favorable que el actual al cumplimiento de la política de restauración. Estos aspectos se desarrollan con amplitud en los Capítulo V, VI y VII de la presente manifestación de impacto ambiental.

Entonces, debido a que las asociaciones vegetales dentro del derecho de vía presentan una fuerte perturbación debido a la injerencia continua del hombre mediante la operación de la vía y su mantenimiento y la competencia que se ha creado de las especies exóticas introducidas sobre las autóctonas, dicha perturbación imperante se hace evidente cuando se compara con los ecosistemas que se desarrollan fuera del D.V. (Tabla III.4). En este entendido es claro que las áreas a las que se refiere el POEL, por las características ambientales y sus procesos, no corresponden a las condiciones ambientales dentro del derecho de vía, de modo que la aplicación de los criterios que establecen las políticas de

[4] En la actualidad, la carretera carece de pasos de fauna, lo que ocasiona un efecto barrera y configura una situación de riesgo de atropellamiento y mortalidad de la fauna silvestre que dificulta el intercambio genético para poblaciones de especies de amplio desplazamiento.

protección y preservación, contribuiría a la degradación de dichas zonas porque implicaría la continuidad de los procesos de disturbio ecológico que resultan de la presencia de las especies exóticas y nocivas.

A partir de lo señalado en los párrafos anteriores, las asociaciones vegetales dentro del derecho de vía presentan evidencias de deterioro, en comparación con las condiciones de los ecosistemas fueran del D.V. (Tabla III.4). De esta manera, en las áreas para las que se establecen las políticas de protección y preservación, se presentan y permanecen procesos de degradación que resultan en la presencia de las especies exóticas y nocivas. La realización del proyecto implica el retiro de esas especies en el derecho de vía y, como se demuestra en el Capítulo VI, no generará impactos adversos residuales relevantes, por lo que no se provocarán daños irreversibles al ambiente y tampoco se crearán conflictos con las actividades permitidas en el área. Por el contrario, la modernización de la vía existente en su derecho de vía es compatible con la operación actual y la mejorará sin crear conflictos de índole ambiental, ni de uso (ya que toda la ampliación es dentro del derecho de vía).

El objetivo de ese derecho de vía desde la construcción del trazo actual fue el tener la capacidad de ampliar la carretera para potenciar su funcionalidad en el futuro. Ese tiempo futuro corresponde a nuestro presente, como fácilmente se comprueba tratando de circular de la caseta de Oacalco hacia la de Tepoztlán durante la mañana de cualquier día, sea fin de semana o entre semana. El presente proyecto permitirá incrementar a dos carriles la circulación en cada sentido, lo cual cumplirá con eficacia y seguridad el objetivo de agilizar el transporte en el trayecto La Pera - Cuautla.

Por otro lado, la implementación de las medidas de prevención, mitigación y remediación señaladas en el Capítulo VI de este documento permitirán evitar y disminuir la magnitud, duración y/o extensión de los potenciales impactos adversos. De esta manera, el proyecto se articula con las acciones de conservación ambiental que se llevan a cabo para el logro de los lineamientos que el ordenamiento pretende para las UGA por las que el proyecto cruza (Tabla II.5). En esta línea de ideas se concluye que el proyecto es congruente con los objetivos planteados por el POEL del municipio de Tepoztlán.

Análisis de vinculación con los criterios del OEL del territorio de Tepoztlán

En su página 39, el OEL señala en el inciso F que los criterios "*Se refieren a una serie de normas, reglas o recomendaciones para poder realizar las diferentes actividades o usos compatibles, y establecen las condiciones* ***para ciertos usos*** *que necesitan tener limitaciones para no generar conflictos ambientales.* ***Para el mejor manejo de los criterios, estos se agruparon por actividad****, es decir,* ***cada uso potencial en el estado tiene su grupo de criterios en la referencia****. Se pueden observar los grupos y los criterios por uso potencial*".

En seguimiento a lo indicado, es evidente que actividad preponderante (y única autorizada, de acuerdo a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y al Reglamento (fracción IV, artículo 2º) para el aprovechamiento del derecho de vía de las carreteras federales y zonas aledañas[5]; es la construcción, conservación o ampliación de infraestructura carretera. Por consiguiente, se analizará la vinculación del proyecto bajo el

81

[5] Derecho de Vía: bien del dominio público de la Federación constituido por la franja de terreno de anchura variable, cuyas dimensiones fija la Secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación carretera y sus servicios auxiliares

criterio de *Infraestructura*, pues es este el que corresponde al uso potencial y actividad preponderante. Este paso es lógico, pues no tendría sentido examinar si el proyecto se vincula con criterios para la Agricultura, por ejemplo, toda vez que el proyecto no contempla realizar ese tipo de actividades, ni corresponde la agricultura a una actividad preponderante ni potencial en el derecho de vía, pues no es permitida ni practicada.

Uso: **IN** **(Infraestructura)**

Criterio único: **IN1**

Enunciado: Las obras de infraestructura que se instalen en el municipio deberán someterse a una evaluación en materia de impacto ambiental.

Aplicación territorial: Las 14 UGAs que el proyecto atraviesa, pues el criterio corresponde al uso que se pretende desarrollar en el derecho de vía.

Vinculación: El proyecto **no contraviene** este criterio. Con el fin de dar cumplimiento al criterio así como a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se ha elaborado la presente Manifestación de Impacto Ambiental, en modalidad Regional. De esta forma, en cumplimiento de los artículos 28 de la LGEEPA y 9 y 10 de su reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como al criterio IN1, se ingresará esta Manifestación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Zonas Sujetas a Conservación Ecológica

Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas de un territorio que han quedado sujetas al régimen de protección para preservar ambientes naturales, salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, lograr el aprovechamiento sustentable de los bienes y servicios brindados por los ecosistemas y mejorar la calidad de vida en los centros de población y sus alrededores. Morelos cuenta con 10 ANP de carácter estatal y federal.

El proyecto incide en 2 ANP´s de carácter federal, El Parque Nacional “El Tepozteco” del Km 0+800 al 15+400 y el Corredor Biológico Chichinautzin del Km 15+400 al 20+700. El corredor biológico cuenta con decreto, pero no con programa de manejo. La ubicación del proyecto es fuera de las zonas núcleo, dentro del área de amortiguamiento (Figura III.7).

Parque Nacional Tepozteco

Emitido por decreto del 22 de enero de 1937, el Parque Nacional se ubica en el municipio de Tepoztlán y en la delegación de Milpa Alta del Distrito Federal. Sus coordenadas extremas son 18°53’20" y 19°03’30"N; 99°02’00" y 99°12’55"W. Ocupa una superficie total de alrededor de 24,000 Ha, de las cuales sólo 200 Ha (0.8%) corresponden al DF. De acuerdo a la SEMARNAT la tenencia de la tierra en la reserva es en un 80% ejidal y comunal, mientras que del 20% restante, el 15% es privado y el 5% es federal. El Tepozteco forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

Programa de Manejo

A la fecha de realización de la presente MIA-R, se contaba con el Acuerdo por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional El Tepozteco, publicado en el D.O.F. el 9 de mayo de 2011. De acuerdo a los lineamentos que establece este documento se realizará el análisis de vinculación con el proyecto en comento, el cual ingresa al territorio del Parque Nacional en su tramo del Km 0+800 al Km 15+400.

Objetivos del parque

El objetivo general del Programa es constituir el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del Parque Nacional El Tepozteco. A continuación, se referirá la vinculación del proyecto con respecto de cada uno de los objetivos específicos del Parque Nacional.

1) Protección: Mejorar el ambiente y controlar su deterioro a través de acciones encaminadas a prevenir y combatir los factores que inciden en el deterioro de los recursos naturales;

En la escala micro y local, la condición ambiental dentro del derecho de vía de la carretera existente es degradado, corresponde a una zona con evidencias claras de perturbación. Se trata de un área antropizada debido a la introducción de especies exóticas, la aplicación regular de un programa de mantenimiento (para seguridad de los usuarios de la carretera) y la presencia de residuos sólidos. La competencia interespecifica entre las especies exóticas y nativas así como el mantenimiento constante del derecho de vía han evitado la continuidad y evolución de los procesos naturales y los han alterado significativamente; por la cual se afirma que en el derecho de vía de la carretera actual no se presenta condiciones ambientales especiales o necesarias para el logro, del objetivo específico de protección. Por el contrario, la competencia entre especies exóticas (jacaranda, eucalipto y cedro blanco entre otras) ocasiona una competencia con las especies nativas, la competencia actúa como una fuente de perturbación y con el paso del tiempo, se incrementa la perturbación y degradación desde las asociaciones vegetales dentro del derecho de vía hacia fuera, en donde si se tienen asociaciones vegetales conservadas.

La condición perturbada dentro del derecho de vía genera presiones de disturbio a los terrenos forestales adyacentes. La realización del proyecto propuesto (ampliación de la carretera existente dentro de su derecho de vía) será compatible con el objetivo específico de protección en la medida en que se cumplan los siguientes aspectos: no realizar el desmonte fuera del derecho de vía; retirar especies arbóreas exóticas, nocivas e inducidas; retirar residuos sólidos; prevenir accidentes automovilísticos (fuente de derrames, residuos y riesgo de incendio), y construir pasos de fauna funcionales en sitios estratégicos. Estos aspectos son parte de las acciones de prevención y mitigación de impactos adversos que se definen para el proyecto (Capítulo VI). A juicio de los especialistas, las acciones son viables y su efecto aborda, previene y reduce potenciales impactos ambientales de manera específica. En comparación con la situación, en la que los factores de perturbación no son enfrentados, el escenario con proyecto (del cual las medidas de mitigación forman parte integral) es favorable prevenir los recursos naturales y combatir los factores que inciden en el deterioro de los recursos, entonces es congruente y positivo para el cumplimiento del objetivo específico de protección que plantea el programa.

Debe destacarse que entre las Medidas de mitigación (Capítulo VI) se planteó un programa de restauración de 1,250 Ha dentro del polígono de la reserva ecológica El Texcal, que incluirá la protección ante la erosión, mediante la recuperación de suelos y reforestación; las cuales son acciones encaminadas a prevenir y combatir los factores que inciden en el deterioro de los recursos naturales.

De esta forma, a escala regional, el proyecto de modernización es congruente con el objetivo de protección del Parque Nacional porque se previenen y reducen impactos ambientales adversos, se reduce la presión de perturbación en terrenos adyacentes al derecho de vía de la carretera existente, se implementan acciones que protegerán a la fauna silvestre y su capacidad de desplazamiento y se llevará a cabo un programa de reforestación y restauración ambiental en una superficie importante, que excede en más de 1000 Ha la superficie del derecho de vía.

2) Manejo: Consolidar el desarrollo sustentable del Parque a través de estrategias y programas que determinen las actividades y acciones de conservación, protección, investigación, uso sustentable, producción de bienes y servicios, restauración, capacitación, educación y recreación.

El proyecto, si bien no se refiere directamente a los procesos de manejo del Parque Nacional, si contempla llevar a cabo medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales (MM6, Capítulo VI) que son acciones que contribuyen a la generación de conocimiento biológico en el área del derecho de vía y terrenos adyacentes, permiten la protección y restauración mediante el retiro de especies exóticas en el derecho de vía y contemplan acciones de restauración de 1,250 Ha en el Parque Nacional, específicamente en la reserva ecológica del Texcal. Dichas acciones implican esfuerzos de investigación orientados a la restauración, conservación y protección; así como los demás fines que las autoridades del Parque y la CONANP decidan.

De esta forma, el proyecto en comento se considera un factor positivo a la consolidación del desarrollo sustentable del parque, pues la realización del proyecto permite ampliar la capacidad actual para el transporte ágil y seguro de personas y bienes, pero además, el balance ambiental del proyecto con las medidas de prevención y mitigación es mejor que la situación actual, con la presencia de especies exóticas, el efecto barrera para la fauna silvestre y el peligro de su atropellamiento. Este último aspecto se corrige mediante la modificación de obras menores de drenaje que permitirán y favorecerán el desplazamiento de la fauna silvestre de manera segura bajo la carretera.

3) Restauración: Recuperar y restablecer las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

A este respecto, el proyecto contempla la realización de acciones de restauración ambiental en una superficie de 1,250 Ha en la subzona El Texcal. En ese sitio han ocurrido procesos de deterioro, pero podrá ser exitoso un programa de restauración integral, que contemple la recuperación del suelo, prevención de la erosión mediante obras de conservación de suelos y reforestación, de acuerdo a programas y estudios prospectivos. De esta forma, este componente del proyecto propiciará la evolución y continuidad de los procesos naturales.

4) Conocimiento: Incrementar el conocimiento del sistema ecológico involucrado en el Parque Nacional y de su interacción con la región, a través de la cooperación y participación intersectorial, implementando líneas estratégicas de investigación básica y aplicada.

Como parte de esta evaluación de impacto ambiental se realizó una revisión bibliográfica, cartográfica y de campo para caracterizar ambiental un área de 11,776.40 Ha. En el Capítulo IV de este documento se presenta dicha caracterización y el diagnóstico ambiental regional. Para la caracterización se presenta un grado de detalle como la caracterización climática a escala 1:20,000, caracterización edáfica con volúmenes de erosión localizados y diferenciados a la misma escala; la infiltración y escurrimiento en m^3 por región a la misma escala; la caracterización botánica realizada mediante censo de 125 Ha y cuadrantes a lo largo de todo el SAR, que abarcan nueve asociaciones vegetales forestales que se ubican al interior del Parque (pero fuera del derecho de vía) en la que se presentan listados floristicos e indicadores de estado como suma de IVI de especies primarias, dominancias, densidad, cobertura entre otros. Para lo correspondiente a fauna se elaboraron mapas de presencia y ausencia dentro del SAR (Anexo 7b), se presentan resultados de un monitoreo de la afectación a las poblaciones faunísticas debido al efecto barrera y atropellamiento (Capítulo V) con el fin de que con las MM3 y MM5 (Capítulo VI) se reduzca dicha afectación actual; así mismo se detalla la composición de la comunidad faunística por uso de suelo y vegetación. Estos estudios y su análisis aportan al conocimiento del sistema ecológico involucrado en el Parque Nacional y de su interacción con la región. La caracterización del SAR se hizo implementando lineas estraégicas de investigación básica y aplicada tal como se demuestra en la descripción de metodologías presentadas en el Anexo 5 y la presentación de resultados presentados en el Capítulo IV. De esta manera, la realización de esta MIA en modalidad regional es un aporte al conocimiento científico y técnico para el Parque Nacional.

5) Cultura: Promover la cultura de la conservación y modificar las concepciones y percepciones de los visitantes y de las comunidades sobre la manera de relacionarse con recursos naturales y el ambiente, a través de la educación ambiental, difusión, capacitación y el fomento de la participación ciudadana.

En el proyecto, como parte de la medida de mitigación 1 se realizarán sesiones de capacitación a los trabajadores, se les expondrá una serie de restricciones y sus razones para evitar afectar el medio ambiente en los alrededores del derecho de vía y dentro de él.

Como parte de la MM6 se invitará a las autoridades y población en general a participar en las obras de restauración del Texcal y se organizarán sesiones públicas y actividades de educación ambiental para que la comunidad entienda la manera de relacionarse con los recursos naturales y participar en las acciones de reforestación y restauración.

Con ambas medidas el proyecto cumple con el objetivo de promover la cultura de conservación mediante la educación ambiental y el fomento de la participación

ciudadana y de los trabajadores; con lo que es congruente con el objetivo específico de cultura.

6) Gestión: Consolidar una administración operativa y organizada que garantice la operación e instrumentación del Programa de Manejo, así como la coordinación con los sectores público, social y privado mediante un sistema administrativo, práctico, funcional y eficaz.

Durante la elaboración de esta Manifestación de impacto ambiental se sostuvieron encuentros con autoridades de los tres niveles de gobierno así como ejidatarios y grupos de ciudadanos con el fin de dar a conocer la naturaleza y características del proyecto así como exponer la caracterización y diagnóstico ambiental regional, la identificación y descripción de impactos y medidas de prevención y mitigación. De esta forma, la elaboración de esta manifestación constituye un aporte a la comunicación entre los sectores público, social y privado que es congruente con el objetivo de desarrollar una administración operativa para la gestión del Parque Nacional. Como resultado de las sesiones de trabajo se logró determinar que la ampliación de la carretera existente dentro de su derecho de vía es una acción que la comunidad considera una acción importante para el mejoramiento de la seguridad en el transporte y que puede tener un efecto favorable a la inversión productiva y los empleos en el sector terciario. En específico, la modernización del entronque y la construcción de un segundo entronque a desnivel constituye una mejora drástica en transporte y seguridad para los habitantes de Tepoztlán.

Las preocupaciones ambientales que se señalaron en dichas sesiones fueron la compensación por el retiro de elementos arbóreos, las acciones previstas para protección de la fauna y de su desplazamiento, las oportunidades de empleos durante la fase de construcción y la adquisición de plantas de viveros locales. Estos temas fueron incorporados a las medidas de mitigación que se definen en el Capítulo VI.

Subzonificación del Parque

El programa señala, de conformidad con el artículo 3 fracción XXXVII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la zonificación y subzonificación del Parque Nacional. La zonificación permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, el uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la declaratoria correspondiente. La subzonificación consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación que se establece en el presente programa de manejo y que será utilizado en el manejo del Parque con el fin de ordenar detalladamente la superficie que comprende.

Para la subzonificación se tomaron en cuenta los factores biológicos, como ecosistemas, comunidades vegetales, grado de conservación y la distribución de especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. De igual manera se consideró la tenencia de la tierra, los asentamientos humanos existentes previamente a la declaratoria del Parque Nacional, las actividades turísticas y recreativas, así como las actividades productivas de sus habitantes y los usos tradicionales del suelo.

Al respecto se señala que la tenencia de la tierra actual donde se pretende hacer la modernización es el derecho de vía de la carretera existente[6] por lo que al considerar la tenencia de la tierra y su fin, se puede afirmar que no generará un conflicto con el acceso, uso y aprovechamiento, pues el uso del derecho de vía, desde la construcción de la carretera correspondió a "*bien del dominio público de la Federación constituido por la franja de terreno de anchura variable, cuyas dimensiones fija la Secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación carretera y sus servicios auxiliares*" según definición de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal (Última Reforma DOF 04-11-2010) (Art. 2º Fracción III y Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía de las Carreteras Federales y Zonas Aaledañas Artículo 2º, Fracción III). Los terrenos se destinaron para ese fin y han tenido desde entonces la función de amortiguar la operación de la carretera y detener el uso agrícola, pecuario o urbano con el fin de garantizar la operación de la infraestructura y eventualmente su ampliación, como precisamente corresponde al presente proyecto.

Por otra parte, la condición ambiental del derecho de vía es, desde el punto de vista florístico, una zona con evidencias claras de perturbación. Se trata de un área antropizada debido a la aplicación regular de un programa de mantenimiento (para seguridad de los usuarios de la carretera) y la presión que ejercen las especies introducidas exóticas sobre las autóctonas., por lo que su grado de conservación es pobre, tal como se demostró en la comparativa entre las asociaciones vegetales fuera y dentro del DV (Tabla III.4)

La ejecución del proyecto es compatible con las metas ambientales para los terrenos adyacentes a la carretera, pues las dimensiones del derecho de vía son reducidas en comparación con la superficie de las políticas del Parque Nacional El Tepozteco y sus parajes que se atraviesan y la ubicación del derecho de vía es alejada de las zonas más conservadas, por lo que los impactos ambientales derivados de la modernización y operación serían absorbidos, tal como se demostró en la comparación de escenarios ambientales, presentada en el Capítulo VII. Antes de que eso suceda, las medidas de prevención y mitigación previstas para el proyecto y que son parte integral de él, permiten evitar y reducir la magnitud, extensión y duración de los impactos.

Subzonas y políticas de manejo

La delimitación de subzonas de manejo se convierte en un instrumento fundamental que permite planear y programar el desarrollo socioeconómico congruente con la vocación natural del suelo, el uso sustentable de los recursos naturales y la protección de la calidad ambiental del territorio.

El Parque Nacional es una de las áreas naturales protegidas que integran el Corredor Biológico Chichinautzin. Este Parque Nacional abarca principalmente el municipio de Tepoztlán, en donde la concentración de habitantes ha generado un constante crecimiento urbano dentro de los seis principales poblados que lo conforman, llegando a casi 40,000 habitantes, razón por la cual se determinaron diversas subzonas que permiten combinar el

87

[6] 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.

binomio conservación y desarrollo sustentable, así como permear estas propuestas en los diferentes instrumentos de planeación que existen a nivel local.

Para el Parque Nacional El Tepozteco, se establecen las siguientes subzonas: Preservación, Uso tradicional, Asentamientos humanos, Recuperación y subzona de Preservación, constituida por dos polígonos denominados: Tenexcalli y Barriga de Plata (con superficie total de 12,958.1 Ha), que contienen ecosistemas relevantes y frágiles en buen estado de conservación, en las que el desarrollo de actividades requiere de un manejo específico para lograr su adecuada preservación.

El proyecto en comento incide en subzonas de Preservación, Uso Tradicional y Asentamientos Humanos (Figura III.5).

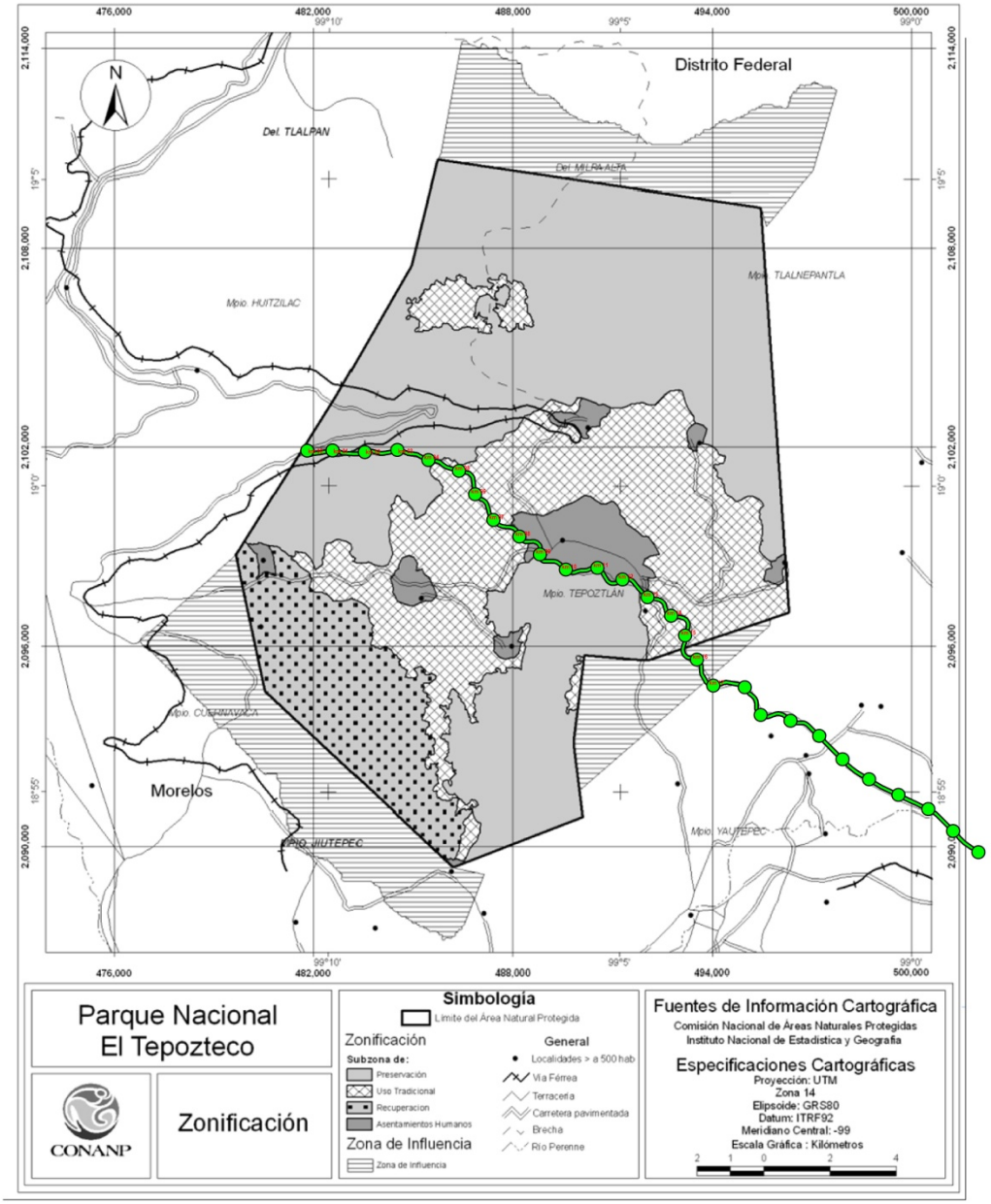


Figura III.5. Plano de localización y subzonificación del Parque Nacional El Tepozteco en relación con el proyecto

A continuación se hace la vinculación con cada una de las políticas son definidas en el programa de ordenamiento.

Subzona de preservación (Km 0+800 al 4+250)

La subzona se constituye por dos polígonos denominados: Tenexcalli y Barriga de Plata, con superficie total de 12,958.1 Ha, **que contienen ecosistemas relevantes y frágiles en buen**

estado de conservación, en las que el desarrollo de actividades requiere de un manejo específico, para lograr su adecuada preservación.

A este respecto, es preciso señalar que en el tramo correspondiente al derecho de vía se presenta una composición de las comunidades vegetales consistentes en la mezcla de especies nativas con exóticas y nocivas. La composición refleja disturbios que se ocasionaron hace décadas y continúan presentes, por lo que se genera presión sobre los bosques y selvas fuera del derecho de vía (Láminas 1 a la 86, Anexo 2). Por la presencia de las especies exóticas se crean condiciones de competencia interespecífica. Como resultado, en el derecho de vía de la carretera actual no se presentan ecosistemas relevantes y frágiles. Por el contrario, la condición perturbada dentro del derecho de vía genera presiones de disturbio a los terrenos forestales adyacentes. La "preservación" de la vegetación existente en el derecho de vía no sería un factor de conservación, sino lo contrario.

Por lo anterior, la realización del proyecto propuesto (ampliación de la carretera existente dentro de su derecho de vía) es favorable a la subzona de preservación en la medida en que se cumplan los siguientes aspectos: no realizar el desmonte fuera del derecho de vía; retirar especies arbóreas exóticas, nocivas e inducidas; retirar residuos sólidos; prevenir accidentes automovilísticos (fuente de derrames, residuos y riesgo de incendio), y construir pasos de fauna funcionales en sitios estratégicos. Estos aspectos son parte de las acciones de prevención y mitigación de impactos adversos que se definen para el proyecto (Capítulo VI). A juicio de los especialistas, las acciones son viables y su efecto aborda, previene y reduce potenciales impactos ambientales de manera específica. En comparación con la situación, en la que los factores de perturbación no son enfrentados, **el escenario con proyecto** (del cual las medidas de mitigación forman parte integral) **es favorable a la preservación ambiental, congruente y positivo para el cumplimiento de los objetivos de la subzona de preservación**, ya que como se indicó no afectará ecosistemas frágiles ni relevantes.

De esta forma, en la Tabla III.6 se examinará la vinculación específica con la lista de actividades que se definen para la subzona de preservación.

Tabla III.6. Actividades permitidas y no permitidas en la subzona de preservación

No permitidas	Vinculación
1. Alimentar, tocar o hacer ruidos intensos que alteren el comportamiento natural de los ejemplares de la vida silvestre	1. Como parte de las Medidas de Mitigación se instrumentará la MM1, que señala los lineamientos y restricciones al personal para la protección de la fauna, vegetación y el medio ambiental. De manera específica se prohibe dañar o lastimar plantas o especímenes de fauna silvestre.
2. Aprovechamiento de vida silvestre con fines comerciales	2. No se realizará aprovechamiento de vida silvestre con fines comerciales.
3. Aprovechamiento forestal, salvo para uso doméstico	3. El proyecto no contempla realizar ni llevará a cabo el aprovechamiento forestal. Se realizará el retiro de los elementos necesarios para la modernización de la carretera existente. El retiro de especies exóticas disminuirá la competencia interespecífica que éstas realizan a las nativas, lo que tendrá un efecto favorable para los bosques adyacentes al derecho de vía.
4. Cacería	4. Como parte de las restricciones señaladas en la MM1 se prohíbe la cacería o cualquier otra acción que afecte la fauna silvestre.

No permitidas	Vinculación
5. Ciclismo de montaña	5. Las actividades del proyecto no consideran el ciclismo de montaña.
6. Construcción de infraestructura	6. El proyecto consiste en la modernización de una vialidad en operación y todas las obras se realizarán dentro de su derecho de vía histórico. No se requiere la construcción de infraestructrura de apoyo en este tramo, tal como se señaló en el Capítulo II.
7. Despeje y aterrizaje de vehículos recreativos aéreos	7. No se utilizarán vehículos recreativos en ninguna fase del proyecto.
8. Destruir, por cualquier medio o acción los sitios de anidación y reproducción de especies silvestres	8. No se destruirán sitios de anidación o reproducción. Con el fin de proteger la fauna se llevará a cabo la MM3 (Capítulo VI) en la que se establece el Programa de Protección, Conservación y Rescate de Fauna Silvestre. Entre otros aspectos, se considera evitar los trabajos durante la etapa reproductiva, se verificará en campo que los nidos y madrigueras no se encuentren ocupados.
9. Hacer un uso inadecuado o irresponsable del fuego	9. En la MM1 se estipula claramente que por ningún motivo se deberá hacer uso de fuego.
10. Interrumpir, desviar, rellenar o desecar flujos hidráulicos o cuerpos naturales de agua	10 No se interrumpirán, desviarán, rellenarán o desecarán flujos hidráulicos o cuerpos naturales de agua. Se implementará la MM4 (Programa de conservación y restauración de suelos) para prevenir la afectación de estas zonas.
11. Introducir ejemplares o poblaciones silvestres exóticas	11. No se introducirán ejemplares o poblaciones exóticas. La MM6 establece que el programa de restauración y reforestación se realizará únicamente con especies vegetales nativas.
12. Motociclismo extremo (enduro y cuatrimotor) 13. Paseos a caballo 14. Turismo y turismo de bajo impacto ambiental	12, 13 y 14. El proyecto no corresponde a actividades de esa naturaleza. De acuerdo a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y al Reglamento para el aprovechamiento del derecho de vía de las carreteras federales y zonas aledañas el derecho de vía se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación carretera y sus servicios auxiliares, por lo que no se realizará ni promoverá el motociclismo extremo, ni paseos a caballo ni actividades turísticas en el derecho de vía.
15. Usar altavoces, radios o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones u organismos de las especies silvestres o que impida el disfrute por los visitantes;	15. No se utilizarán altavoces, radios o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones u organismos de las especies silvestres.
16. Utilizar lámparas o cualquier otra fuente de luz artificial, para la observación de especies de fauna, salvo para las actividades científicas que así lo requieran	16. Los trabajos relacionados con la modernización se realizarán en horario diurno, no requerirá del uso de fuentes lumínicas.
17. Venta de alimentos y artesanías.	17. No se realizará venta de alimentos. La MM1 señala que los trabajadores consumirán alimentos que no requieran el uso de fuego, y

No permitidas	Vinculación
	que los residuos que generen sean confinados a un bote con tapa que será retirado diariamente.
18. Verter, confinar o descargar desechos o cualquier otro tipo de material y sustancia nocivo en el suelo, subsuelo y en cualquier cauce, vaso o acuífero, o que pueda ocasionar alguna alteración en los ecosistemas.	18. Se contará con un programa de recolección de residuos. Se utilizarán baños portátiles ubicados en los frentes de obra para defecar. Estos baños serán vaciados cada mes por la empresa que los rente, el producto será revuelto con el material de despalme. En cada frente de obra se colocará un bote de basura con tapa donde tendrá que ponerse toda la basura (residuos domésticos). La bolsa interior que contenga la basura se entregará al sistema de limpia de Tepoztlán. Las estopas con algún solvente, aceite, combustible o cualquier sustancia, deberán colocarse en el tambo para residuos peligrosos dentro de una bolsa con etiqueta que indique que contiene "RESIDUOS PELIGROSOS (ACEITES Y SOLVENTES)". Estos residuos se entregarán a la gasolinera más cercana, sobre la carretera libre de Cuernavaca - Tepoztlán.
19. Uso de fuegos artificiales, fuera de las poblaciones	19. No se considera en ninguna fase de la obra el uso de fuegos artificiales.
20.Videograbación y fotografía con fines comerciales.	20. El programa de trabajo para la modernización no considera la videograbación o fotografía con fines comerciales. Se realizarán acciones de fotografía y videograbación como parte del programa de monitoreo ambiental para verificar el cumplimiento de las Medidas de Mitigación detalladas en el Capítulo VI de esta MIA.

Subzona de uso tradicional km 4+250 al 8+300 y del 12+700 al 15+350

Constituida por cuatro polígonos denominados: Atongo-Valle Sagrado Tombuco, Calamatlán, Ojuelos y Barbechos, con una superficie total de 6,496.60 hectáreas, ***en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema****. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del Parque Nacional El Tepozteco.* ***En los polígonos que comprende esta subzona, en el desarrollo de las actividades productivas que vienen realizando sus pobladores, deberán adoptarse alternativas y métodos tradicionales enfocados a la sustentabilidad, a fin de revertir los impactos que estas actividades han generado****.*

Prácticamente en la totalidad de la superficie de la subzona se realizan actividades productivas para autoconsumo incluyendo la ganadería y esquilmos agrícolas. Aún se mantienen remanentes de la vegetación bosque tropical caducifolio, pero principalmente existe la vegetación arvense y ruderal.

El proyecto incide en esta zona del km 4+250 al 8+300 y del 12+700 al 15+350.

Se realizan actividades productivas para autoconsumo incluyendo la ganadería y esquilmos agrícolas fuera del derecho de vía. En el derecho de vía únicamente se realizan acciones de mantenimiento de la infraestructura carretera existente, en cumplimiento de la Ley de Caminos y Puentes y a su reglamento para el derecho de vía (fracción IV, artículo 2º). A este

respecto, el uso tradicional del derecho de vía es congruente con la condición ambiental de perturbación que se presenta. Para el proyecto no será necesario realizar ninguna de las actividades no permitidas para la subzona (Tabla III.7).

Tabla III.7. Actividades no permitidas en la subzona de uso tradicional.

No permitidas	Vinculación con el proyecto
1. Aprovechamiento de especies de vida silvestre con fines comerciales. 2. Aprovechamiento forestal con fines comerciales.	1, 2. El proyecto no contempla realziar ni realizará aprovechamiento de especies de vida silvestre o forestales con fines comerciales. Como parte de las actividades para la construcción, será necesario retirar especímenes de porte arbóreo que corresponden a especies exóticas, nocivas, inducidas y nativas. La remoción es necesaria para la modernización de la obra y en ningún caso se tiene el objetivo de aprovechar lo removido. La remoción de especies exóticas y nocivas es favorable a la condición ambiental de los manchones forestales fuera del derecho de vía.
3. Cacería.	3. En la MM1 (Capítulo VI), los lineamientos para la estadía del personal en la obra prohiben terminantemente la cacería y cualquier otra acción que afecte a la fauna.
4. Crear nuevos centros de población.	4. El proyecto no consiste en la creación ni inducción de nuevos centros de población. La vialidad está cercada y desde su construcción no ha favorecido nuevos centros de población.
5. El uso de fuegos artificiales, fuera de los centros urbanos.	5. No se utilizarán fuegos artificiales en ninguna fase de la modernización.
6. El uso inadecuado e irresponsable del fuego.	6. En la MM1 se señala claramente dentro de los lineamientos al personal que trabajará durante la modernización que está prohibido el uso de fuego.
7. Introducir ejemplares o poblaciones silvestres exóticas.	7. No se introducirán especies exóticas, la MM6 que detalla el programa de restauración señala que sólo se utilizarán especies nativas.
8. Motociclismo extremo (enduro y cuatrimotos).	8. El programa de trabajo no considera el uso de motocicletas, ni actividades de motociclismo extremo.
9. Rellenar o desecar flujos hidráulicos o cuerpos naturales de agua.	9. No se interrumpirán, desviarán, rellenarán o desecarán flujos hidráulicos o cuerpos naturales de agua. La MM4 (Programa de conservación y restauración de suelos) busca prevenir la afectación de estas zonas.
10. Usar altavoces, radios o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones u organismos de las especies silvestres.	10. No se utilizarán altavoces, radios o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones u organismos de las especies silvestres o que impida el disfrute por los visitantes.
11. Verter, confinar o descargar desechos o cualquier otro tipo de material y sustancia nocivo en el suelo, subsuelo y en cualquier cauce, vaso o acuífero que pueda ocasionar alguna	11. Se contará con un programa de recolección de residuos Se deben utilizar los baños portátiles de tipo saniseco ubicados en los frentes de obra para defecar. Estos baños serán vaciados cada mes por la empresa que los rente, el producto será revuelto con el material de despalme. En cada frente de obra se colocará un bote de basura con tapa

No permitidas	Vinculación con el proyecto
alteración negativa en los ecosistemas	donde tendrá que ponerse toda la basura (residuos domésticos). La bolsa interior que contenga la basura se entregará al sistema de limpia de Tepoztlán. Las estopas con algún solvente, aceite, combustible o cualquier sustancia, se colocarán en el tambo para residuos peligrosos dentro de una bolsa con etiqueta que indique que contiene "RESIDUOS PELIGROSOS (ACEITES Y SOLVENTES)". Estos residuos serán entregados a la gasolinera más cercana. Se prohíbe hacer cualquier tipo de reparación fuera de los talleres autorizados, la maquinaria si requiere algún tipo de mantenimiento se llevará algún taller con operación comercial. Inclusive, no se podrá cambiar aceite, lavar los automotores, o cualquier otro arreglo menor a los vehículos ni maquinaria fuera de los talleres, gasolineras y/o autolavados.

Subzona de asentamientos humanos Km 8+300 al 8+910

Constituida por ocho polígonos denominados: San Juan Tlacotenco, Santo Domingo Ocotitlán, Tepoztlán, Villa Santiago Tepetlapa, Amatlán de Quetzalcóatl, Santa Catarina, San Andrés de la Cal y Acolapa, con una superficie total de 1,121.10 hectáreas, abarca aquellas superficies donde se ha llevado a cabo una modificación sustancial o desaparición de los ecosistemas originales, debido al establecimiento y desarrollo de asentamientos humanos previos a la declaratoria del Parque Nacional El Tepozteco.

Cabe señalar que el tramo del derecho de vía que cruza esta subzona, efectivamente ha sufrido una modificación sustancial debido a que se encuentra aledaño a las zonas urbanas y suburbanas de Tepoztlán y Santa Catarina. El proyecto es congruente con los objetivos de esta subzona en la medida de que no efectuará ninguna de las actividades no permitidas que se señalan para ella.

Tabla III.8. Actividades no permitidas en la subzona de asentamientos humanos.

Actividades no permitidas	Vinculación con el proyecto
1. Aprovechamiento de especies de vida silvestre con fines comerciales. 2. Aprovechamiento forestal con fines comerciales.	1, 2. No se realizará aprovechamiento de especies de vida silvestre con fines comerciales. La remoción de arbolado es necesaria para la modernización de la obra y en ningún caso se tiene el objetivo de aprovechar lo removido. Tampoco se consideran actividades cinegéticas.
3. Cacería. 5. Hacer un uso inadecuado o irresponsable del fuego.	3, 5. En la MM1, detallada en el Capítulo VI, se prohíbe la cacería o cualquier otra acción que afecte la vida silvestre, así como el uso del fuego.
4. Destruir, por cualquier medio o acción los sitios de	4. No se destruirán sitios de anidación o reproducción. Con el fin de proteger la fauna se llevará a cabo la MM3 (Capítulo VI) en la que se

Actividades no permitidas	Vinculación con el proyecto
anidación y reproducción de especies silvestres.	establece el Programa de Protección, Conservación y Rescate de Fauna Silvestre. Entre otros aspectos, se considera evitar los trabajos durante la etapa reproductiva, se verificará en campo que los nidos y madrigueras no se encuentren ocupados.
5. Introducir ejemplares o poblaciones silvestres exóticas	5. No se introducirán ejemplares o poblaciones exóticas, la MM6 que detalla el Programa de restauración señala que sólo se utilizarán especies nativas.

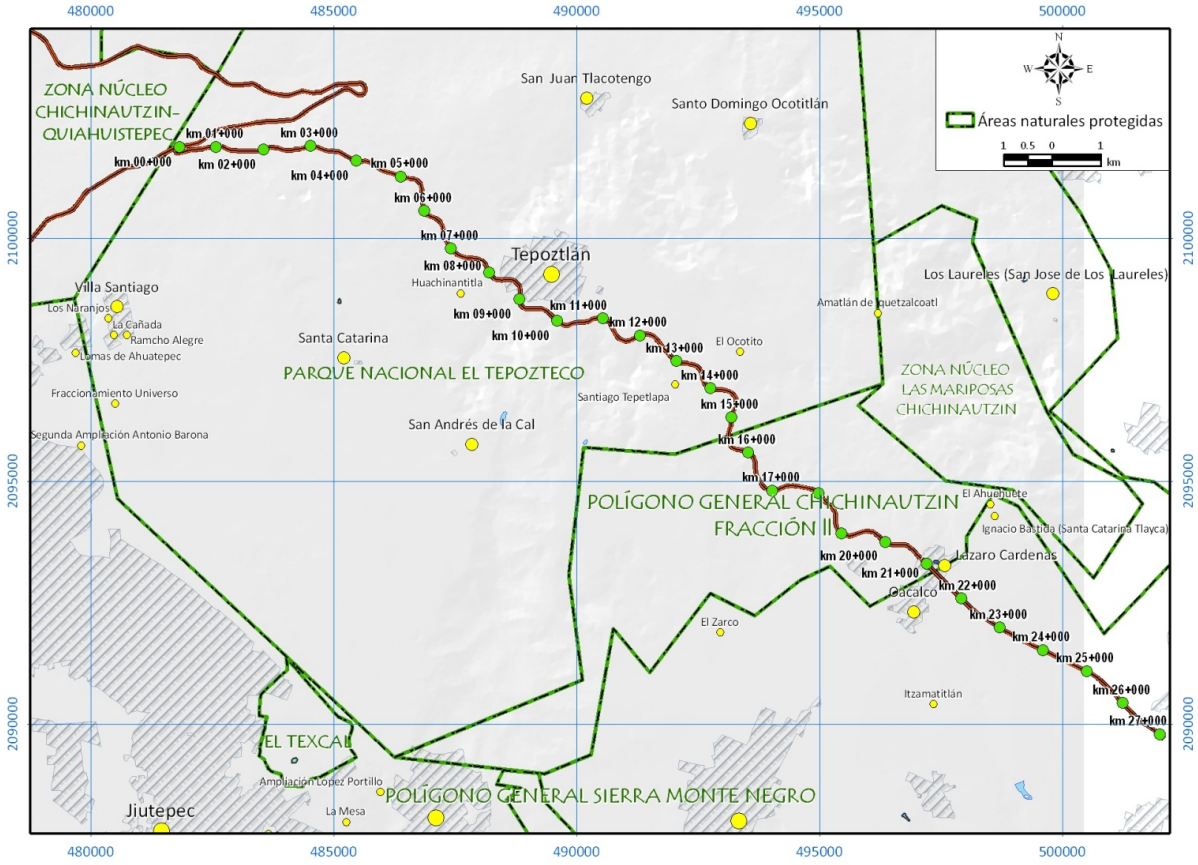


Figura III.6. El trazo a modernizar cruza por las ANP Parque Nacional "El Tepozteco" y Corredor Biológico Chichinautzin

Corredor Biológico Chichinautzin

El proyecto en comento incide en esta ANP del Km 15+400 al 20+700, no cruzan por las zonas núcleo, se mantiene dentro del área de amortiguamiento. Esta área, cuenta con decreto, pero aún no ha sido publicado el Programa de Manejo (se encuentra en proceso de publicación).

El Corredor se ubica en la zona Noroeste del estado de Morelos; en su territorio se incluyen los municipios de Cuernavaca, Huitzilac, Jiutepec, Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacapan,

Yautepec y parte del Sur del Distrito Federal. Sus coordenadas extremas 18°50'30" y 19°05'40"N; 98°51'50" y 99°20'00"W. Su superficie es de 37,302.40 Ha.

El área de protección de flora y fauna silvestre "Corredor Biológico Chichinautzin" fue decretada el 30 de noviembre de 1988 en el Diario Oficial de la Federación, con el fin de establecer un corredor biológico que integrase los parques nacionales Lagunas de Zempoala y El Tepozteco. Éstos fueron decretados como tales el 19 de mayo de 1947 y el 22 de enero de 1937, respectivamente. Forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, actualmente las dependencias encargadas de su vigilancia son la SEMARNAT, la CONANP. En 1990 la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos desarrollaron el Programa Integral de Manejo para el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre y Acuática "Corredor Biológico Chichinautzin", Estado de Morelos, México. Quedando establecidas dentro del decreto y del programa de manejo, que no ha sido publicado oficialmente, la existencia de 3 zonas núcleo: Chalchihuites, Chichinautzin-Quiahuistepec y las Mariposas. La tenencia de la tierra es ejidal, comunal, de pequeña propiedad y nacional, aunque no se tienen datos específicos sobre la proporción de cada uno de estos tipos (INE, 1993). El corredor biológico representa un área de contención del acelerado crecimiento urbano de las ciudades de México y Cuernavaca. Asimismo, representa un área importante para el Valle de Cuernavaca debido a su gran permeabilidad edáfica, en donde se recargan los mantos acuíferos que surten al Valle. Además de esos servicios ecológicos, el corredor representa una reserva potencial de recursos forestales y tiene una gran riqueza florística y faunística.

No obstante que no se cuenta con Programa de manejo, el proyecto se vincula con el Decreto (Tabla III.9), con el propósito de observar que la obra este en concordancia con los objetivos del área natural. El decreto cuenta con 25 artículos, de los cuales se vincula con los siguientes 4, por considerar que estos tienen incidencia con el proyecto en comento, los restantes se refieren a la administración del área natural.

Tabla III.9. Vinculación con el Decreto de la ANP Corredor Biológico Chichinautzin

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTÍCULO 2.- Dentro del área de protección de flora y fauna se establecen tres zonas núcleo: I.- CHALCHIHUITES.- En esta área se encuentran Bosques puros de oyamel y pino, constituyendo zonas bien conservadas, que son el hábitat potencial del teporingo, (*Romerolagus diazi*) su superficie es de 783-14-00 hectáreas. II.- CHICHINAUTZIN-QUIAHUISTEPEC.- Protege dos asociaciones vegetales únicas en el área, Bosque de encino y Matorral rosetófilo crasicaule, además de presentar Manchones de pino-encino en las partes altas, constituyendo también un área importante de recarga de acuíferos; tiene una superficie de 2,873-11-50 hectáreas.	La modernización de la autopista denominada La Pera-Cuautla, incide del Km 15+400 al 21+000 en el ANP Corredor Biológico Chichinautzin, sin embargo, no entra dentro de las zonas núcleo que son las que están consideradas como "bien conservadas".

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
III.- LAS MARIPOSAS.- Protege uno de los ecosistemas más diversos en flora y fauna de la región y el de mayor extensión en el estado, la Selva baja caducifolia, con una superficie de 1,740-86-86 hectáreas. Las descripciones topográfico-analíticas de las zonas núcleo antes descritas se especifican en el considerando penúltimo de este ordenamiento.	
ARTICULO 4.- En los términos de los artículos 77 de la Ley de Terrenos Baldíos, Nacionales y Demasías y 204 de la Ley Federal de Reforma Agraria, la Secretaría de la Reforma Agraria pondrá a disposición de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología los terrenos nacionales comprendidos en el área de protección de la flora y fauna "Corredor Biológico Chichinautzin", no pudiendo dárseles otro destino que el especificado en el presente ordenamiento, incorporándose a los bienes del dominio público de la Federación. Dichos terrenos serán inafectables en los términos del artículo 63 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.	Las leyes de Terrenos Baldíos, Nacionales y Demasías y la Federal de Reforma Agraria, han sido derogadas, sin embargo, los artículos que refieren, señalaban que “Los terrenos baldíos, nacionales y, en general, los terrenos rústicos pertenecientes a la Federación, se destinarán a constituir y ampliar ejidos o a establecer nuevos centros de población ejidal de conformidad con esta Ley. No podrán ser objeto de colonización, enajenación a título oneroso o gratuito, ni adquisición por prescripción o información de dominio y, sólo podrán destinarse, en la extensión estrictamente indispensable, para fines de interés público y para las obras o servicios públicos de la Federación, de los Estados o de los municipios…“ En este contexto la modernización de la vialidad en comento se considera como de interés público y es un bien de la nación de acuerdo a la Ley General de Bienes Nacionales, por lo que se considera que aún cuando estas leyes ya fueron derogadas, el espíritu que impulso este artículo es congruente con el propósito de la modernización en comento. El Artículo 63 de la LGEEPA, señala que “…Los terrenos nacionales ubicados dentro de Áreas Naturales Protegidas de competencia federal, quedarán a disposición de la Secretaría, quien los destinará a los fines establecidos en el decreto correspondiente, conforme a las disposiciones jurídicas que resulten aplicables.” En este sentido, la MIA-R es un instrumento jurídico aplicable contemplado en la LGEEPA, que evalúa ambientalmente un uso en particular y establece si es ambientalmente viable, la MIA-R es evaluada y autorizada por la Secretaría. Tomando en cuenta que la ANP fue decretada para la protección de flora y fauna, y debido a que la obra de modernización se realizará dentro del derecho de vía y el proyecto incide en 5.6 Km en donde será necesario el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal, se aplicarán las MM detalladas en el Capítulo VI, con el propósito de prevenir, compensar y mitigar los efectos que esta

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
	obra tenga en la Flora y Fauna de la ANP. Asimismo se elabora la presente MIA-R, con el propósito de la Semarnat, pueda evaluar la obra en comento y su impacto en SAR, y a partir de ello determinar su viabilidad.
ARTICULO 11.- Todo proyecto de obra pública o privada que se pretenda realizar dentro del área considerada como zona de amortiguamiento, deberá contar con autorización expresa de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en los términos de los artículos 28, 29 y 34 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, con las excepciones previstas en su Reglamento, el de la Ley Forestal y en el Programa de Manejo del Área.	El proyecto en comento se ubica dentro de la zona de amortiguamiento en 5.6 Km, la modernización se realizará dentro del derecho de vía de la vialidad en operación. La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología ya no existe fue sustituida por la Secretaría de Desarrollo Social. En la actualidad la La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia de gobierno que tiene como propósito fundamental "fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable" (Ley Orgánica de la Administración Pública, Artículo 32 bis reformada en el DOF del 25 de febrero del 2003) Es la MIA-R el documento oficial, según la LGEEPA Art. 28 el medio en que la Semarnat autoriza las obras públicas o privadas. Por lo que es la elaboración de este manifiesto el que daría cumplimiento al artículo 11 del decreto. El Art. 28 de la LGEEPA, señala 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 alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría… XI. Obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas de competencia de la Federación (*Fracción reformada DOF 23-02-2005*). La obra en comento se encuentra en concordancia con este artículo ya que se elabora la presente MIA-R para su evaluación y en su caso autorización. En el Art. 29 de la LGEEPA señala que “Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
	refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera. Para la obra en comento no aplica este artículo en virtud de que si se realizará la evaluación de impacto ambiental que señala el artículo 28 de esta misma ley. El Art. 34 señala que "Una vez que la Secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente a que se refiere el artículo 35, pondrá ésta a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona…" La MIA-R se presentará ante la SEMARNAT y seguirá el proceso establecido por la LEEGPA.
ARTICULO 22.- El aprovechamiento de la flora y fauna silvestres dentro de la zona de amortiguamiento, deberá realizarse atendiendo a las restricciones de protección ecológica, así como a las prohibiciones y limitaciones que al efecto emita la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, sin perjuicio de lo que establezca el Calendario Cinegético vigente y otras disposiciones legales aplicables. Cuando se afecten los recursos forestales, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología dará la intervención que corresponda a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de conformidad con la Ley Forestal y su Reglamento.	El término aprovechamiento es definido por la Real Academia Española como la acción o efecto de aprovechar, que a su vez se define como emplear útilmente algo, que produce provecho o fruto. Con base en estas definiciones se tiene que para la construcción solicitada no se realizará aprovechamiento de los recursos forestales, del material desmontado no se sacará provecho alguno, su remoción es necesaria para la modernización de la obra y en ningún caso se tiene el objetivo de aprovechar lo removido. Tampoco se consideran actividades cinegéticas. La vinculación con la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento se realiza en la Tabla III.15 y 16

Regionalización del territorio en RTP, RHP y AICAS

La regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas

con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis.

En este contexto, el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la CONABIO se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. Sin embargo, estas delimitaciones regionales, no tienen la facultad de regular el uso de suelo, por lo que no prohíben, ni permite obras en su interior, tampoco tienen la facultad de normar, en este caso obras de infraestructura. Por lo que no es vinculable para el proyecto en cuanto a que no pone restricciones ni recomendaciones, para su desarrollo.

Regiones Terrestres Prioritarias de México (RTP's)

El proyecto en comento cruza por la RTP-108 Ajusco-Chichinautzin, que abarca los estados de México, Distrito Federal y Morelos, cuenta con una superficie de 1,261 Km²; de acuerdo a la CONABIO, su valor para la conservación es de 3. Las características ambientales de esta región, al formar parte del SVT, la convierten en una región prioritaria. Comprende un gradiente muy marcado de ecosistemas, derivados de la altimetría que favorece, asimismo, su gran riqueza específica y presencia de endemismos. Es un corredor que asegura la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos de la biota de la zona y es, además, una barrera para evitar el avance del proceso de urbanización del DF y Cuernavaca. Comprende dos ANP: Cumbres del Ajusco, decretada en 1947 y el corredor biológico Ajusco-Chichinautzin, decretada en 1988. El tipo de vegetación que se distribuye con una superficie mayor es el Bosque de pino.

Esta RTP cuenta con una integridad ecológica funcional de 2 (bajo) y una función como corredor biológico de 3 (alto) ya que mantiene procesos ecológicos de transición entre 2 regiones biogeográficas. Fenómenos naturales extraordinarios tiene 2 (dos) por su riqueza biológica y el paisaje producto de volcanes de altura y bosques. Es un zona compleja en sí que ya que presenta una mezcla de diferentes estados sucesionales de bosques y matorrales cubriendo zonas de suelos más antiguos aunado a una topografía muy accidentada con una presencia de endemismos de 3 (alto) porque para vertebrados es alto, para plantas vasculares es medio y para hongos es alto.

En riqueza específica la CONABIO señala 2 (medio) ya que algunas especies características de la región son el teporingo, (*Romerolagus diazi*), gorrión zacatero (*Xenospiza baileyi*), colibrí (*Amazilia beryllina*), vencejo (*Streptoprocne semicollaris*), halcón cernícalo (*Falco sparverius*), conejo silvestre (*Sylvilagus* sp.), lince (*Lynx rufus*), zorrillo (*Mephitis macroura*), ardilla (*Sciurus aureogaster*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), ajolote (Rhyacosiredon zempoalensis), ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) y codorniz arlequín (*Cyrtonyx montezumae*). Su función como centro de origen y diversificación natural, es 3 (muy importante), sobre todo destaca para vertebrados.

Con respecto a los aspectos antropogénicos, los principales problemas incluyen la degradación de los hábitats naturales por causa de la urbanización, fragmentación por la construcción de autopistas, agricultura intensiva, pastoreo, quema, deforestación y actividades turísticas.

Se estima que la modernización, al realizarse sobre el derecho de vía actual, no afectará la situación presente de la RTP.

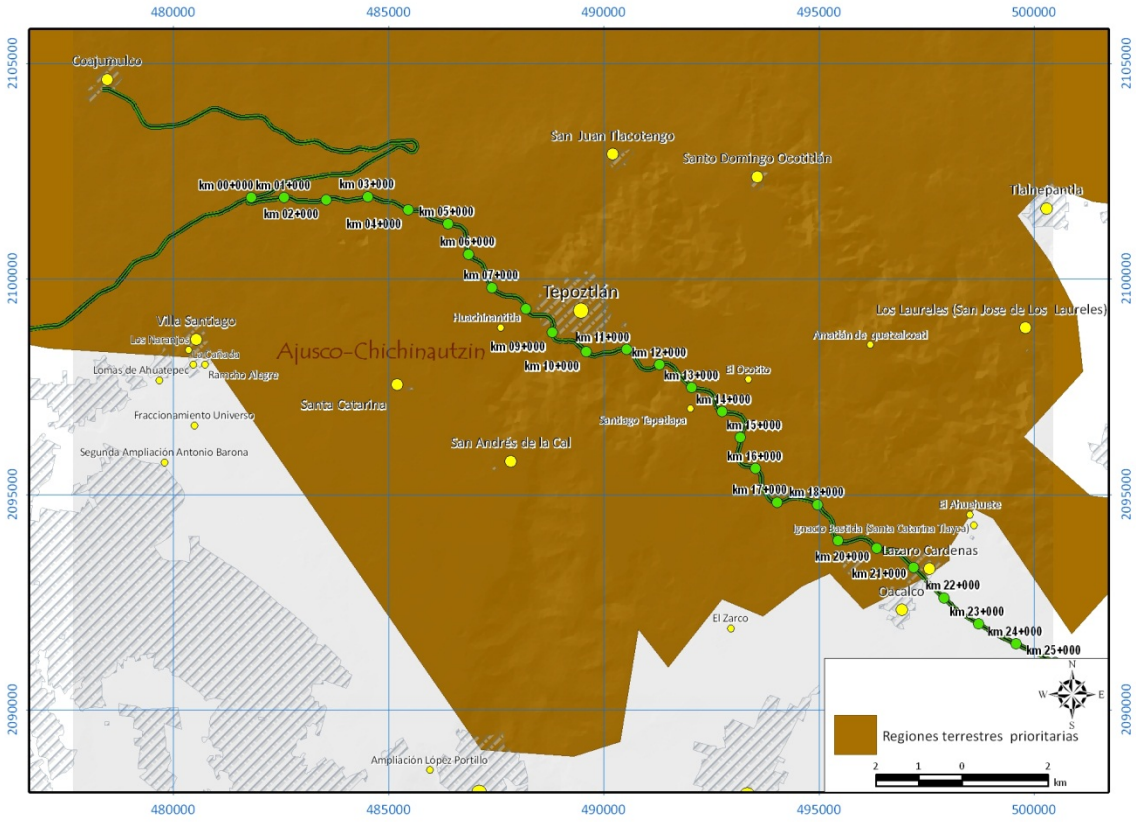


Figura III.7. El trazo carretero en relación con la RTP-108 Ajusco-Chichinautzin

Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

La modernización de la carretera de cuota federal 115, atraviesa por la Región Hidrológica Prioritaria 67. Rio Amacuzac-Lagunas de Zempoala (Figura III.9), que abarca los estados de Morelos, Guerrero y Estado de México. Dentro de la problemática señalada por la CONABIO se encuentran la modificación del entorno: desecación, desforestación, fragmentación del hábitat, construcción de carreteras, crecimiento poblacional, erosión, abatimiento de manantiales, pastoreo y quema, así como la contaminación por agroquímicos, descargas de ingenios, industrias y aguas residuales.

Según la CONABIO, preocupa la reducción y fragmentación de hábitats y la introducción de especies exóticas. Es una zona transicional de las regiones Neártica y Neotropical con una gran riqueza florística y faunística. Representa un área importante para el Valle de Cuernavaca debido a su gran permeabilidad edáfica, en donde se recargan los mantos acuíferos que surten al Valle. Comprende el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y el Corredor Biológico Ajusco–Chichinautzin; así como parte del Parque Nacional Volcanes Iztaccíhuatl–Popocatépetl. Comprende también parte del Área Natural Protegida a nivel estatal Sierra de Huautla.

Sus recursos hídricos principales son los lénticos: lagos Coatetelco, Miacatlán, Zempoala, Tequesquitengo, el Rodeo y manantiales de aguas termales y los lóticos: ríos Amacuzac,

Tetecala, Tembembe, San Jerónimo, Tetlama o Yautepec, Jojutla, Chinameca o Cuautla y arroyos.

La actividad económica principal es el comercio, agricultura de riego y de temporal, cultivo de frutales, ganadería y turismo.

De acuerdo a información de la CONABIO, la Biodiversidad es: tipo de vegetación: Bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, de oyamel, de tascate, Selva baja caducifolia, Pastizal de altura e inducido, Matorral xerófilo, Vegetación acuática.

Se estima que la modernización, al realizarse sobre el derecho de vía actual, y no afectará la situación presente de la RHP.

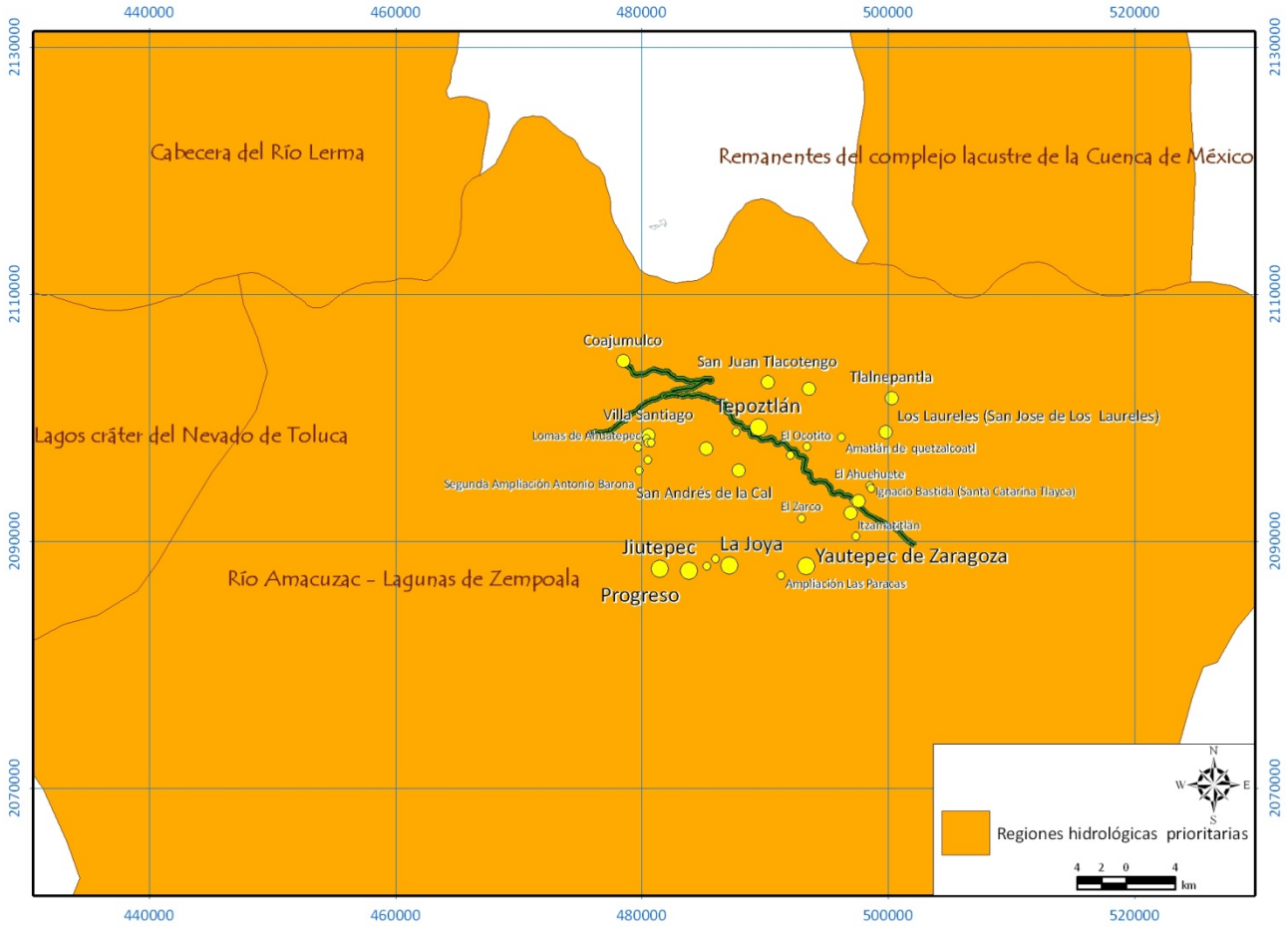


Figura III.8. RHP 67 Rio Amacuzac–Lagunas de Zempoala, en relación con el trazo carretero

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

El proyecto de modernización de la autopista 115 D, no incide en ninguna AICA, las más cercanas son la C-19 Sur del Valle de México y la C-48 Cañón de Lobos, como se aprecia en la Figura III.9.

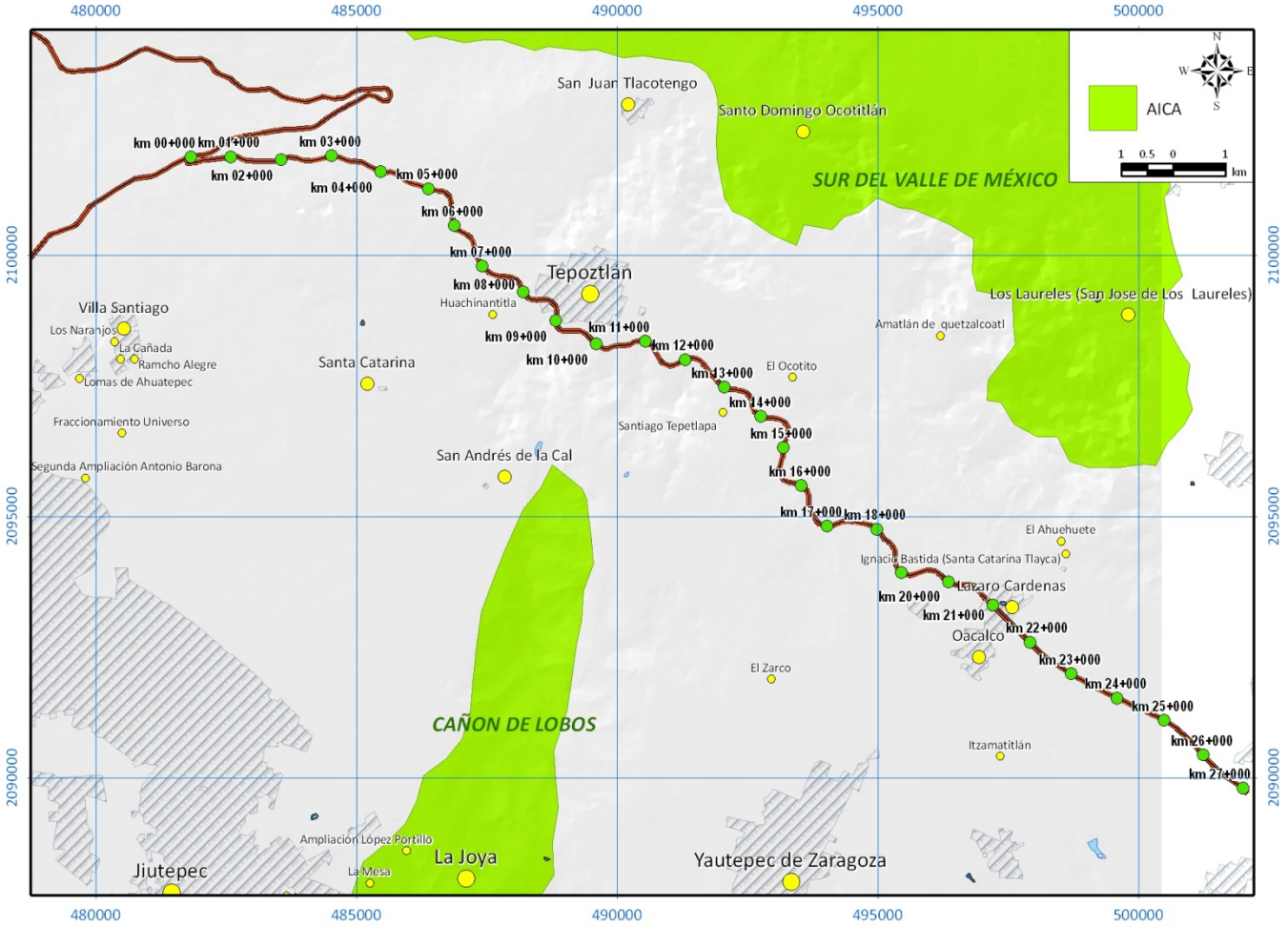


Figura III.9. AICAs cercanas al trazo C-19 y C-48

III.3. Cumplimiento de leyes, reglamentos o normas de los tres niveles de gobierno

III.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Esta ley contiene diversas disposiciones relacionadas con el desarrollo de un proyecto como la modernización de la autopista 115 D en su tramo la Pera-Cuautla. Así, en el Artículo 28 se establece que la evaluación del impacto ambiental es un procedimiento mediante el cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), busca evitar o reducir al mínimo los efectos negativos que la realización de obras o actividades podría tener sobre el ambiente. Con este procedimiento se busca establecer las condiciones a que se sujetarán los proyectos 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. En este sentido para la modernización se requiere obtener la autorización previa en materia de impacto ambiental de la SEMARNAT.

Tabla III.10. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTÍCULO 28.- 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 alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: **I.-** Obras hidráulicas, **vías generales de comunicación**, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;… **VII.-** Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.	Este proyecto corresponde a la modernización de la carretera 115 D en su tramo La Pera-Cuautla, como tal, corresponde al inciso I, bajo el rubro de vías generales de comunicación. También corresponde al inciso VII, por cambio de uso del suelo en 89.681 Ha con vegetación forestal. Por consiguiente, el promovente presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), como parte de su solicitud de autorización en materia de impacto ambiental del proyecto.
ARTÍCULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una **manifestación de impacto ambiental**, el 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.	En cumplimiento de dicha disposición, se elaboró y se sometió la presente manifestación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTÍCULO 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente …	En este capítulo se analiza la congruencia del proyecto con lo que indican la legislación vigente y las normas oficiales mexicanas aplicables.
Artículo 98. Establece en el párrafo II, que el uso de los suelos debe hacerse de manera que mantengan su integridad física y su capacidad productiva, y en el III, que los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos.	En el Capítulo VI de este documento se establecen las medidas de mitigación de impactos ambientales adversos, de las cuales, se establece la medidas 4 que detalla el Programa de conservación y restauración de suelos, que tendrá aplicación durante el retiro de árboles, el despalme y la nivelación, su objetivo es prevenir el Impacto 3 que se refiere a la pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén y el impacto 7 que se refiere a la afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental define con mayor precisión las atribuciones de la Secretaría y los tipos de obra que requieren manifestar el impacto ambiental, la modalidad que les corresponden y el alcance de los trabajos. La modernización del tramo de la autopista La Pera-Cuautla requiere de una manifestación de impacto ambiental por ser una vía general de comunicación y requerir cambio de uso de suelo en 89.681 Ha forestales.

Tabla III.11. Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTICULO 6. Las ampliaciones, modificaciones, sustituciones de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones relacionado con las obras y actividades señaladas en el artículo anterior, así como con las que se encuentren en operación, no requerirán de la autorización en materia de impacto ambiental siempre y cuando cumplan con todos los requisitos siguientes: I. Las obras y actividades cuenten previamente con la autorización respectiva o cuando no hubieren requerido de ésta; II. Las acciones por realizar no tengan relación alguna con el proceso de producción que generó dicha autorización, y III. Dichas acciones no impliquen incremento alguno en el nivel de impacto o riesgo ambiental, en virtud de su ubicación, dimensiones, características o alcances… En estos casos, los interesados deberán dar aviso a la Secretaría previamente a la realización de dichas acciones.	El proyecto es ampliación y mejoramiento de infraestructura existente, misma que fue construida previa a la promulgación de la LGEEPA (cumplimiento del inciso I), y el proyecto no se refiere a ningún proceso de producción ni aprovechamiento de recursos naturales (no aplicabilidad del inciso II). Sin embargo, las acciones que el proyecto implica representan un incremento en el nivel de impacto debido al desmonte de una superficie de 89.681 Ha de vegetación forestal Por consiguiente, es necesario solicitar autorización de impacto ambiental.
Artículo 9.-Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La Información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.	En cumplimiento de la disposición, el promovente presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental.
Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: **IV**. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.	La construcción de este trazo generará impactos acumulativos, sinérgicos y residuales; la modalidad de este estudio, es por tanto, regional.
Artículo 13.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos	En este estudio se desarrollan los ocho rubros señalados. La información se presenta en capítulos, cada uno de los cuales corresponde al inciso del artículo 13.

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.	

III.3.2. Ley General de Vida Silvestre[7].

Esta ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación del 3 de julio de 2000 y tiene como objetivo 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.

Tabla III.12. Ley General de Vida Silvestre

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
Artículo 1.- 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 el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, quedará excluido de la aplicación de esta Ley y continuará sujeto a las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate especies o poblaciones en riesgo.	El presente proyecto no pretende realizar el aprovechamiento de ninguna especie ni recurso forestal. Sin embargo, durante la etapa de preparación del sitio y construcción se generarán impactos sobre especies silvestres terrestres, por lo cual el proyecto queda obligado al cumplimiento de las disposiciones de la LGVS.
Artículo 2.- 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.	El presente proyecto buscará respetar y cumplir cada uno de los ordenamientos que marcan las leyes vigentes. Esta Manifestación hace la vinculación respectiva con la LGEEPA, en la Tabla III.11.
Artículo 18.- Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente	Este artículo permite el aprovechamiento entendiéndose como tal "*la utilización de ejemplares, partes o derivados de especies silvestres, mediante colecta, captura o caza*" a los poseedores de los predios. En este

107

[7] Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Julio del 2000. Reformada el 10 de enero de 2002.Última Reforma del 1 de febrero de 2007.

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.	caso, una vez que se proceda a la liberación de terrenos para la ampliación el propietario del derecho de vía será la SCT. Sin embargo, como ya se menciono las actividades de la obra en comento no consideran la realización de ningún tipo de aprovechamiento. El término aprovechamiento es definido por la Real Academia Española como la acción o efecto de aprovechar, que a su vez se define como emplear útilmente algo, que produce provecho o fruto. Con base en estas definiciones tenemos que para la construcción solicitada no se realizará aprovechamiento de los recursos forestales, del material desmontado no se sacará provecho alguno, su remoción es necesaria para la construcción del trazo y en ningún caso se tiene el objetivo de aprovechar lo removido. La obra provocará afectaciones a la fauna y se requerirá del desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Por lo que el promovente se compromete a realizar las MM estipuladas en el Capítulo VI de esta manifestación en donde se incluyen acciones que beneficien a la Flora y Fauna local.
Artículo 19.- Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.	Se realizarán las medidas de mitigación descritas en el Capítulo VI, tendientes a minimizar los efectos negativos de la construcción y operación del trazo sobre la vida silvestre y su hábitat.
Capítulo VI en sus **artículos 29** al **31** señalan que la captura y el manejo de la fauna silvestre debe ser digno y respetuoso que les cause el menor estrés posible.	Se rescatará la fauna silvestre, primero se ahuyentará la fauna con ruido, después podrá reubicarse en bolsas de lona, habrá supervisión que verifique que no se les dañe, y se les estrese lo menos posible (MM3, Capítulo VI). Además, quedará prohibido molestar o capturar la fauna silvestre por parte de los trabajadores (MM1, Capítulo VI).

III.3.3. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.

Esta Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes, los que constituyen vías generales de comunicación, así como los servicios de auto transporte federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares. Por eso, la modernización de la carretera federal de cuota 115 D, surge de las atribuciones que la ley concede a la SCT.

Si bien su enfoque no se orienta a regular los aspectos ambientales de las obras, sus disposiciones tienen efecto en algunos elementos del medio ambiente. Esto incluye el considerar 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.

Tabla III.13. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
Artículo 1.- 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.	El proyecto corresponde a la modernización de la carretera federal de cuota 115 D en el estado de Morelos.
Artículo 5o. 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 las siguientes atribuciones: Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares; Construir y conservar directamente caminos y puentes; Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; Vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso; Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares, cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes;	La SCT realizó la planificación de esta obra y llevará a cabo la inspección durante la modernización.
Artículo 22.- Es de utilidad pública la construcción, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes. La Secretaría por sí, o a petición de los interesados, efectuará la compraventa o promoverá la expropiación de los terrenos, construcciones y bancos de material necesarios para tal fin. La compraventa o expropiación se llevará a cabo conforme a la legislación aplicable. En el caso de compra venta, ésta podrá llevarse a cabo a través de	Las obras de ampliación para la modernización de la carretera federal de cuota 115 D se realizarán sobre el derecho de vía, que ya fue liberado cuando se construyó la autopista. Por lo tanto no será necesario expropiar terrenos.

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
los interesados, por cuenta de la Secretaría. Los terrenos y aguas nacionales así como los materiales existentes en ellos, podrán ser utilizados para la construcción, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes conforme a las disposiciones legales.	
Artículo 27.- Por razones de seguridad, la Secretaría podrá exigir a los propietarios de los predios colindantes de los caminos que los cerquen o delimiten, según se requiera, respecto del derecho de vía.	La MM5 plantea cercar el derecho de vía, en los tramos donde esta ha sido dañada o retirada por los pobladores para usarla como vía de acceso.

Tabla III.14. Ley Agraria (1992)

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
Artículo 93.- Los bienes ejidales y comunales podrán ser expropiados por alguna o algunas de las siguientes causas de utilidad pública: **VII**. La construcción de puentes, carreteras..., y demás obras que faciliten el transporte, así como aquellas sujetas a la Ley de Vías Generales de Comunicación;	El derecho de vía ya fue liberado cuando se construyo la autopista, el proyecto en comento se refiere a su ampliación y está se realizará sobre su derecho de vía.

Tabla III.15. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2005)

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTICULO 3. II. Regular la protección, conservación y restauración de los ecosistemas y recursos forestales, así como la ordenación y el manejo forestal.	De acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Vegetación forestal es: "conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, matorrales, selvas, zonas áridas y semiáridas y otros ecosistemas dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales". En este caso se afectará una superficie de 89.681 Ha de vegetación forestal debido al desmonte y despalme. y luego de determinar las especies y número de ejemplares que pudieran ser afectadas se aplicarían las MM2, y MM6 relativas a la conservación de la flora a través del programa de restauración con especies nativas.
Artículo 24, **fracción VIII,** que establece que la Federación, a través de la Secretaría y de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos de los estados y los	Se presentará un ETJ ante las autoridades correspondientes, una vez autorizada esta MIA-R, con el fin de que se autorice el cambio de uso de suelo de 89.681 Ha con uso forestal, según definición de esta ley.

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
municipios asuman la función de autorizar el cambio de uso del suelo de los terrenos de uso forestal.	
Artículo 34, fracciones II y XV mencionan que son criterios obligatorios de política forestal de carácter económico, el desarrollo de infraestructura y que la realización de las obras o actividades públicas o privadas que por ellas mismas puedan provocar deterioro severo de los recursos forestales, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, restauración y restablecimiento de los mismos.	En la MM6 se contempla la restauración de 1,250 Ha para compensar el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Además, una vez autorizada esta MIA-R, se presentará el ETJ donde también se establecerán medidas compensatorias.
Artículo 117, la Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales 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 mas productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.	Se presentará el ETJ correspondiente a los miembros del consejo estatal forestal en el estado de Morelos, una vez autorizada esta MIA-R, con el fin de que se autorice el cambio de uso de suelo de 89.681 Ha con uso forestal, según definición de esta ley.

Tabla III.16. Reglamento de Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2005)

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
Artículo 120, 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.	El Estudio Técnico Justificativo que se presente una vez autorizada la MIA-R desarrollará los puntos señalados en este reglamento.

III.3.4. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos (1972)

En virtud de que el proyecto se ubica en una región donde se ha registrado la existencia de zonas arqueológicas o históricas, el promovente dará aviso al INAH, antes de iniciar las obras, para que se tomen las medidas pertinentes.

Tabla III.17. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos

Lineamiento	Propuesta de cumplimiento
ARTICULO 6o.- Los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar las características de los monumentos históricos o artísticos, deberán obtener el permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfechos los requisitos que se exijan en el Reglamento.	La modernización del trazo de la autopista 115 D se realizará de manera paralela a la actual vialidad, siendo que la zona arqueológica conocida más cercana se ubica en el cerro del Tepozteco, sin embargo, el promovente dará aviso al INAH antes de iniciar cualquier obra, para que sea esta institución quien establezca si el trazo afectará o no dichas áreas.
ARTICULO 18.- El Gobierno Federal, los Organismos Descentralizados y el Departamento del Distrito Federal, cuando realicen obras, estarán obligados, con cargo a las mismas, a utilizar los servicios de antropólogos titulados, que asesoren y dirijan los rescates de arqueología bajo la dirección del Instituto Nacional de Antropología e Historia y asimismo entreguen las piezas y estudios correspondientes, a este Instituto. Los productos que se recauden por los conceptos anteriores y otros análogos, formarán parte de los fondos propios de los institutos respectivos.	En caso de haber alguna zona arqueológica que pudiera resultar afectada. La SCT contratará personal capacitado o se coordinará con los responsables de las zonas arqueológicas con la finalidad de que las obras de construcción no sólo no dañen los sitios arqueológicos, sino que en la medida de las posibilidades estas sean de utilidad para su buen funcionamiento y resguardo.

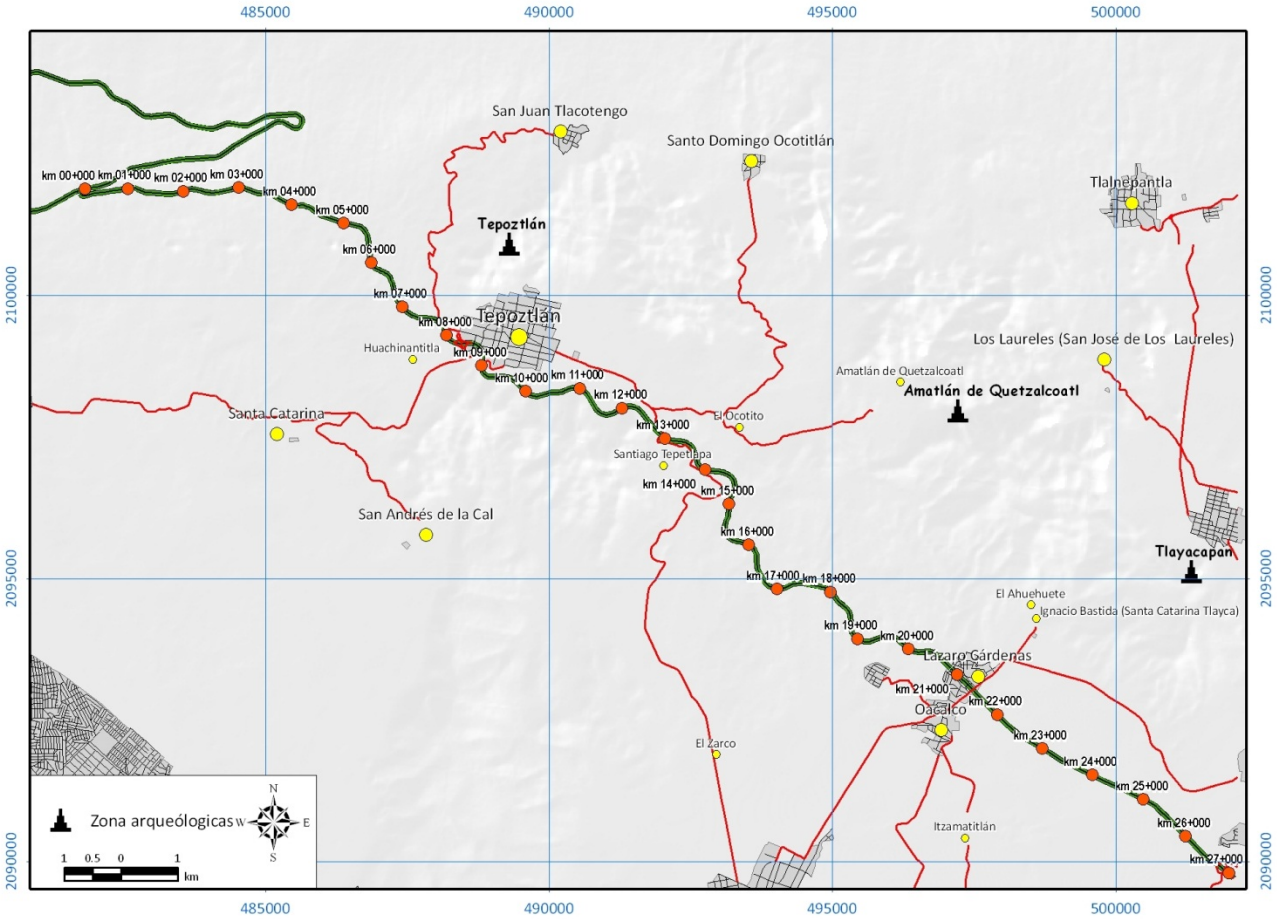


Figura III. 10 Zonas arqueológicas registradas cercanas al trazo

III. 3.5. Normas Oficiales Mexicanas

En lo referente a la protección del ambiente, el Título Cuarto de la Ley prohíbe la descarga o expedición de contaminantes que alteren la atmósfera o que provoquen degradación o molestias en perjuicio del ecosistema.

Y en su artículo 5° la Ley faculta a la SEMARNAT para que elabore Normas Oficiales Mexicanas (NOM´s) y vigile su cumplimiento en los términos de la misma Ley; según la Sección IX de la Ley, corresponde a la SEMARNAT, con auxilio de la Secretaría de Salud, la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y las demás autoridades competentes. En este sentido, la SCT cumplirá su función previniendo cualquier tipo de deterioro ambiental relacionado con el proyecto. Todo tipo de contaminantes que se depositen o se infiltren en el suelo o subsuelo, deberá contar con previo tratamiento a efecto de reunir las condiciones necesarias para evitar:

- La contaminación del suelo.
- Alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.

- Alteraciones en el aprovechamiento, uso o explotación del suelo.
- Contaminación de cuerpos de agua.

En las Medidas de mitigación (MM), Capítulo VI se presentan una serie de acciones para evitar este tipo de contaminación.

Existen diversas normas que están relacionadas con la construcción y operación del proyecto, o con la protección de los ecosistemas de la región en que se ubica.

A continuación, se presenta el análisis de cumplimiento con las normas vigentes en materia de contaminación atmosférica, ruido, especies bajo protección y caracterización de residuos peligrosos.

Tabla III.18. Normas Oficiales Mexicanas (NOM´s) de SEMARNAT vinculadas al proyecto

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
CONTAMINACION DEL AGUA		
NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.	4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de la NOM. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.	El proyecto evitará las descargas sanitarias mediante el uso de sanitarios portátiles secos. En la MM1 se detalla la contratación de una empresa que rente este tipo de sanitarios para colocarlos en los frentes de obra, mínimo 2, y se moverán cuando el frente avance 500 m. Serán vaciados al mes por la empresa que los rente. La cámara receptora deberá contener un inoculador que favorezca la mineralización de las heces de forma rápida.
NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	4.1 Promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.	El proyecto no genera descargas al sistema de alcantarillado, pero los trabajadores, al vivir en la zona o rentar, podrían aportar descargas. Las descargas serían las usuales: uso de sanitarios, ducha y lavado de trastes y ropa. Dado que una gran proporción de los trabajadores serán de la zona, es razonable afirmar que en sus actividades cotidianas hubieran generado las mismas descargas, por lo cual el incremento en la carga contaminante no es significativo.
CONTAMINACION DEL AIRE		
NOM-041-SEMARNAT-1999. Establece los límites	La norma es obligatoria para los responsables de vehículos	Como el proyecto se trata precisamente de la ampliación de

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	automotores que utilicen gasolina como combustible con excepción de, entre otros, maquinaria dedicada a la industria de la construcción (sección 1 de la Norma en referencia).	
NOM-045-SEMARNAT-1996. Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.	La norma es obligatoria para los responsables de vehículos automotores que utilicen diesel como combustible con excepción de, entre otros, maquinaria dedicada a la industria de la construcción (sección 1 de la Norma en referencia).	una carretera, los vehículos dedicados a la construcción que se utilicen para esta obra, quedan exentos, por lo que esta norma no es de observancia obligatoria.
NOM-050-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado, de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.	La Norma es obligatoria para vehículos automotores en circulación, pero no aplica a maquinaria de uso en la construcción. Se deberá verificar el cumplimiento de la Tabla 2, en la que se indican los niveles máximos permisibles de emisión de gases por el escape de los vehículos de usos múltiples o utilitarios en circulación, en función del año-modelo.	
NOM-052-SEMARNAT-1993 Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Esta NOM es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo. Se considerara residuo peligroso aquellos que concuerden con una o varias de las características contenidas en el numeral 5.4 de esta norma tales como corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad, o ser biológico-infeccioso. Los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo es de 3,000 mg/kg (base seca) para suelo forestal y de	El promovente será responsable de vigilar que el contratista que ejecute la obra, establezca los procedimientos necesarios para dar cumplimiento a esta norma y los reglamentos correspondientes para el manejo de residuos peligrosos (MM1, Capítulo VI) semanalmente se entregará todos los residuos como latas vacías con algún contenido de pinturas, solventes, aceites usados o lubricantes, estopa impregnada de grasas o pilas a una empresa que cuente con los permisos correspondientes, para su correcto manejo. En el caso de algún derrame accidental de hidrocarburo, aceite o alguna otra sustancia considerada peligrosa

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
	conservación	por la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 al suelo, será el contratista, bajo la supervisión del promovente, el responsable de su manejo y la actuación deberá ser inmediata. Para el concurso los contratistas presentarán los mecanismos que utilizarán para dar cumplimiento con esta norma y las leyes al respecto. En el frente de obra estará presente un técnico en química industrial o quien designe el contratista, con capacidad para reconocer los residuos peligrosos y que observe que en todo caso se separe los residuos, sean depositados en un bote cerrado; los residuos serán embasados por separado y cada semana entregados a la empresa que vaya a recogerlos al frente. (MM1, Capítulo VI).
CONTAMINACION POR RUIDO		
NOM-080-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición (D. O. F. 13 de enero de 1995).	**2**.- La presente NOM 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.	En el numeral 2, de alcances de la NOM, se exceptúa al equipo destinado a las actividades de construcción, por lo cual no aplican los límites a este equipo; sin embargo, se buscara atenuar estos impactos mediante un mantenimiento adecuado al equipo y se revisarán las fechas y horarios en que se generen mayores niveles de ruido y se buscará su mitigación mediante la aplicación de la MM1 (Capítulo VI). En la medida de lo posible, se evitará la emisión de ruidos fuertes (98 dB).
NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	**5.3** Para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: Un reconocimiento inicial; una medición de campo; un procesamiento de datos de medición y; la elaboración de un informe de medición. **5.4** Los límites máximos	Los niveles de ruido esperados están en el rango de cumplimiento para la NOM-081-SEMARNAT-1994. En todo caso, el contratista deberá cumplir la MM1 (Capítulo VI), durante el monitoreo se llevarán a cabo evaluaciones de ruido bimestrales y se informará de sus resultados a las autoridades municipales y

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
	permisibles del nivel sonoro en ponderación "A" emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la Tabla 1.	federales. En caso de exceder los valores permisibles se indicarán las adecuaciones que emplee para corregir dichas excedencias. No podrán llegar a la masa forestal ruidos mayores a 60 dB durante la construcción. No deberán llegar a la masa forestal ruidos mayores a 70 dB por periodos mayores a 1 minuto y ruidos entre 60 y 70 dB no podrán producirse en periodos mayores a 3 minutos.
NOM-085-SEMARNAT-1994. La contaminación atmosférica-fuentes fijas.- para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno.	**5.1** Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, óxidos de nitrógeno y bióxido de azufre de los equipos de combustión de las fuentes fijas a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, son los establecidos en las tablas 4 y 5. 6.1.1.1. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de combustión, medición y análisis de las emisiones y de los certificados de calidad del combustible empleado.	No se colocará este tipo de maquinaria como apoyo a la obra ya que tanto los triturados como el asfalto se comprarán en bancos ya establecidos con operación comercial, que deberán tener documentada el cumplimiento de esta norma.
CONTAMINACION DEL SUELO		
NOM-138-SEMARNAT//SS-2003 Su objetivo es establecer los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación con hidrocarburos en suelos.	Los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo agrícola que incluye forestal, recreativo y de conservación es de 3,000 (mg/kg base seca) En caso de derrames o fugas, la caracterización se debe realizar después de haber tomado las medidas de urgente aplicación. La caracterización del sitio debe contener como mínimo los siguientes elementos: Descripción del sitio y de la afectación; estrategia de	Esta norma será de observancia obligatoria. Las mezclas asfálticas necesarias para la construcción serán compradas a un proveedor autorizado de la región, quien tendrá que presentar ante el promovente los permisos vigentes y será responsable del suministro y transporte del producto. El promovente verificará que los transportes utilizados no tengan fuga y en caso de derrame accidental fuera de la línea de ceros, durante la colocación de la liga asfáltica se procederá de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
	muestreo; plan de muestreo; informe.	En la MM1 (Capítulo VI) se contempló que el contratista, bajo supervisión del promovente será la responsable de determinar los mecanismos necesarios para el manejo adecuado de los residuos peligrosos y se encargará de las acciones de urgente aplicación en caso de algún derrame de hidrocarburos.
RECURSOS NATURALES		
NOM-005-SEMARNAT-1997. Establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.	1.1. La presente Norma es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas en poblaciones naturales, con excepción de la Candelilla (*Euphorbia* spp.)	No es de observancia obligatoria para esta obra, debido a que no se realizará aprovechamiento forestal. Se recuperarán juveniles, y se recuperara germoplasma previo al desmonte, estas se utilizarán para obras de restauración según se señala en la MM2 (Capítulo VI), pero no se comercializarán sino que se utilizarán para las obras de restauración, según se señala en la MM6.
NOM-007-SEMARNAT-1997. Establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.	1.1. La presente Norma es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. 7.1. Esta Norma es de observancia obligatoria para quienes se dediquen al aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, en poblaciones naturales.	En el presente proyecto no se realizará el aprovechamiento ni comercialización de plantas completas o sus partes, sin embargo, como parte del programa de protección, rescate y recuperación de la vegetación, se contempla el rescate, recolección de semilla y germoplasa, así como el trasplante de ejemplares (MM2 y MM6, Capítulo VI). En lo que corresponde al manejo de semillas, durante las actividades de restauración, se seguirá lo establecido en la sección 4.1.6 de la Norma en comento; aunque esta norma no es de observancia obligatoria para este proyecto.
NOM-025-SEMARNAT-1995. Que establece las características que deben de tener los medios de marqueo de la madera en	1.1. La presente Norma establece las características que deben tener los medios de marqueo para la madera en rollo, así como los	En el presente proyecto no se realizará el aprovechamiento ni comercialización de madera en rollo. Por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal se

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
rollo, así como los lineamientos para su uso y control.	lineamientos para su uso y control y es aplicable a los responsables del aprovechamiento de productos forestales maderables.	llevará a cabo dicho marcaje, con el propósito de controlar el destino y transporte de la madera, en caso necesario, de acuerdo a lo que se disponga en la petición de cambio de uso del suelo y el oficio resolutivo a dicha petición.
ESPECIES PROTEGIDAS		
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.	La norma establece el listado de especies en alguna categoría de protección y los procedimientos para modificar el listado. En el Anexo normativo II, se presentan los listados de especies en riesgo.	Se examinó la presencia o reporte de especies bajo protección en la fauna avistada o reportada para el sitio, como se describe en la sección de Flora y Fauna del Capítulo IV. En el área delimitada para el SAR solo se distribuyen dos especies de flora bajo esta norma; *Cedrela odorata* es una especie presente en la Selva baja, sujeta a protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010, de esta especie se afectarán 4 individuos según el censo levantado. Y *Mastichodendron capiri*, en categoría de amenazada, la primera especie mencionada, de esta especie se afectarán 3 individuos, un adulto y 2 juveniles. LA MM 6 mitigarán y compensarán su afectación con el rescate del individuo y la colecta de germoplasma de esta especie para su futura reproducción de forma sexual; se encontraron 29 especies de fauna que se encuentran bajo algún estado de protección, entre las que destacan 7 especies de aves, 10 especies de reptiles, 10 especies de anfibios y 2 especies de mamíferos (Tabla IV.23). Por categoría de protección, destaca el número de especies bajo protección especial (14), seguida por las amenazadas (14 especies) y una en peligro de extinción. De estas, en la zona de afectación directa del trazo se distribuyen 6

NOM	Especificación de la NOM	Aplicación al proyecto
		especies de fauna. Las MM1, 2, 3; 5 y 6 mitigarán y compensarán su afectación, Una vez aplicadas las medidas de mitigación, el resultado son 4 impactos adversos residuales del proyecto en la categoría de bajos (Tabla VI.6) estos son impactos no significativos según el método multicriterio aplicado (sección V.3, Capítulo V) y dos impactos residuales benéficos en la categoría de alto y muy alto respectivamente.

III.4. Análisis integral de la viabilidad del proyecto.

La modernización de la carretera federal 115-D en su tramo La Pera-Cuautla, resulta ser parte importante para la aplicación de las estrategias planteadas en el Plan Nacional de Infraestructura 2007-2012 ya que forma parte del Eje Troncal Transversal Acapulco-Veracruz, lo que propiciaría una reducción de tiempos y costos de traslado de personas y mercancías de ciudad a ciudad.

El trazo se ubica dentro de territorio regulado por el modelo del Programa de Ordenamiento Territorial Tepoztlán, se ubica dentro de 14 Unidades de Gestión Ambiental y es regulado por el criterio de infraestructura que señala que: “Las obras de infraestructura que se instalen en el municipio deberán someterse a una evaluación en materia de impacto ambiental”, esta MIA-R da cumplimiento al criterio y el proyecto se someterá a dicha evaluación por parte de la autoridad competente, por lo que no se encontró incompatibilidad con el proyecto.

Cabe señalar que el trazo carretero cruza por las ANP´s Corredor Biológico Chichinautzin del km 15+400 al 20+700 y por El Parque Nacional El Teopozteco. El programa de manejo del Chichinautzin cuyos se encuentra en proceso de revisión y no fue posible su vinculación por no estar decretado oficialmente. El programa del Parque Nacional El Tepozteco fue publicado el 9 de mayo del 2011, se vinculó el programa con sus objetivos, políticas y usos dentro de las subzonas por donde pasa el proyecto encontrándose congruente.

El trazo además cruza por la Región Hidrológica Prioritaria 67. Rio Amacuzac-Lagunas de Zempoala, por las características y escala del proyecto, y la aplicación de medidas de prevención y mitigación, el proyecto no ocasionará repercusiones directas apreciables para la conservación de dichas regiones. El trazo no cruza por Áreas para la Conservación de las Aves.

En resumen, el proyecto es congruente con los programas sectoriales de orden federal y estatal, no incumple ninguna disposición del Programa de ordenamiento ecológico territorial de Tepoztlán, Morelos, ni con los Planes de Desarrollo Urbano vigentes y da cumplimiento a las disposiciones normativas aplicables.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1. Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR)

El proyecto denominado “Modernización de la carretera La Pera-Cuautla del Km 0+800 al 20+700”, se ubica en el estado de Morelos en los municipios de Tepoztlán y Tlayacapan, además, su área de influencia ambiental incluye el territorio de los municipios de Huitzilac y Yautepec.

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), se realizó de manera que los componentes bióticos y abióticos que pudieran ser influenciados por el proyecto, fueran considerados. Existen múltiples metodologías para la regionalización ecológica de una zona: la delimitación de microcuencas, unidades geomorfológicas, edafológicas, ecosistémicas y de paisaje.

Para la delimitación del SAR del proyecto, se realizó la delimitación de unidades de paisaje que pudieran estar relacionadas con el trazo, las cuales, de acuerdo al concepto de la ecología del paisaje, integran la geomorfología, edafología, topografía, ecosistemas, estado de conservación, escurrimientos y actividades antropogénicas, obteniendo así un sistema de áreas ecológicas bien identificadas con características específicas que se relacionan ambientalmente con el proyecto, las cuales en conjunto, definen el SAR. Para ello se utilizaron las siguientes fuentes de información:

a) UGA´s del Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), del Territorio de Tepoztlán, Morelos;

b) Geomorfología;

c) Microcuencas; y,

d) Uso de suelo y vegetación.

UGA´s

La delimitación se realizó, en primera instancia, utilizando las unidades de gestión ambiental (UGA´s), del Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), del territorio de Tepoztlán, las cuales de acuerdo a la memoria técnica de dicho programa, fueron delimitadas utilizando los criterios de geomorfología, edafología y vegetación, asemejándose mucho a las unidades de paisaje propuestas para la delimitación del SAR. Se utilizaron como primer criterio de regionalización, seleccionando aquellas que fueran cruzadas por el trazo o se encontraran relacionadas ambientalmente con el mismo, es decir, aquellas que se encontraran relativamente cercanas y que en dicho transecto la homogeneidad ambiental fuera alta (Figura IV.1).

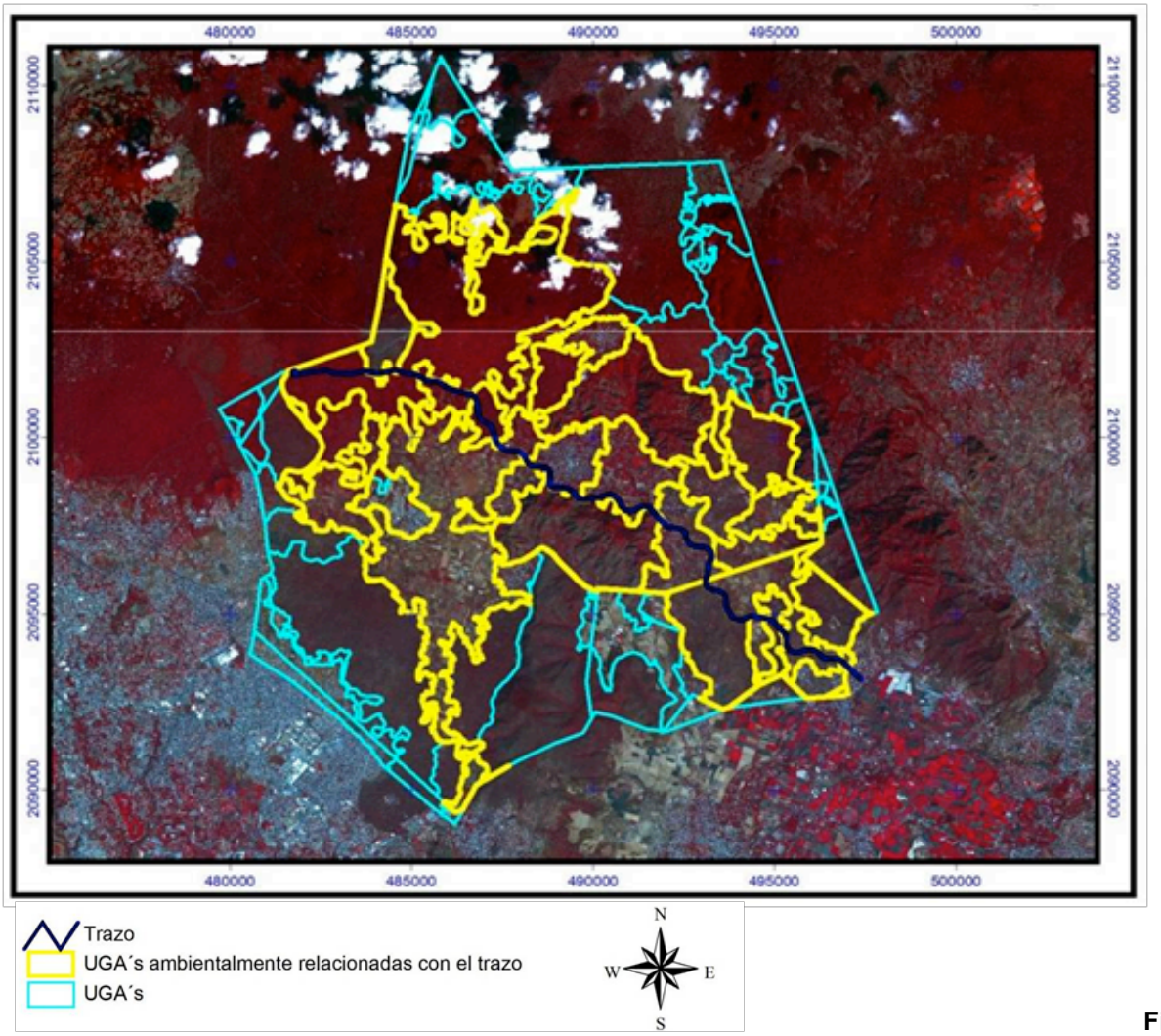


Figura IV.1. Unidades de gestión ambiental seleccionadas

De esta manera, se seleccionaron treinta UGA´s, delimitando así el polígono preliminar (Figura IV.2) el cual tiene una superficie de 12,387.37 Ha y se localiza en su totalidad al interior del municipio de Tepoztlán. Fue necesaria la incorporación de otros criterios ambientales para la delimitación del SAR, por dos razones:

1) Aunque las UGA´s del POEL de Tepoztlán fueron delimitadas mediante unidades de paisaje, aquellas que se encontraron colindantes con los límites municipales, fueron cortadas con los mismos, por tanto, dichos cortes corresponden a límites administrativos; y,

2) Poco más de 400 m del proyecto se sale el POEL, dicho tramo se ubica en un área que comparte condiciones ambientales con la UGA 71 de Tepoztlán.

Debido a las dos razones expuestas, se tuvieron que sobreponer a este polígono (Figura IV.2) otras fuentes de información que reflejaran la continuidad ambiental del sistema.

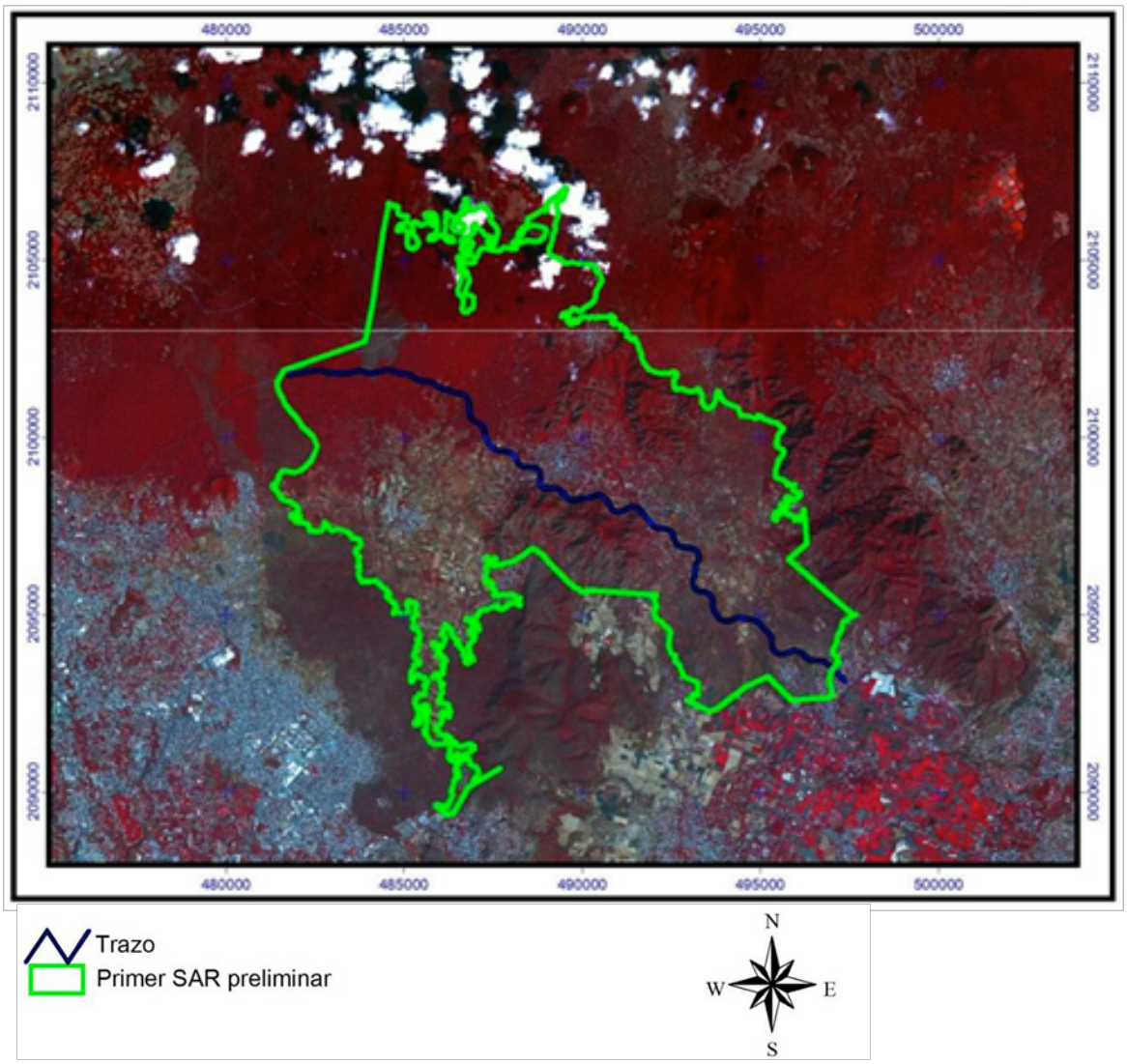


Figura IV.2. SAR preliminar delimitado a partir de UGA´s del POEL de Tepoztlán

Geomorfología

Para la definición de las unidades de paisaje uno de los atributos importantes a tomar en cuenta son las geoformas, las cuales permitieron redelimitar el SAR preliminar obtenido a partir de las UGA´s del POEL de Tepoztlán, adicionando algunas zonas que geomorfológicamente están relacionadas con el trazo pero que fueron excluidas del primer SAR (preliminar), debido al límite administrativo municipal del municipio de Tepoztlán. De esta manera, se seleccionaron 12 unidades geomorfológicas (Figura IV.3), aquellas relacionadas con el trazo, obteniendo una poligonal que agrupa aquellas geoformas que ambientalmente se relacionaban con el polígono mostrado en la Figura IV.2, el cual tiene una superficie de 13,801.818 Ha (Figura IV.4). Adiciona zonas importantes no contempladas en el SAR preliminar obtenido a partir de las UGA´s de Tepoztlán y excluye zonas que no tienen

una relación ambiental importante con el trazo pero que sí eran contempladas dentro de las UGA´s, probablemente por la continuidad del uso de suelo.

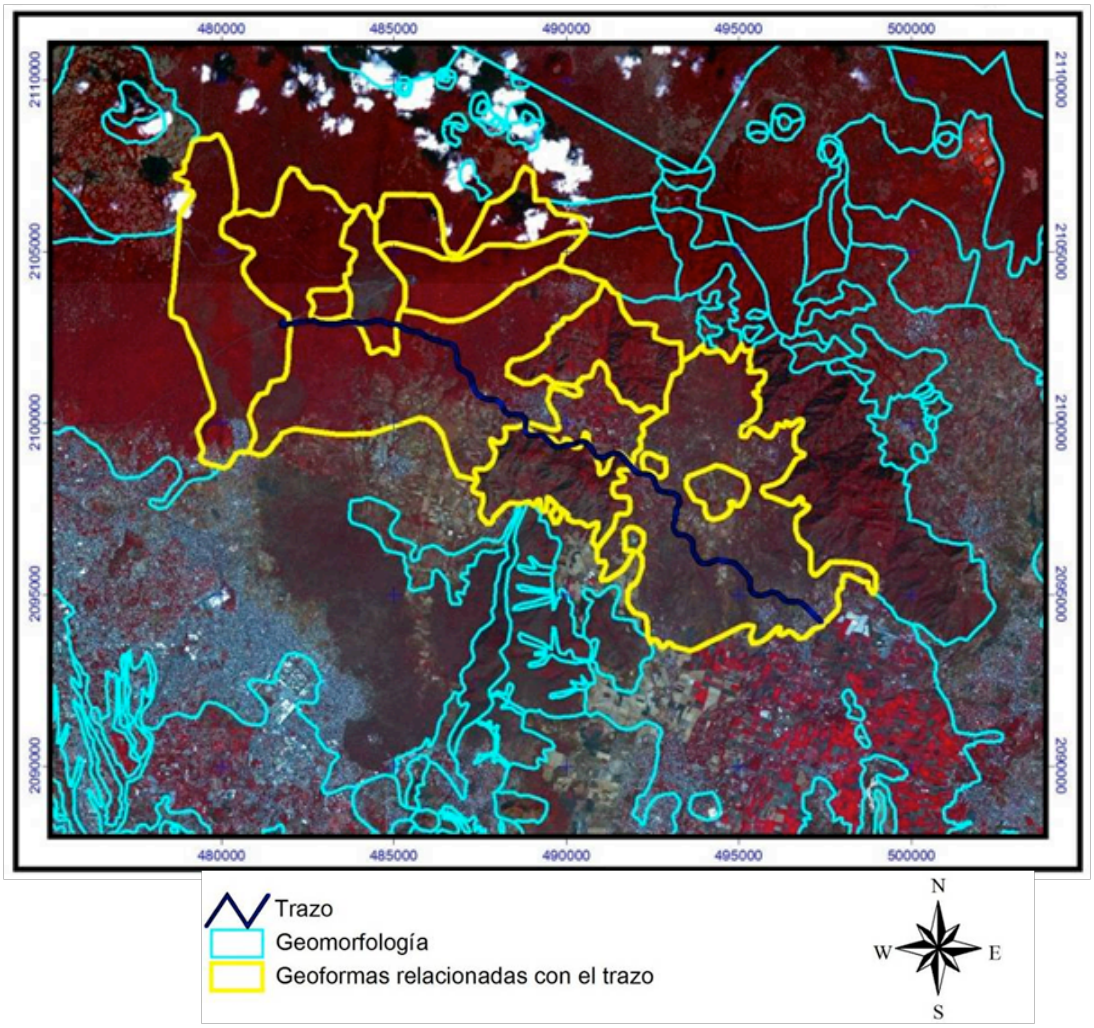


Figura IV.3. Unidades geomorfológicas relacionadas con el trazo

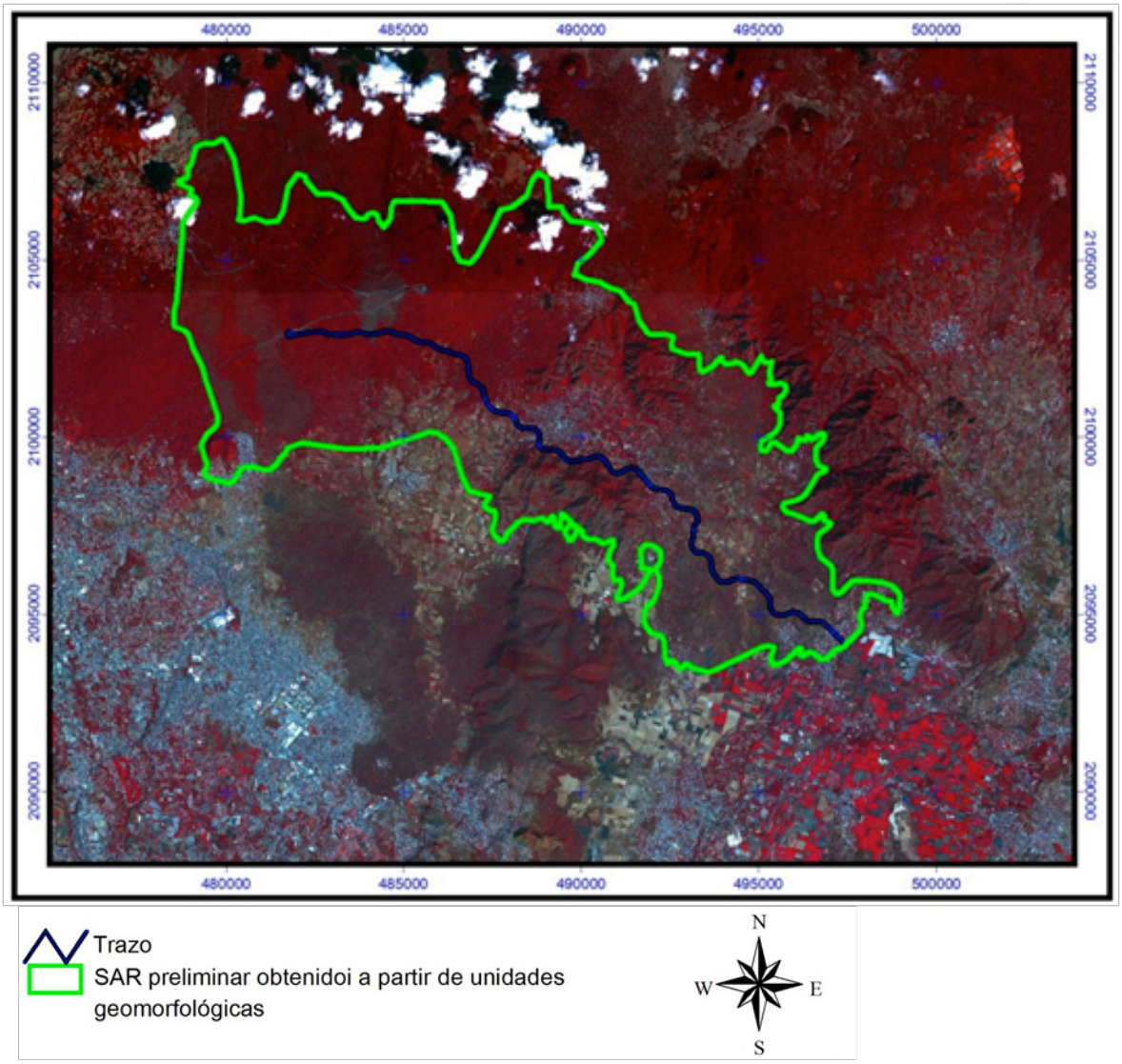


Figura IV.4. SAR preliminar delimitado a partir de unidades geomorfológicas

Posteriormente se procedió a la combinación de los dos SAR preliminares obtenidos a partir de las UGA´s y unidades geomorfológicas, con el fin de adicionar zonas de importancia ambiental no consideradas aún. Como se observa en la Figura IV.5, se agregaron zonas no incluidas en las UGA´s:

a) Superficie al extremo Norponiente, más allá de los límites administrativos del POEL Tepoztlán, constituida por un derrame de lava cubierta por un material volcanoclástico (brechas, tobas, cenizas) donde la vegetación de Bosques de encino y pino se modifica a una cobertura con afinidades xerófilas, debido a la falta de un perfil edáfico fértil que retenga el agua. Entonces se incluye el derrame de lava con bosque de afinidades xerófilas.

b) Superficie al extremo Suroriente más allá de los límites administrativos del POEL Tepoztlán, que permite incluir por completo al trazo del proyecto, y le da continuidad

ambiental a la UGA 71 en cuanto a su cobertura vegetal (zona semiurbana), tipo edáfico y conservación.

De igual manera fueron excluidas zonas que no están relacionadas con el trazo:

a) Corredor agrícola que se extiende hacia el Sur (localidad de Santa Catarina) a zonas que no están relacionadas ambientalmente con el trazo y corresponden a zonas completamente transformadas por actividades agropecuarias y crecimiento suburbano; dicha zona coincide con una cañada de un río perenne con crecimiento urbano a sus bordes.

b) Inicio de una Zona de cultivo, 2.5 Km al Norte de la curva conocida como La Pera que limita el desarrollo del Bosque de encino y pino aguas arriba.

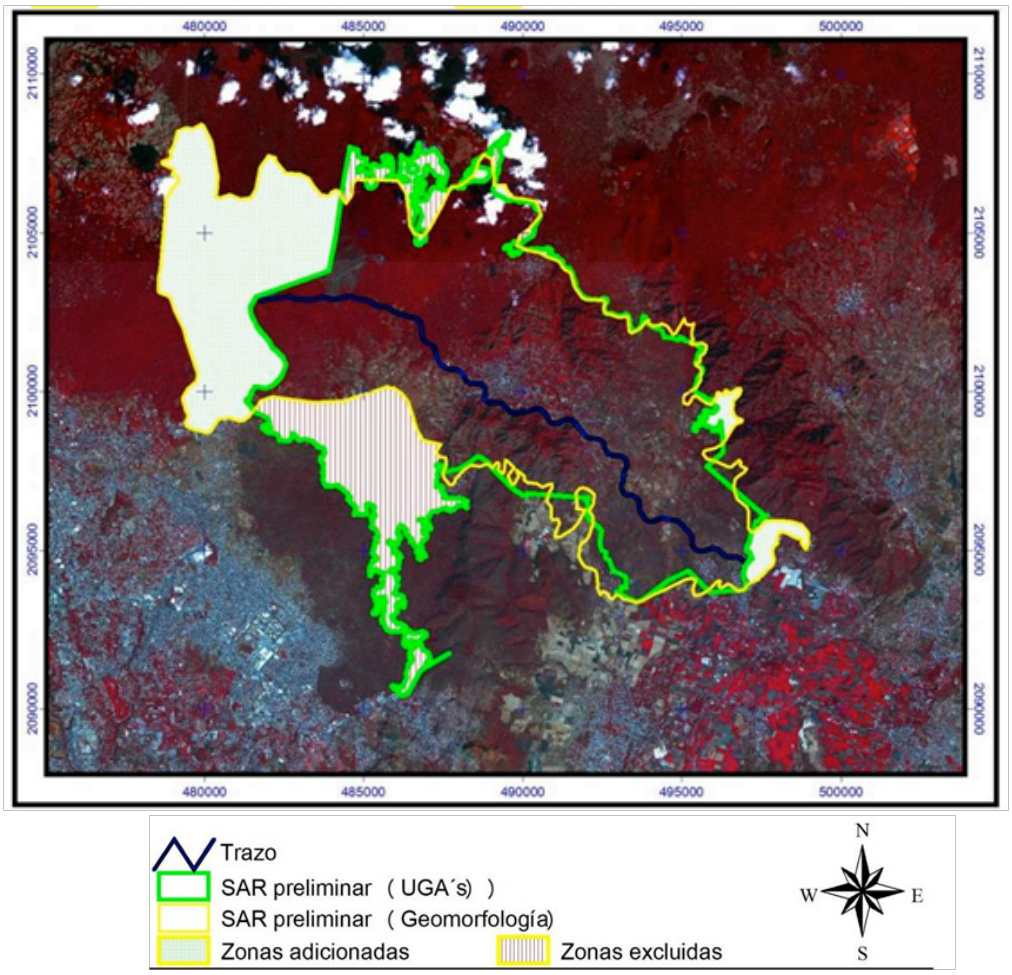


Figura IV.5. Combinación de los SAR delimitados a partir de UGA´s y unidades geomorfológicas

El área obtenida es un SAR con una superficie de 13,966.08 Ha, en el cual, se eliminaron algunas zonas remotas que no tienen una relación ambiental importante con el trazo y de igual manera, mediante la adición de algunas unidades geomorfológicas, fueron eliminados

los límites administrativos del municipio de Tepoztlán, obteniendo un SAR preliminar delimitado únicamente con límites ambientales (Figura IV.6).

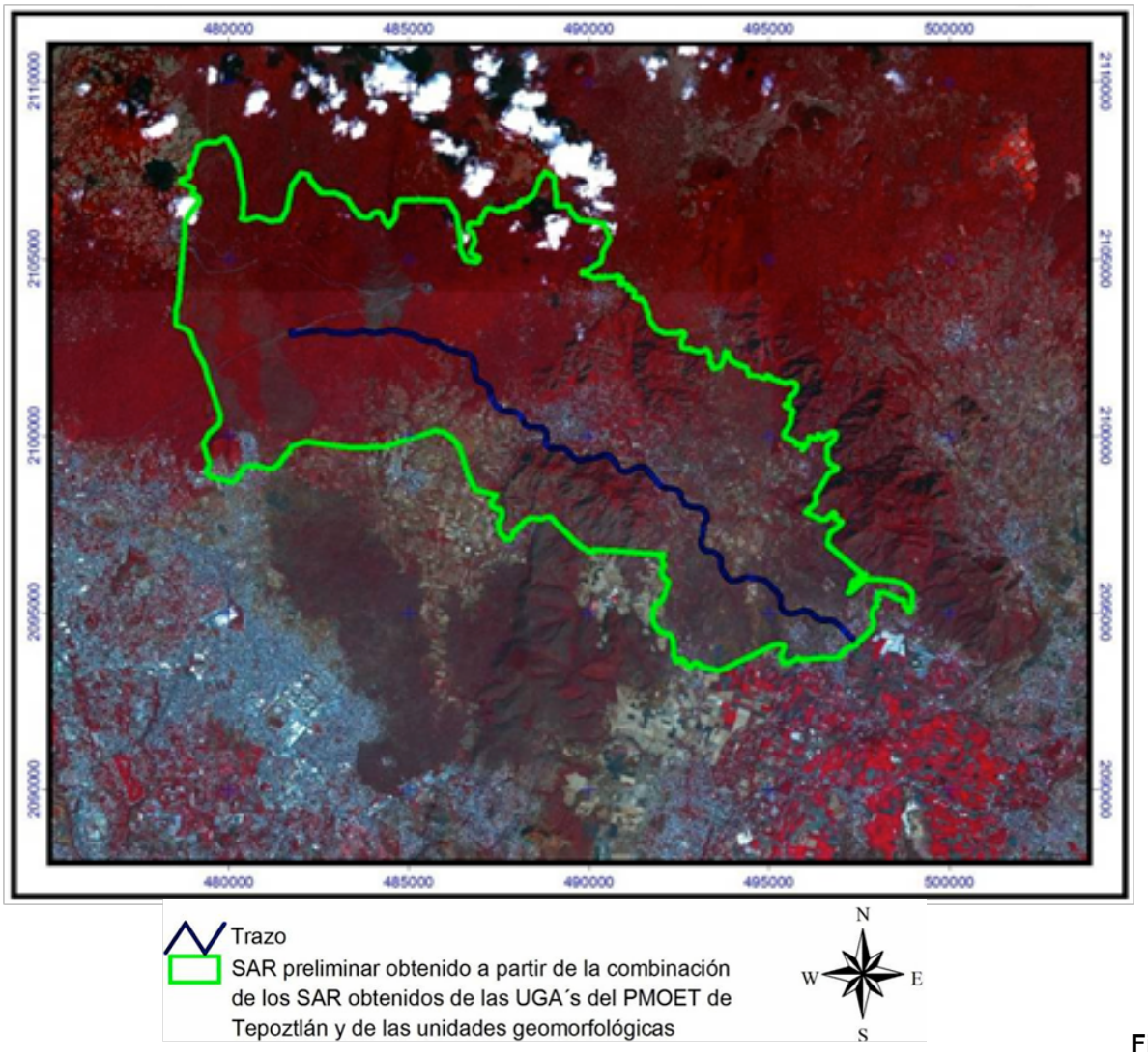


Figura IV.6. SAR preliminar obtenido a partir de depuración y combinación de UGA´s y unidades geomorfológicas

Unidades de escurrimiento

La regionalización ecológica, o delimitación ambiental, a menudo es realizada mediante la delimitación de unidades de escurrimiento (microcuencas), las cuales son utilizadas como unidades ambientales. Paralelamente a la delimitación del SAR preliminar a partir de UGA´s y unidades geomorfológicas para el proyecto, se delimitaron y agruparon microcuencas para delimitar un sistema hidrológico (Figura IV.7). Este sistema permitiría analizar las zonas que hidrológicamente están relacionadas con el SAR preliminar; sin embargo, las zonas contempladas en dicho sistema hidrológico se extienden hasta el extremo Norte de Morelos,

en la cima del Chichinautzin (parteaguas de las regiones hidrológicas Balsas y Pánuco), zona que aunque se encuentra relacionada ambientalmente con los bosques por la continuidad de la cobertura vegetal y los flujos hidrológicos y de especies, presenta características de clima y ecosistemas diferentes a los que se encuentran en la zona donde se ubica el proyecto, siendo importante la heterogeneidad ambiental entre ambas.

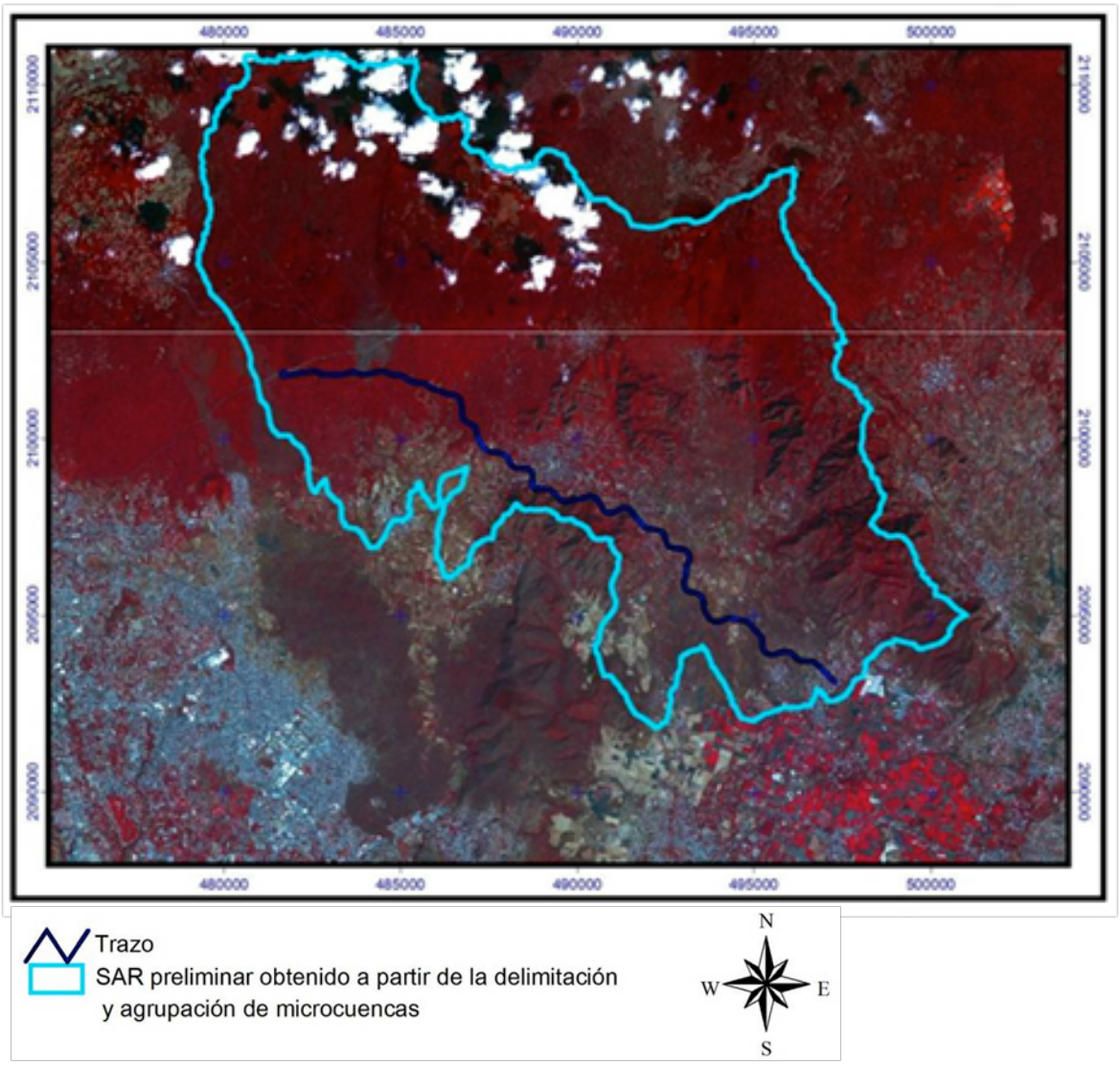


Figura IV.7. Sistema hidrológico sobrepuesto al SAR preliminar

Como se mencionó anteriormente, el sistema hidrológico tiene una superficie considerablemente mayor al SAR preliminar, y se extiende a áreas remotas hasta el extremo Norte del estado. Sin embargo, la combinación de ambos polígonos, es un ejercicio interesante para identificar zonas que correspondan a microcuencas que no tienen relación con el trazo y en las cuales la influencia del proyecto sería mínima.

En la Figura IV.8 se observa que prácticamente el SAR preliminar esta contenido al interior del SAR hidrológico y únicamente su extremo Poniente, se extiende hacia afuera, por lo que, dicha zona fue excluida ya que pertenece a microcuencas que no están relacionadas con la delimitación preliminar y aunque pertenecen a una misma unidad geomorfológica, su topografía y flujo hidrológico orientados hacia Cuernavaca, reducen su relación ambiental con el polígono preliminar.

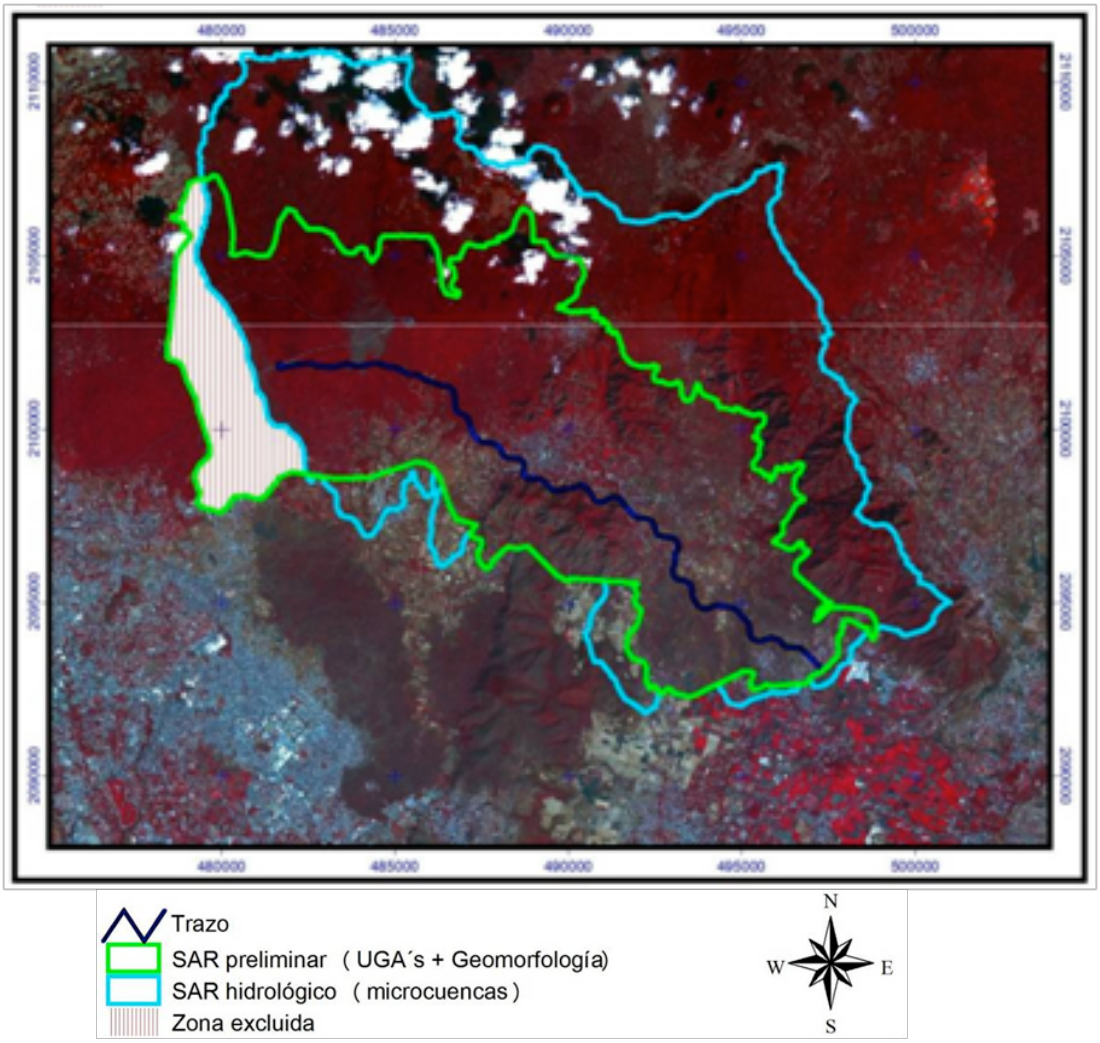


Figura IV.8. Combinación del SAR hidrológico y el SAR preliminar

El SAR resultante de la combinación de las UGA´s, unidades geomorfológicas y el sistema hidrológico (Figura IV.9) tiene una superficie de 12,448.72 Ha y considera variables geomorfo-edafológicas y de vegetación utilizadas para la definición de las UGA´s del POEL Tepoztlán y flujos hidrológicos. Incluye aquellas áreas que están relacionadas ambientalmente con el SAR y está constituido por unidades de paisaje que agrupan variables físicas, biológicas y estado de conservación ambiental debido al uso antropogénico.

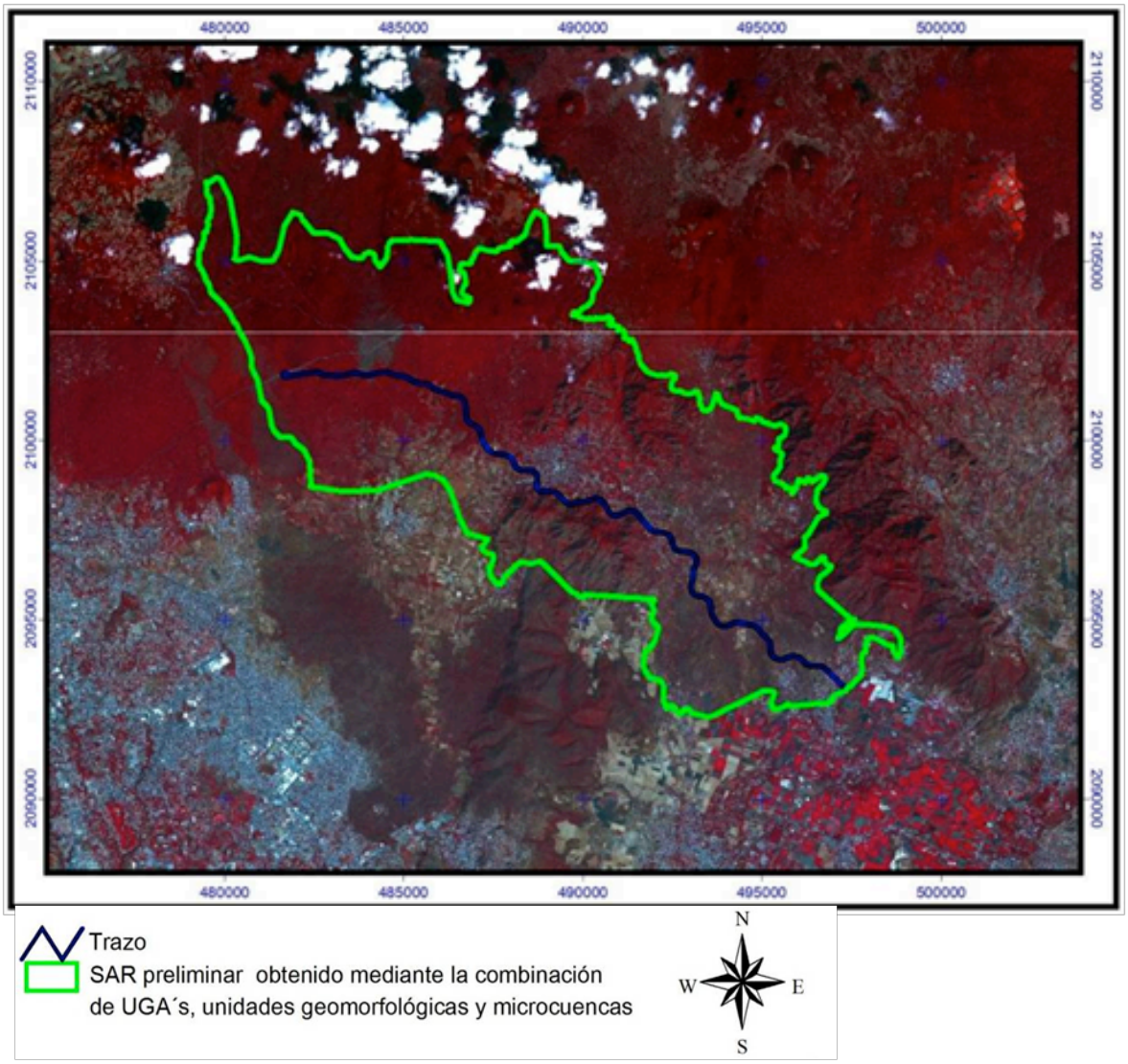


Figura IV.9. SAR resultante de la combinación del SAR hidrológico y el SAR preliminar obtenido de las UGA´s y unidades geomorfológicas

Uso de suelo y vegetación

El uso de suelo y vegetación que ocupa la superficie de un territorio es una de las herramientas más importantes para su zonificación ambiental. Muestra para qué es utilizado el territorio, el tipo de ecosistemas presentes, su distribución y el grado de perturbación que presentan, por ello, el SAR resultante de la combinación de las UGA´s, unidades geomorfológicas y el sistema hidrológico fue revisado a detalle sobre una imagen híbrida PAN-sharpenned de una imagen de satélite del año 2009 con la banda infrarroja (sustituyendo a la roja), para obtener un mayor contraste entre ecosistemas. Esto permitió identificar zonas que pudieran contener ecosistemas que no se encuentran en las áreas de influencia del proyecto y solo fueron consideradas debido a que en ocasiones, los límites geomorfológicos no se encuentran trazados a detalle o que en el caso de las UGA´s no hubo una identificación certera de los diferentes tipos de ecosistemas, o el trazo de las UGA´s no se realizó al detalle necesario para este proyecto (Figura IV.10).

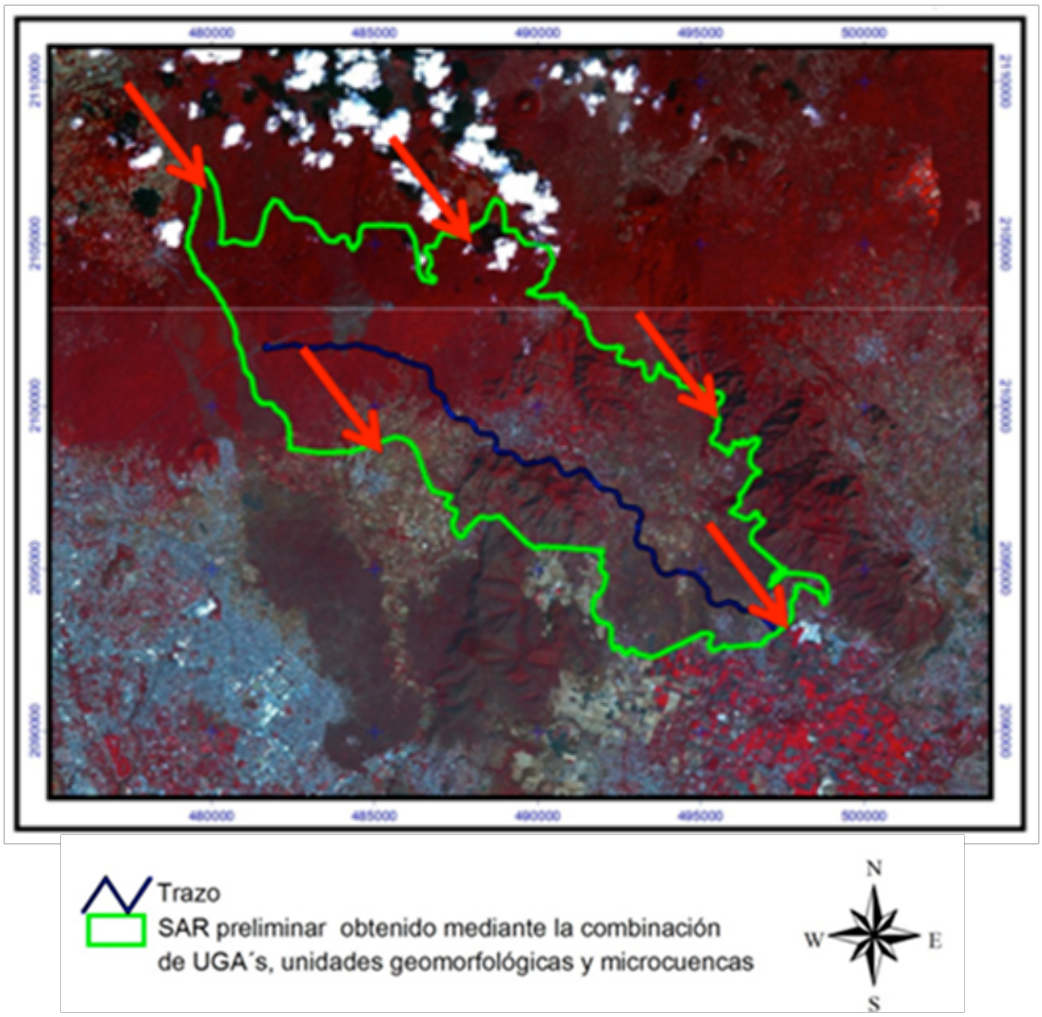


Figura IV.10. Revisión del límite del SAR sobre imagen de satélite 2009

El resultado de dicha revisión fue la redelimitación de los límites del SAR. Se incluyeron pequeños fragmentos de usos de suelo o ecosistemas que habían sido excluidos pero que tienen continuidad al interior de la poligonal; y se eliminaron algunas zonas o áreas que se encontraban al interior del SAR preliminar, pero que presentan ecosistemas y climas diferentes; como al extremo Norponiente del área, donde se observa que se eliminó una zona que presenta un fragmento de un ecosistema diferente a los incluidos en el SAR (Figura IV. 11).

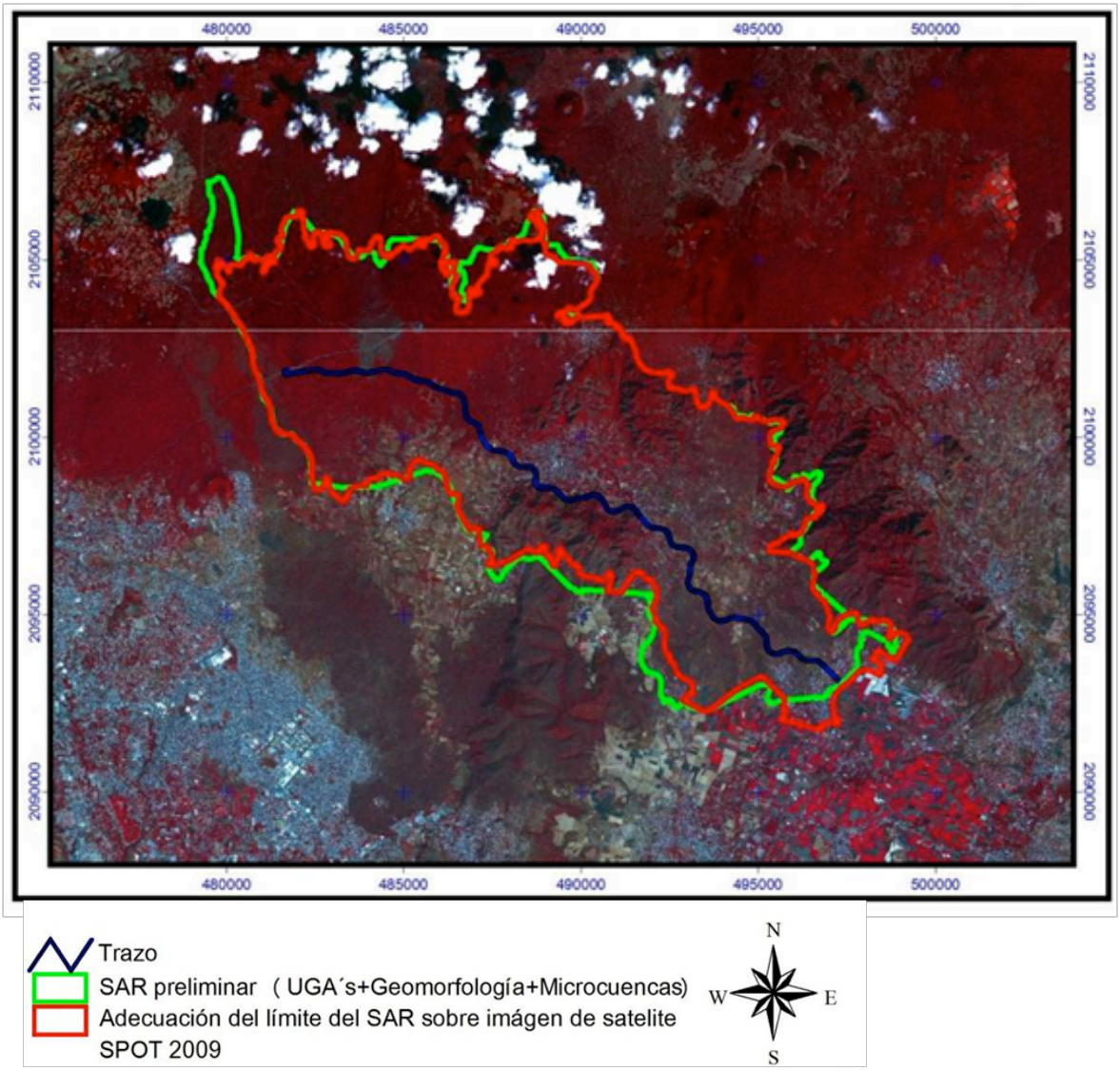


Figura IV.11. Redelimitación del límite del SAR sobre imagen de satélite 2009

El resultado es un SAR (Figura IV.12) con una superficie de 11,776.40 Ha, que está constituido por una serie de unidades de paisaje que consideran la geomorfología, edafología, microcuencas y uso de suelo y vegetación. Comprende aquellas áreas

ambientalmente relacionadas con las unidades ambientales que cruza el trazo. Entre los usos de suelo, el SAR incluye zonas de Bosque templado de oyamel, pino, Bosques mixtos, encino, Zonas de transición y se extiende hasta Zonas de selva baja caducifolia.

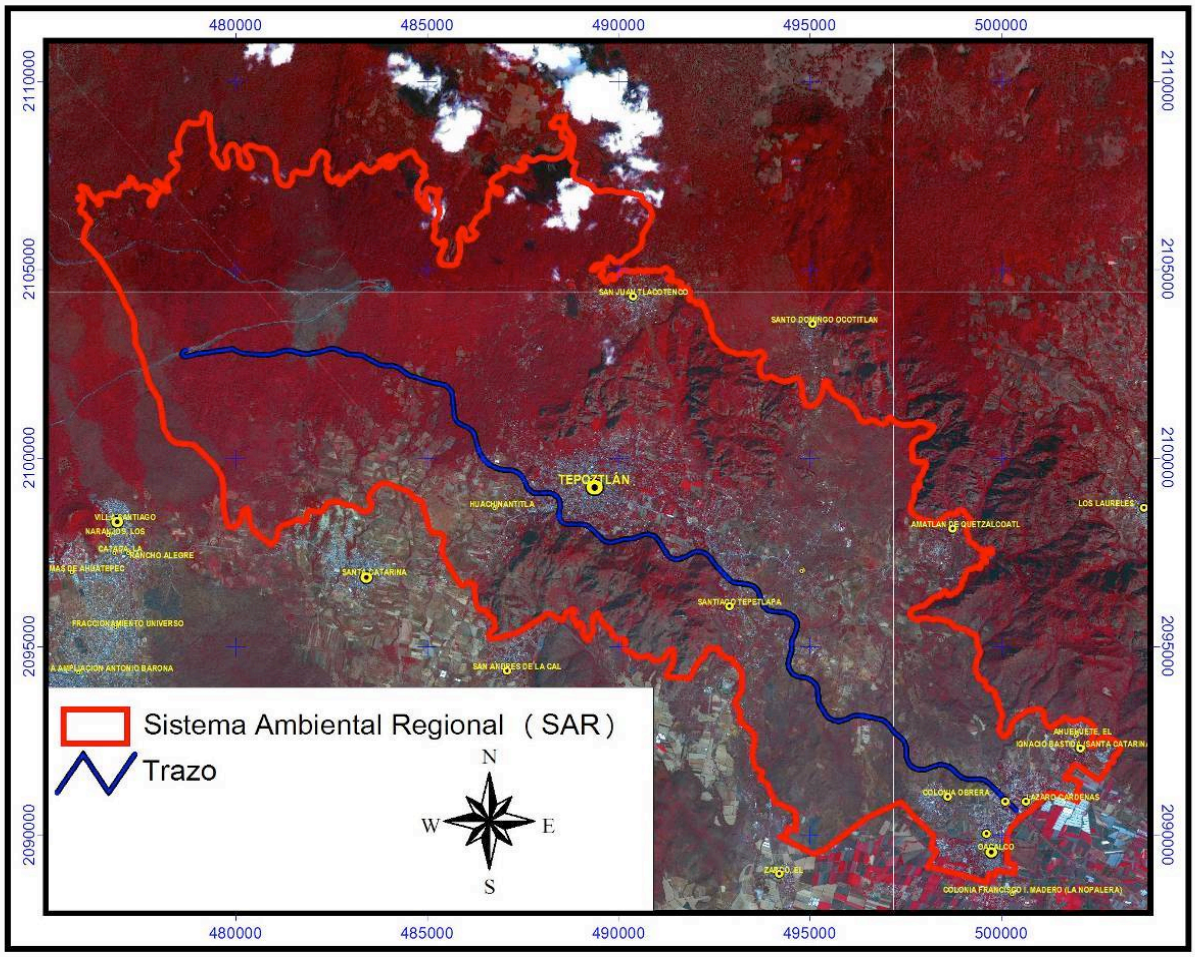


Figura IV.12. Sistema Ambientar Regional final (SAR)

Como se mencionó anteriormente, el polígono del SAR final tiene una superficie de 11,776.40 Ha, donde se distribuyen 3 tipos climáticos que van desde un semifrío en el extremo NW hasta los semicálidos dominantes del sistema. Afloran 4 tipos de rocas en la litología superficial, 3 de tipo ígneo extrusivo y 2 de materiales sedimentarios que recibe el desgaste de las rocas ladera arriba. En cuanto a la geomorfología, se distribuyen 7 unidades donde la dominante, son los derrames de lava del malpaís, las unidades geomorfólogicas incluyen desde estructuras con fuerte disección y pendientes, como las Laderas modeladas; hasta las Llanuras aluviales al SE del SAR. Como era de esperarse se distribuyen 7 tipos edáficos primarios y 9 diferenciados por su horizonte diagnóstico; la distribución de los suelos obedece al tipo climático, la litología superficial y la geoforma. El SAR se asienta en 5 microcuencas. Se distribuyen 13 asociaciones vegetales que van desde el Bosque de

encino-oyamel en el clima semifrío, hasta Pastizales inducidos y Zonas urbanas, pasando por Bosques templados, Matorral crasicaule y Selva baja caducifolia. Políticamente el SAR se asienta en los municipios de Tepoztlán, Huitzilac, Yautepec, Tlalnepantla y Tlayacapan (Tabla IV.1).

Tabla IV.1. Características principales del SAR

	Superficie	Porcentaje
Climas		
Semicálidos (A)C(Wo)(W), (A)C(W1)(W), (A)C(W2)(W) y A(C)W1(W)	8,304.6 Ha	70.60%
Semifrío C(W2)(W)(b´)	252.1 Ha	2.10%
Templado C (W2) (W)b	3,219.7 Ha	27.30%
Geología	**Superficie**	**Porcentaje**
Aluvión - Cuaternario	884.4 Ha	7.50%
Basalto - Cuaternario	2,734.0 Ha	23.20%
Brecha volcánica - Cuaternario	3,101.8 Ha	26.30%
Ígnea extrusiva básica - Cuaternario	4,957.0 Ha	42.20%
Residual - Cuaternario	99.2 Ha	0.80%
Geomorfología	**Superficie**	**Porcentaje**
Depresiones intralávicas de carácter acumulativo con mantos de tefra y/o sedimentos volcánicos poco trabajados por el agua	514.0 Ha	4.40%
Derrame de lava cubierta por un manto o capa de material volcanoclástico (brechas, tobas, cenizas) dispuesto sobre declives de laderas de montañas no diferenciados	737.2 Ha	6.30%
Derrame de lava, campos de malpaís	8,183.1 Ha	69.50%
Derrames de lava asociados a centros eruptivos y de fisura, bien conservados sin rasgos notables de erosión	8.4 Ha	0.10%
Edificio volcánico cinerítico	217.6 Ha	1.80%
Laderas modeladas por una disección profunda mayor a los 50 m de tierras altas comprendidas entre los 2,000 y los 3,500 m con excepción de la falda del Popocatepetl	1,903.1 Ha	16.20%
Edafología	**Superficie**	**Porcentaje**
Acrisol órtico	41.6 Ha	0.40%
Andosol húmico	3,839.5 Ha	32.60%
Andosol mólico	0.0 Ha	<0.10%
Feozem háplico	2,147.9 Ha	18.20%
Feozem lúvico	695.1 Ha	5.90%
Litosol	3,034.3 Ha	25.80%

	Superficie	Porcentaje
Luvisol crómico	45.3 Ha	0.40%
Regosol eútrico	69.9 Ha	0.60%
Vertisol pélico	1,902.6 Ha	16.20%
Microcuencas	**Superficie**	**Porcentaje**
Hueycuagco	2,074.4 Ha	17.60%
La Joya	2,353.8 Ha	20.00%
Oacalco	1,197.8 Ha	10.20%
Pedregal	1,326.7 Ha	11.30%
Tepoztlán	4,823.7 Ha	40.90%
Uso de suelo y vegetación	**Superficie**	**Porcentaje**
Asentamientos humanos	1,095.28 Ha	9.30%
Bosque de encino	1,739.95 Ha	14.77%
Bosque de encino perturbado	1,246.39 Ha	10.58%
Bosque de oyamel	147.12 Ha	1.25%
Bosque de pino	45.85 Ha	0.39%
Bosque de pino perturbado	13.83 Ha	0.12%
Bosque inducido de especies exóticas	231.93 Ha	1.97%
Bosque mixto de pino-encino	918.89 Ha	7.80%
Bosque mixto de pino-encino perturbado	412.93 Ha	3.51%
Bosque templado con elementos mesófilos	23.60 Ha	0.20%
Carretera pavimentada	83.87 Ha	0.71%
Derecho de vía (CFE)	18.25 Ha	0.15%
Infraestructura mixta	28.11 Ha	0.24%
Uso de suelo y vegetación	**Superficie**	**Porcentaje**
Invernaderos	7.48 Ha	0.06%
Matorral rosetófilo cracicaule	153.81 Ha	1.31%
Pastizal inducido	683.96 Ha	5.81%
	Superficie	**Porcentaje**
Rocas	276.69 Ha	2.35%
Selva baja caducifolia	485.76 Ha	4.12%
Selva baja caducifolia perturbada	841.66 Ha	7.15%
Terracería	52.90 Ha	0.45%
Vegetación riparia	3.90 Ha	0.03%

	Superficie	Porcentaje
Vegetación riparia perturbada	38.85 Ha	0.33%
Vegetación secundaria	1,313.86 Ha	11.16%
Zona agrícola	1,026.19 Ha	8.71%
Zona arqueológica	0.20 Ha	0.00%
Zona de Transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	123.03 Ha	1.04%
Zona de transición entre SBC y bosque templado	748.25 Ha	6.35%
Zona sin vegetación aparente	13.87 Ha	0.12%

Municipios	Superficie	Porcentaje
Huitzilac	1,248.3 Ha	10.6%
Tepoztlán	10,123.7 Ha	86.0%
Tlalnepantla	1.1 Ha	< 0.1%
Tlayacapan	62.4 Ha	0.5%
Yautepec	340.9 Ha	2.9%

IV.2. Caracterización del Sistema Ambiental Regional

IV.2.1. Medio Abiótico

Clima

El SAR se ubica en la región Norte del estado de Morelos, donde debido a la variación altitudinal, también se manifiesta una gran diversidad climática.

Además de la altitud, la ubicación al Norte de la Sierra Chichinautzin, constituye una barrera para la humedad proveniente del Pacífico, por lo que acelera los cambios climáticos con respecto a las partes bajas del SAR. La variabilidad climática también se manifiesta en la vegetación, que trasciende desde las partes altas, de comunidades de bosques, hasta la Selva baja caducifolia.

Para la caracterización climática del SAR se realizó el cálculo de las variables climáticas, y por consiguiente del clima, para ello, se utilizaron los valores normales de las 23 estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional que se encuentran dentro y alrededor del SAR (Tabla IV.2 y Figura IV.14). Lo anterior debido a que dentro del SAR solo se encuentra una estación climatológica, la estación Tepoztlán, y los datos no son suficientes por sí mismos para caracterizar todo el SAR. Extrapolando los datos de estaciones fuera del SAR, resultan en cartografía con menor incertidumbre que interpolando a partir de una sola estación climatológica.

Para interpolar los datos entre estaciones meteorológicas, se utilizó el método SPLINE, en su variante de tensión, que utiliza además de los valores numéricos de los puntos, la primer y segunda derivada de la función de curvatura. Se utilizó una vecindad de seis estaciones por cada estación analizada. Al utilizar SPLINE se obtiene una superficie suave, a diferencia de Kriging o IDW (Figura IV.13).

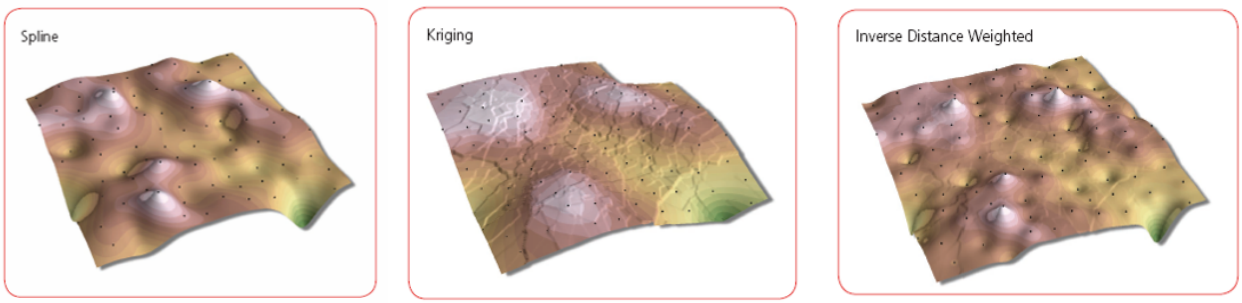


Figura IV.13. Resultados de algunas Interpolaciones espaciales. Fuente: ESRI.com

Tabla IV.2. Estaciones meteorológicas

Estación	X (m)	Y (m)	Elevación (msnm)	T máx media anual (°C)	T media anual (°C)	T mín media anual (°C)	Precipitación (mm/año)
Ahuatenco, Ocuilan	465,078	2,095,219	1,937	23.50	17.70	11.90	1,272
Alameda/Solidaridad	479,767	2,091,765	1,449	34.50	21.85	8.00	1,129
Atlatlahucan	510,702	2,093,621	1,629	34.00	20.30	7.14	910
Aux Chichinautzin	488,491	2,107,965	3,218	-	-	-	1,560
Coajomulco	478,315	2,104,589	2,640	-	-	-	1,560
Cuautla (C.N.A.)	505,353	2,079,758	1,290	36.18	22.30	6.86	828
Cuautla (S.M.N.)	504,944	2,079,174	1,277	36.18	22.26	6.77	836
Cuentepec	465,996	2,085,505	1,473	37.05	22.21	7.14	1,069
Cuernavaca C.N.A.)	475,665	2,095,202	1,634	33.09	20.93	7.68	1,341
Huautla	510,702	2,093,621	1,629	37.00	24.14	9.30	805
Huitzilac	470,152	2,104,123	2,847	26.45	12.69	6.20	1,575
Juchitepec	514,025	2,111,771	-	-	14.10	7.70	774
Juchitepec	512,095	2,110,526	2,536	-	14.10	7.70	751
Oaxtepec	502,922	2,089,900	1,345	35.82	24.60	8.64	911
Observatorio	475,392	2,088,010	1,389	35.90	20.87	6.82	1,380
Progreso	494,585	2,089,716	1,218	36.68	22.14	7.32	981
Sn. Tlacotenco	**490,088**	**2,105,239**	**2,834**	**21.2**	**15.8**	**10.4**	**1,585**
Temixco	476,121	2,086,104	1,274	38.68	23.62	7.91	1,002
Tepoztlán	**491,956**	**2,099,367**	**1,677**	**27.6**	**20.4**	**13.20**	**1,183**
Tlacualera	505,930	2,105,483	2,574	25.86	13.45	-9.00	1,119
Totolapan	508,389	2,099,521	1,905	35.23	18.21	3.32	1,130
Tres Marías	474,558	2,106,675	2,800	-	-	3.70	1,550
Yautepec	**494,585**	**2,089,716**	**1,218**	**30.00**	**21.40**	**12.70**	**906**

Fuente. Normales climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

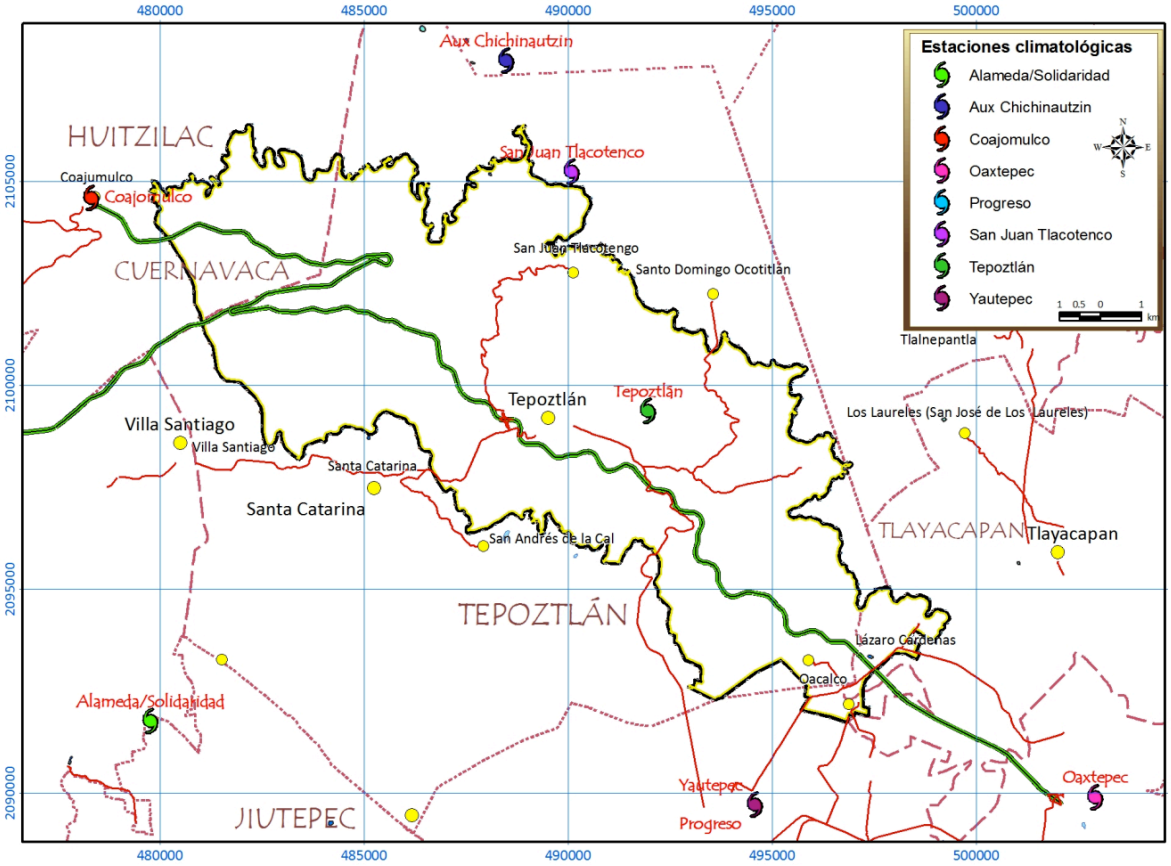


Figura IV.14. Mapa de estaciones climatológicas. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Precipitación

Dentro del SAR, la precipitación media anual oscila entre los 986 mm/año, al Suroriente y 1,595 mm/año al Norte (Figura IV.15), con un promedio de 1,290 mm/año. Esta diferencia se debe en parte al gradiente altitudinal dentro del SAR, que permite que en las partes altas se presenten mayores humedades, que dan paso a Bosques de pino y encino y en la parte baja, más seca, a Selva baja caducifolia. Debido a que los vientos dominantes provienen del Océano Pacífico, y estos a su vez transportan una gran cantidad de humedad, al Eje Neovolcánico Transversal, del cual es parte la Sierra Chichinautzin; las montañas detienen esta humedad y la captura en las partes altas.

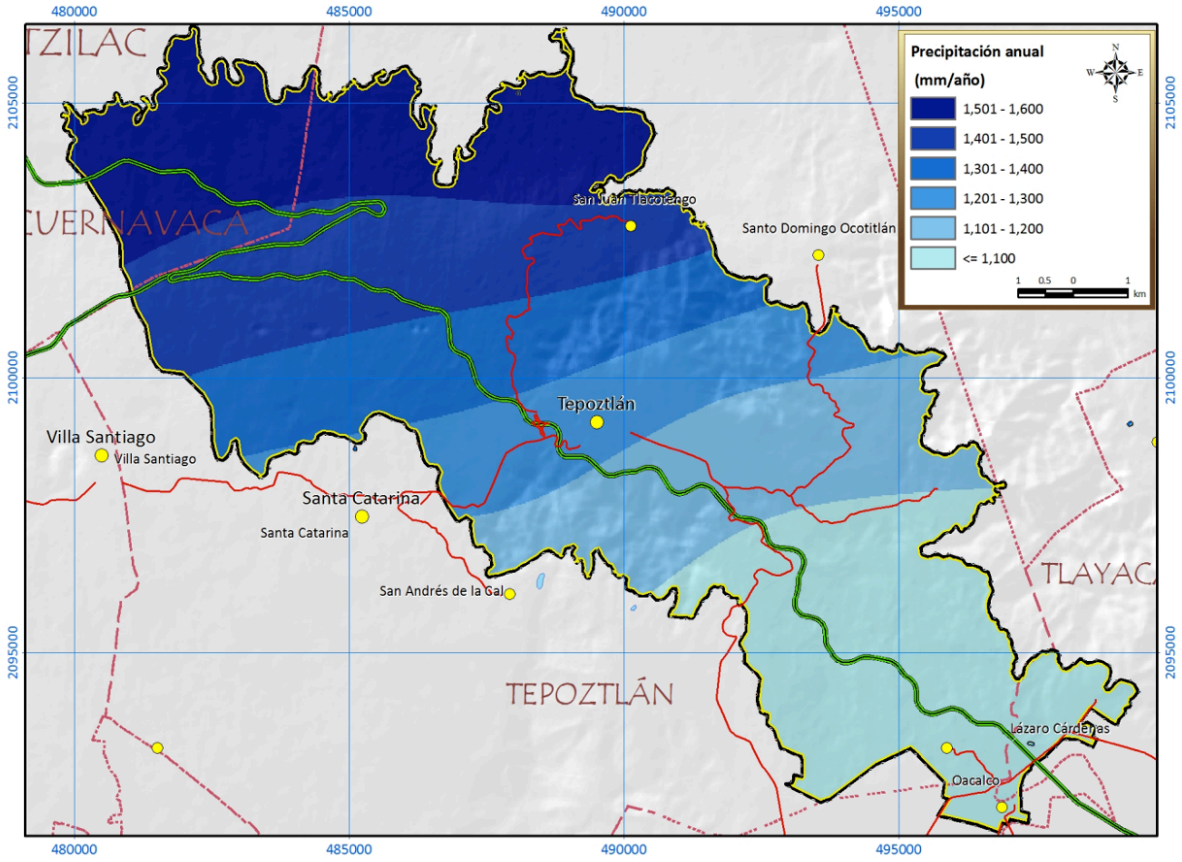


Figura IV.15. Mapa de precipitación media anual del SAR

Temperatura

Dentro del SAR la temperatura media anual oscila entre los 14.4°C, al Norte, y 23.0°C al Suroriente, que al igual que la precipitación; los cambios altitudinales provocan que la temperatura tenga un amplio intervalo (Figura IV.16). La temperatura media anual dentro del SAR es de 19.4°C y se presenta en la localidad de Tepoztlán.

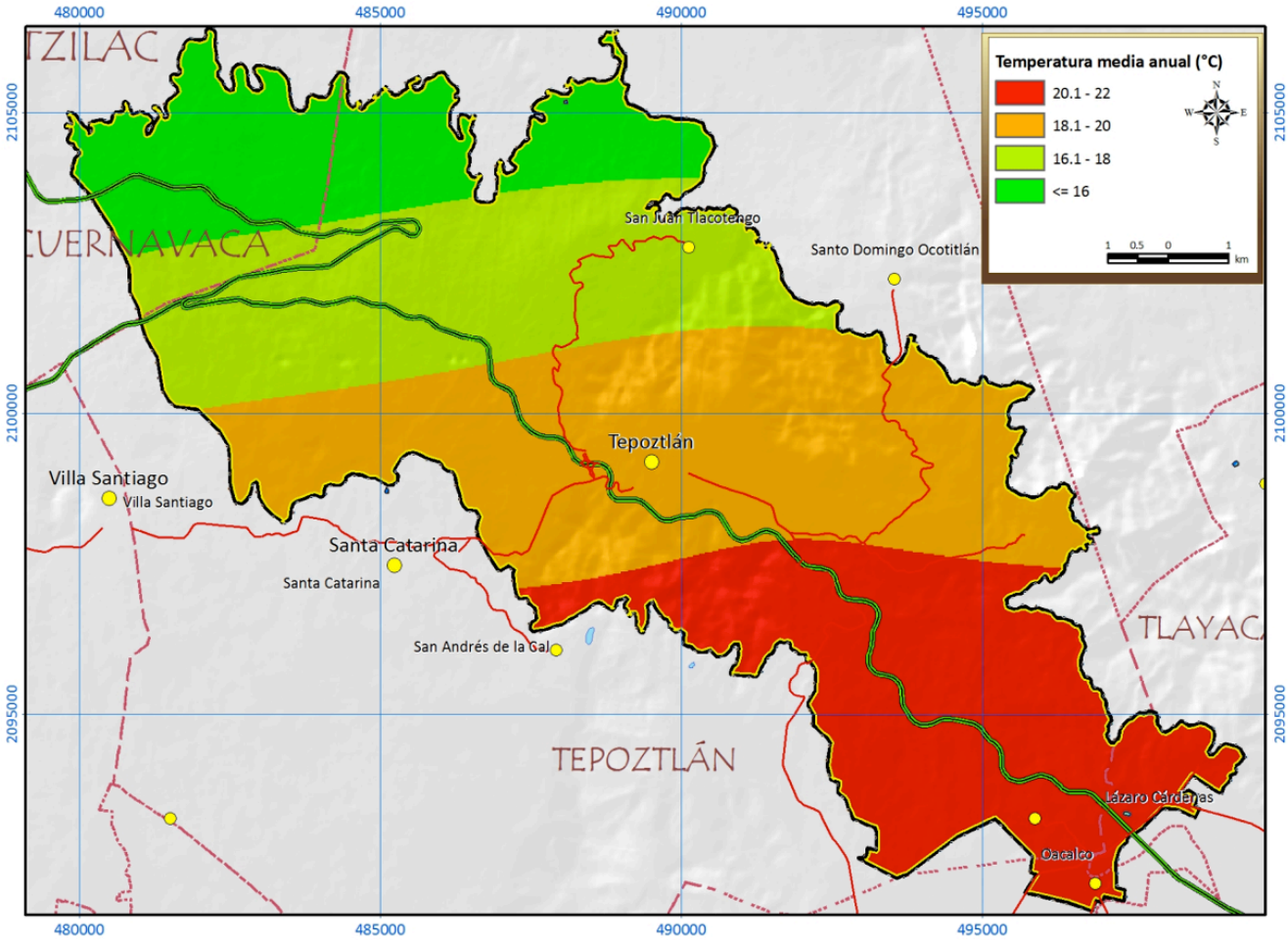


Figura IV.16. Mapa de temperatura media anual del SAR

P/T (Precipitación/Temperatura)

La relación P/T indica la proporción en que la precipitación media anual es superior a la temperatura media anual, es un indicativo de la humedad presente y un factor en la determinación del subtipo de clima. Como se observa en la (Figura IV.17), P/T tiene valores máximos de 108 para el SAR, que ocurren al Norte, y mínimos de 43 que se ubican en el Suroriente del SAR, en las altitudes bajas y temperaturas máximas. La relación P/T no determina el tipo de clima, solo el grado de humedad.

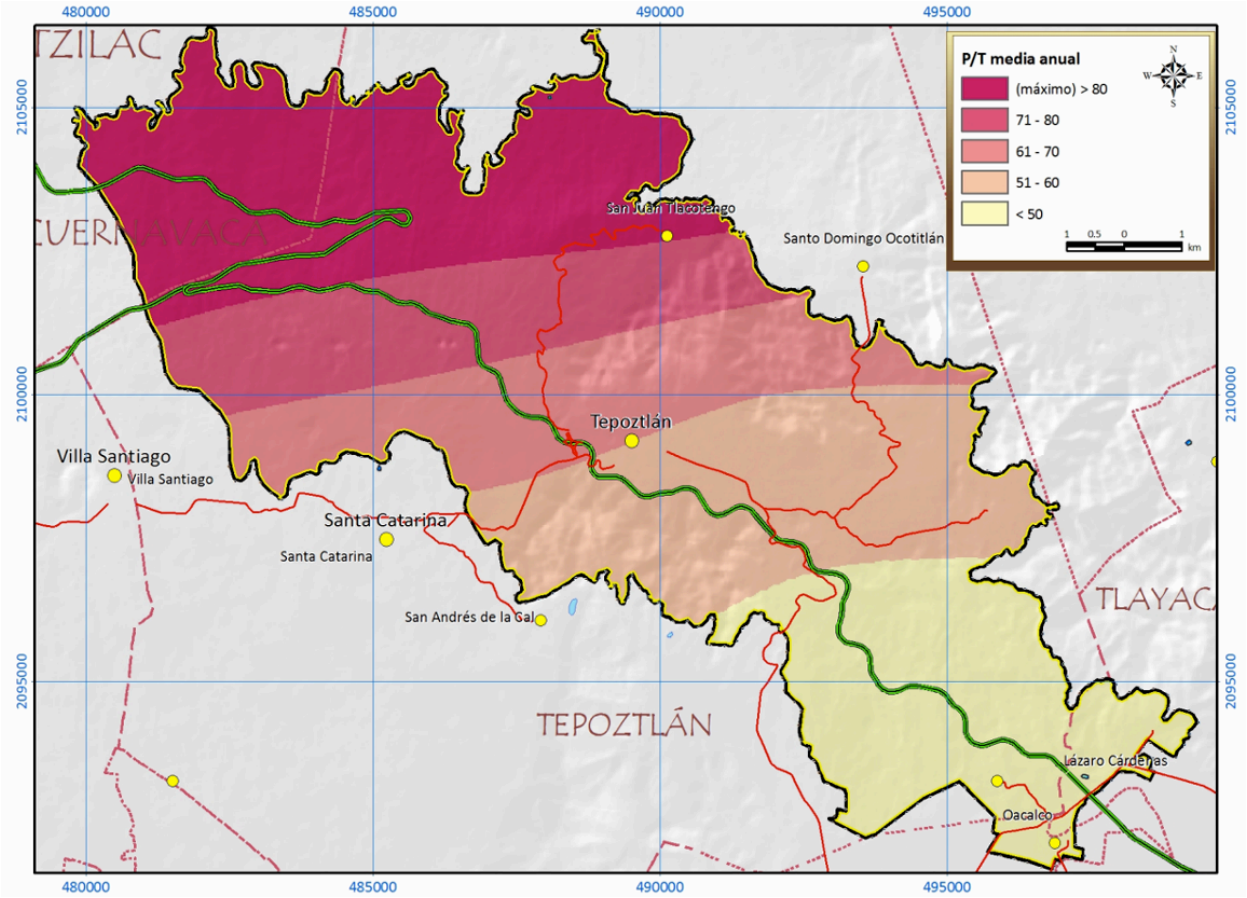


Figura IV.17. Mapa de relación P/T media anual del SAR

De acuerdo con la metodología planteada por Enriqueta García[1] (1988), se determinó que dentro del SAR existen tres tipos de climas: Cálido, Semicálido y Templado (Figura IV.18). Todos los tipos de clima son de régimen de lluvias en verano, donde por lo menos hay 10 veces mayor cantidad de precipitación en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco.

Cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano $Aw_1(w)$: se presentan temperaturas medias anuales mayores a 22°C, desde el Km 18 de la carretera La Pera-Cuautla hacia el Suroriente, desde la localidad de El Capadero hasta la caseta de peaje y pueblo de Oacalco. El límite altitudinal máximo para este clima dentro del SAR está entre los 1,450 msnm y 1,250 msnm. La estación representativa de este clima es la Yautepec (Tabla IV.3).

[1] Enriqueta García, 1988, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen

Tabla IV.3. Temperatura media anual y precipitación anual de la estación climatológica de Yautepec

Yautepec	Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Temperatura	*°C*	18.3	19.8	21.7	23.4	24.1	23.2	22.2	22.2	21.9	21.2	19.9	18.7	21.4
Precipitación	*mm/año*	11.5	2.7	3.7	11.0	57.8	186.7	170.3	174.7	192.4	77.0	13.4	5.1	906.3

Fuente. Normales climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Debido al grado de humedad (P/T), que para este tipo de clima se encuentra entre los 43.2 y 55.3, y a que la precipitación invernal respecto a la anual es menor al 5%, será de tipo $w_1(w)$

Semicálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano, $A(C)w_2(w)$ y $A(C)w_1(w)$: con temperaturas medias anuales entre 18°C y 22°C, ocurren desde el Km 18 hasta el Km 3 de la carretera mencionada, muy cerca del entronque con la autopista México-Cuernavaca. Incluye todo el Valle de Atongo, los pueblos de Tepoztlán y Amatlán de Quetzalcóatl, así como los cerros Tepozteco y Zematzin. El límite altitudinal máximo para este clima dentro del SAR está entre los 2,050 msnm y 2,450 msnm, donde la estación representativa es Tepoztlán (Tabla IV.4).

Tabla IV.4. Temperatura media anual y precipitación anual de la estación climatológica de Tepoztlán

Tepoztlán	Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Temperatura	°C	18.3	19.7	21.4	22.9	22.8	21.4	20.3	20.3	19.9	20.1	19.2	18.7	20.4
Precipitación	mm/año	10.8	9.5	7.5	23.1	63.7	244.3	231.3	237.5	214.7	115.3	18.4	6.7	1,182.8

Fuente. Normales climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Este tipo de clima se divide en dos clasificaciones de acuerdo al grado de humedad, considerando la relación P/T (Presión/Temperatura), que indica que sí esta es mayor a 55.3, este será $w_2(w)$, y sí es menor, será del tipo $w_1(w)$. También influye en la nomenclatura la precipitación invernal respecto a la anual sí es menor al 5%.

Templado húmedo con régimen de lluvias en verano, C(m)(w): temperatura media anual entre 12°C y 18°C, desde el Km 3 de la carretera La Pera-Cuautla hasta el límite Norte del SAR, incluyendo la localidad de San Juan Tlacotenco y todo el tramo de la autopista México-Cuernavaca dentro del SAR, donde la estación representativa es San Juan Tlacotenco (Tabla IV.5).

Tabla IV.5. Temperatura media anual y precipitación anual de la estación climatológica de San Juan Tlacotenco

Tepoztlán	Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Temperatura	*°C*	13.9	15.0	17.1	18.3	18.1	16.5	15.5	15.5	15.1	15.1	14.9	14.3	15.8
Precipitación	*mm/año*	20.3	9.3	11.2	31.2	89.3	300.6	**351.1**	335.0	282.6	117.8	25.1	11.7	1,585.2

Fuente. Normales climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Por el grado de humedad, este tipo de clima cae dentro del subtipo (m)(w), que no tiene más subdivisiones de acuerdo a la relación P/T. También influye en la nomenclatura que la precipitación invernal respecto a la anual es menor al 5%.

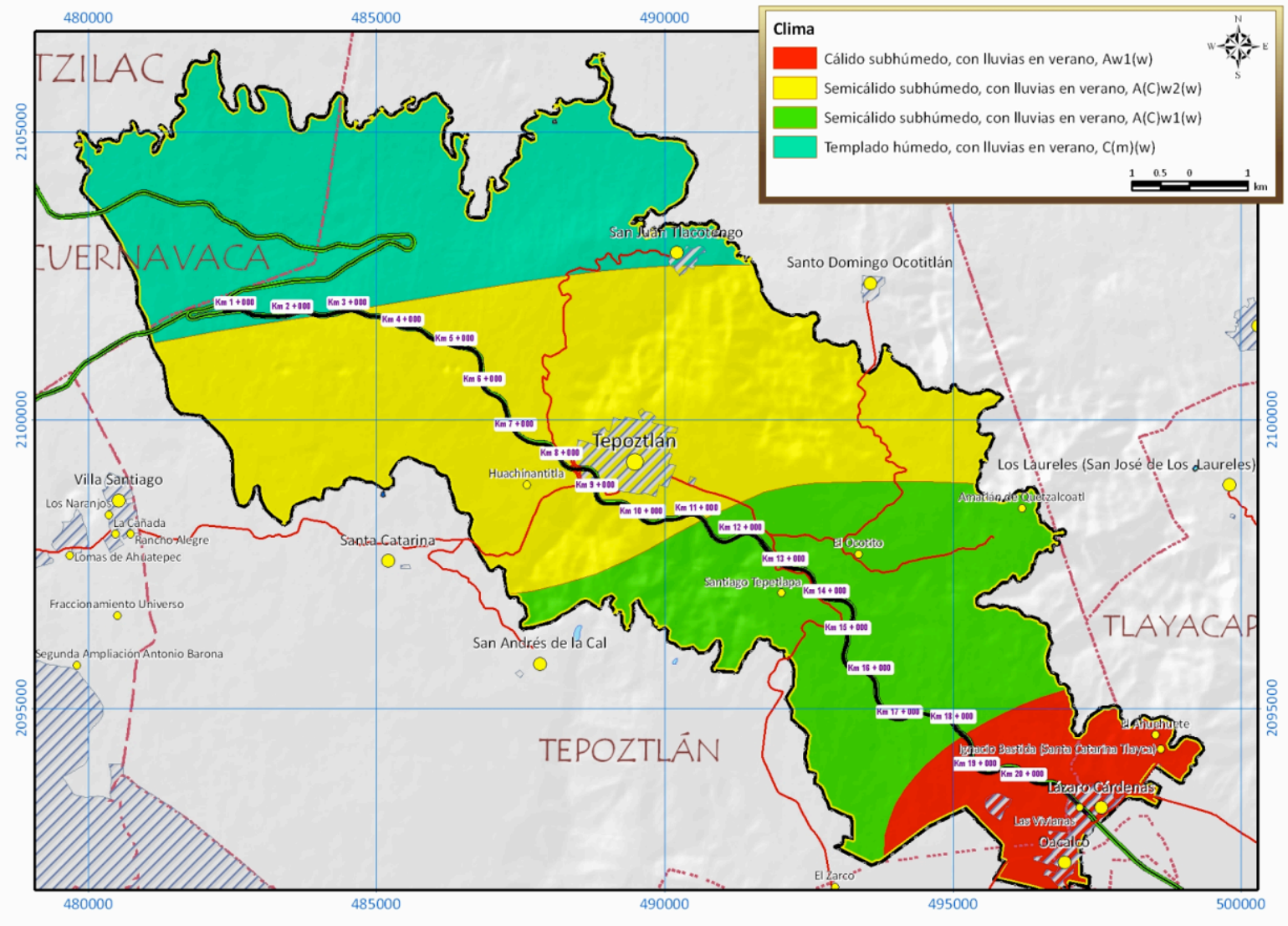


Figura IV.18. Mapa de climas del SAR

Riesgo de inundación

El 12 de Marzo del 2009, durante una lluvia extraordinaria, fueron afectadas más de 30 viviendas en la localidad de Tepoztlán. Esto se debió al azolve de la barranca que conduce al Arroyo Atongo (centro del SAR), donde la precipitación registrada fue de 90 mm. El agua subió hasta 5 metros en las colonias La Presa y Tejería. En dichos sitios se encontraban vehículos abandonados, cascajo y troncos que obstruían el paso de los escurrimientos (Figura IV.19)



Figura IV.19. Izquierda: Obra de limpieza de la barranca La Presa. Fuente: http://www.municipiodetepoztlan.com/. Derecha: Inundación de viviendas en las colonias La Tejería y La Presa. Fuente: Diario de Morelos, 14 de octubre del 2009

En la calle Arturo Benítez (Suroriente del SAR), se han registrado inundaciones en temporada de lluvias por la salida del cauce del Arroyo Tepecapa, que se origina en el C. Las Mariposas, toma rumbo hacia el Sur y atraviesa las colonias Ignacio Bastida, Lázaro Cárdenas y Las Vivianas, cruzando por debajo a la carretera La Pera-Cuautla, a 300 m al Oriente de la caseta de peaje de Oacalco. La calle mencionada se ubica en el flanco Poniente de la Exhacienda de Oacalco.

En la Figura IV.20, se observan las principales zonas con mayor riesgo de inundación. Al Poniente se encuentran los arroyos tributarios del Acolapan, que atraviesan bosques y cultivos.

De Poniente a Oriente las zonas de inundación son: nanocuencas Parque nacional y Kilómetro 1, al Sur de la autopista México-Cuernavaca (Figura IV.21 izquierda), las nanocuencas Kilómetro 3.5, Kilómetro 4.5 y Kilómetro 2.5, todas ellas al Norte de Santa Catarina (Figura IV.21 centro); nanocuenca Tlaltepetl Sur, en el Km 6+420 de la carretera La Pera-Cuautla, que desciende hasta el Campo Tetela (Figura IV.21 derecha); las colonias Santo Domingo, La Presa e Ixcatepec en Tepoztlán, a la altura del Km 12+700 donde el arroyo Atongo pasa entre asentamientos humanos y barrancas de poca profundidad (Figura IV.22 izquierda); y por último la nanocuenca Oacalco que conduce al arroyo Tepecapa (Figura IV.22 derecha).

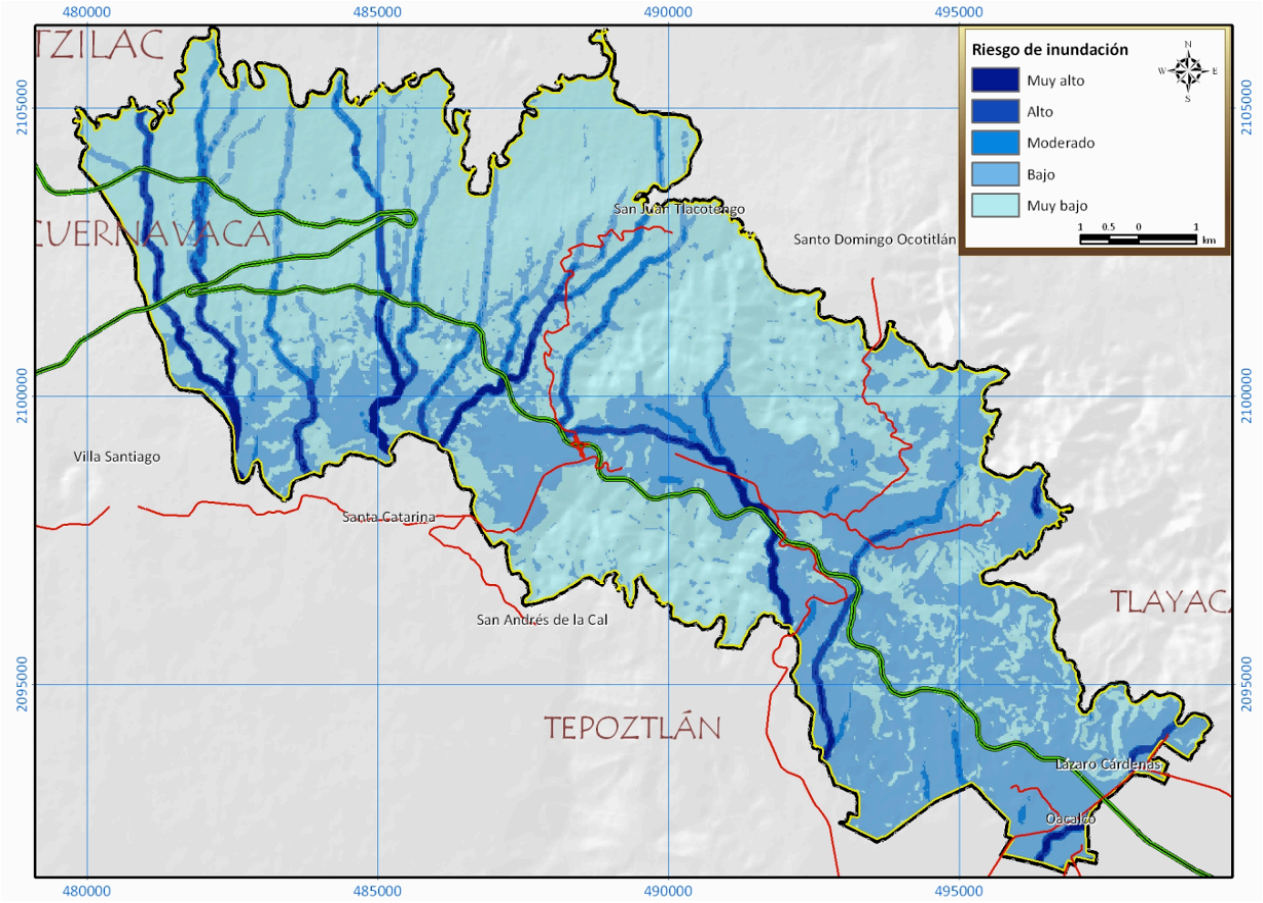


Figura IV.20. Mapa de riesgo de inundación del SAR



Figura IV.21. Zonas de alto riesgo de inundación al poniente del SAR. Fuente: Google Earth

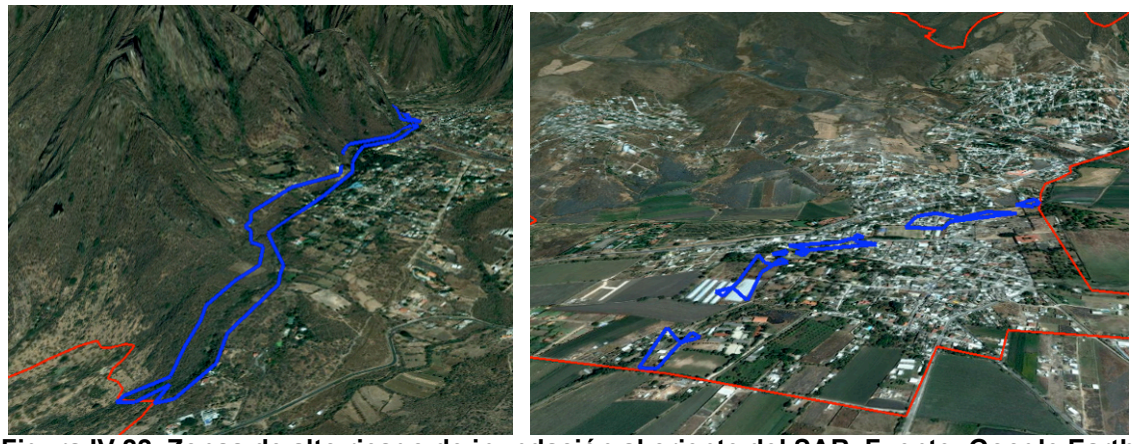


Figura IV.22. Zonas de alto riesgo de inundación al oriente del SAR. Fuente: Google Earth

Geología

El SAR se encuentra entre la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal y la Depresión del Balsas, de la Subprovincia de la Cuenca del Balsas-Mexcala, de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. La Sierra Chichinautzin está relacionada con una gran falla que divide la República Mexicana en dos partes (Eje Neovolcánico Transversal). Dada la naturaleza geológica de los materiales que forman la Sierra de Chichinautzin, ésta tiene una alta permeabilidad geohidrológica, permitiendo la infiltración de la lluvia y descargando, parte del volumen almacenado, en la parte baja del Valle de Yautepec a través de manantiales. La Sierra Chichinautzin desciende abruptamente hacia el Sur dando lugar a la formación de Lomeríos ondulantes con depósitos aluviales.

Específicamente, estas características han provocado que la geología que aflora dentro del SAR este representada por diferentes unidades de roca, que abarcan desde el período Cretácico Inferior (110 millones de años) al Reciente; los materiales que constituyen estas unidades son: rocas ígneas intrusivas, extrusivas y grandes afloramientos de rocas sedimentarias marinas y continentales. La aparición de la Sierra Chichinautzin ocasionó el cierre del drenaje del Valle de México, que era hacia el Valle de Morelos dando lugar con esto, a la aparición de la cuenca endorreica del Valle de México. Las estructuras geológicas del SAR son producto de una sucesión de eventos naturales que modelaron la corteza terrestre, las cuales están constituidas por las siguientes unidades:

1.- Formación Morelos (Kim).- Son rocas marinas del período Cretácico Inferior constituidas por calizas y dolomitas con intercalaciones de pedernal. Estas rocas se encuentran distribuidas ampliamente en todo el estado de Morelos;

2.- Formación Cuautla (Ksc).- Son rocas marinas del Cretácico Superior constituidas por calizas con lentes y nódulos de pedernal, así como fósiles silicificados. Esta formación junto con la Morelos, por efectos orogénicos, sufrió una intensa deformación produciendo fracturamiento, que en muchos sitios fueron resellados por calcita;

3.- Formación Mexcala (Ksm).- Esta formación se constituye por depósitos marinos del Cretácico Superior formada por capas interestratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas, con escasos lentes de caliza clástica. Sobreyace a la Formación Cuautla y está cubierta a su vez por los depósitos clásticos del Grupo Balsas;

4.- Grupo Balsas (Teob).- Son rocas del periodo Eoceno Superior y comprende a una gran variedad de tipos de roca entre los que se incluyen evaporitas, conglomerados de caliza, yesos lacustres y coladas máficas con capas volcanoclásticas;

5.- Formación Tlayca (Tomtl).- Con este nombre se describe a una secuencia volcánica terciaria, constituida principalmente por ignimbritas y brechas volcánicas que descansan sobre el Grupo Balsas, de forma masiva y compacta;

6.- Formación Tepoztlán (Tomt).- Son rocas del periodo Mioceno que se ubican en la porción Norte del acuífero; se encuentran constituidas por capas vulcanosedimentarias integradas por lahares de composición andesítica;

7.- Grupo Ixtlilco (Tomi).- Este grupo está representado por derrames volcánicos, con interestratificaciones de tobas híbridas; las primeras presentan diferentes colores y texturas y las segundas un color que varía de gris a rojizo;

8.- Formación Tlayecac.- (Tptl).- Esta formación está constituida por materiales volcánicos de diferente constitución que se ubican a pie de monte del volcán Popocatépetl; dada su composición y distribución litológica es muy semejante a la Formación Cuernavaca, la diferencia es la presencia de fragmentos volcánicos de diferente composición (andesita, basalto, riodacita, etc.);

9.- Formación Popocatépetl (Qhp).- Materiales volcánicos que constituyen el cuerpo del volcán Popocatépetl, se encuentra constituida por materiales ígneos extrusivos de diferente composición dando lugar a la presencia de coladas basálticas, andesíticas y riodacíticas, con intercalaciones de materiales piroclásticos;

10.- Formación Chichinautzin.- (QhCh).- Son rocas de los periodos Pleistoceno y Cuaternario que toman el nombre del volcán que les da origen; la formación está constituida de coladas lávicas, estratos de tobas, brechas y materiales piroclásticos estratificados de composición andesítica y basáltica. Se encuentran constituyendo la ladera Sur de la Sierra de Chichinautzin;

11.- Depósitos Clásticos Continentales.- (Qhdc).- Son gravas y arenas de poco espesor que se encuentran cubriendo a los materiales antes descritos, se presentan poca cementación y compactación; y,

12.- Aluvión (Qal).- Consiste de fragmentos de rocas empacados en arenas de textura media a gruesa y gravas; localmente se les encuentra intercaladas con arcillas, lo que le confiere confinamiento al acuífero de interés, cubre casi toda la porción de la parte baja del área, con espesores de unos cuantos metros (Figura IV.23).

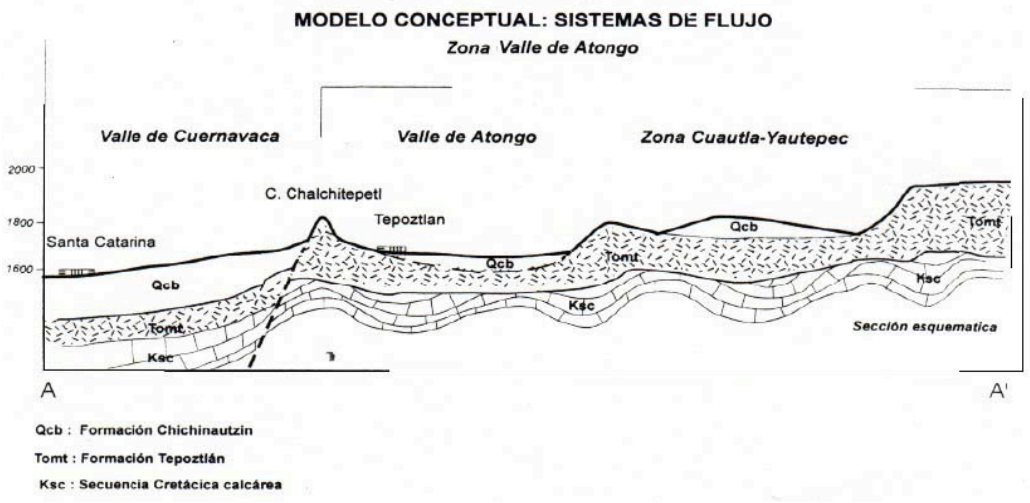


Figura IV.23. Modelo conceptual, porción Valle de Atongo, del Acuífero Cuautla-Yautepec. Fuente: Estudio de la disponibilidad del agua del Acuífero Cuautla-Yautepec, (CONAGUA, 2002)

En la Figura IV.23 se muestra un corte Poniente-Oriente del SAR, sobre la latitud del Valle de Atongo. Se aprecia que las estructuras del Terciario (Tomt, andesita, Formación Tepoztlán) subyacen a las del Cuaternario que conformaron el valle antes mencionado. Parte de esta formación es el C. Tepozteco y los cerros, fuera del SAR, que dividen al municipio de Tepoztlán con Tlayacapan, en la Zona Núcleo Las Mariposas del Corredor Biológico Chichinautzin. En la Tabla IV.6 se presenta el resumen de la columna estratigráfica del SAR.

Tabla IV.6. Columna estratigráfica del SAR

Era	Período	Época	Nombre del estrato	Clave	M.a.	Composición
Cenozoico			Aluvión	Qal		
		Holoceno	Depósitos clásticos continentales	Qhdc	0.1	Grava y arena
	Cuaternario		Formación Chichinautzin	QhCh		Coladas lávicas, tobas, brechas, andesita y basalto
		Holoceno-Pleistoceno	Formación Popocatépetl	Qhp	1.8	Basalto, andesita y riodacita
	Terciario	Plioceno	Formación Tlayecac	Tptl	5.3	Andesita, basalto y riodacita
			Grupo Ixtlilco	Tomi		Toba
		Oligoceno-Mioceno	Formación Tepoztlán	Tomt	33.7	Andesita
			Formación	Tomtl		Ignimbrita y

Era	Período	Época	Nombre del estrato	Clave	M.a.	Composición
			Tlayca			brecha volcánica
		Eoceno	Grupo balsas	Teob	54.8	Evaporitas, caliza y yeso
		Superior	Formación Mezcala	Ksm		Arenisca, limolita y lutita
Mesozoico	Cretácico		Formación Cuautla	Ksc		Calizas, dolomitas, pedernal y calcita
		Inferior	Formación Morelos	Kim	110	Calizas, dolomitas y pedernal

Fuente: Estudio de la disponibilidad del agua del Acuífero Cuautla-Yautepec, CONAGUA, 2002

La litología superficial del SAR está conformada a partir de dos tipos de afloramientos geológicos: 1) los de tipo ígneo extrusivo, como Basaltos, Brechas volcánicas; y 2) los suelos: de tipo Aluvión y residual. Siendo dominado por los de tipo ígneo (Tabla IV.7 y Figura IV.24).

La Brecha volcánica de mayor predominancia dentro del SAR, ocupa un 24.7% del total de la superficie del Sistema; son rocas piroclásticas compuestas por partículas de tamaño mayor que la ceniza, de forma alargada o aerodinámica por su solidificación en el aire, proviniendo de las paredes de la chimenea volcanica, como cristales y fragmentos vítreos. Se encuentran en las coladas lávicas más recientes del Corredor Biológico Chichinautzin, al Poniente del SAR, entre el Km 2 y 2.5, en los Cerros Tepozteco y Zematzin, y en las laderas del Cerro Popoclán.

Los basaltos, también rocas de origen volcánico, se caracterizan por ser de grano fino y de color verde oscuro o negro, compuestos fundamentalmente por piroxeno y plagioclasa rica en calcio con cantidades menores de olivino y anfíbol. Conforman el 23.3% de la superficie del SAR y se distribuyen al Oriente y Poniente del Valle de Atongo, sobre laderas con pendiente promedio de 7.5°. Son visibles en las cañadas que confinan corrientes intermitentes. Cruzan al trazo de la carretera La Pera–Cuautla entre los kilómetros 8 y 9, junto a la localidad de Tepoztlán, y entre el Km 13 y el límite Sur del SAR.

Ígnea extrusiva básica: Se clasifican en antiguas o modernas de acuerdo a si el período de su origen fue anterior al jurásico o posterior, al comienzo de la era terciaria. En el caso del municipio del SAR, todas corresponden al tipo moderno. Las extrusivas pueden ser andesitas, riolitas, traquitas, basaltos o vidrios volcánicos. Ocupan el 43.7% del SAR, siendo el estrato principal de la Sierra Chichinautzin (pendiente promedio 10.4°), aunque su continuidad litológica está interrumpida por el Cerro del Tepozteco por ser de edad más reciente que este último.

Los materiales de suelo de aluvión conforman el material base del Valle de Atongo, donde se asienta la comunidad de Tepoztlán, se refiere a materiales producto de la erosión, los cuales han sido depositados aguas abajo por los escurrimientos que bajan de los Cerros Tepozteco y Zematzin. Constituyen el 7.5% de la superficie del SAR. Existen otros aluviones ubicados

en los piedemontes de los Cerros La Ventana y Cuatzin, donde se ubica Amatlán de Quetzalcóatl, y al Sur del Cerro Popoclán donde se localiza Oacalco.

Los materiales de origen residual conforman la parte baja de la ladera del Corredor Biológico Chichinautzin, precediendo a las rocas extrusivas básicas, y se encuentra al Surponiente del SAR, justo al Norte de la comunidad de Santa Catarina, son producto de la acumulación y deposito de diferentes materiales, pues por tratarse de una zona de transición entre la cadena montañosa y las áreas planas tienden a almacenarse diferentes tipos de residuos litológicos.

Tabla IV.7. Composición litológica del SAR

Tipo	Material	Clave	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Suelo	Aluvión	al	882.6	7.5
	Residual	re	100.2	0.9
Ígnea	Basalto	B	2,740.2	23.3
	Brecha volcánica	Bv	2,909.6	24.7
	Ígnea extrusiva básica	Igeb	5,143.8	43.7
	Total		**11,776.4**	**100.0**

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

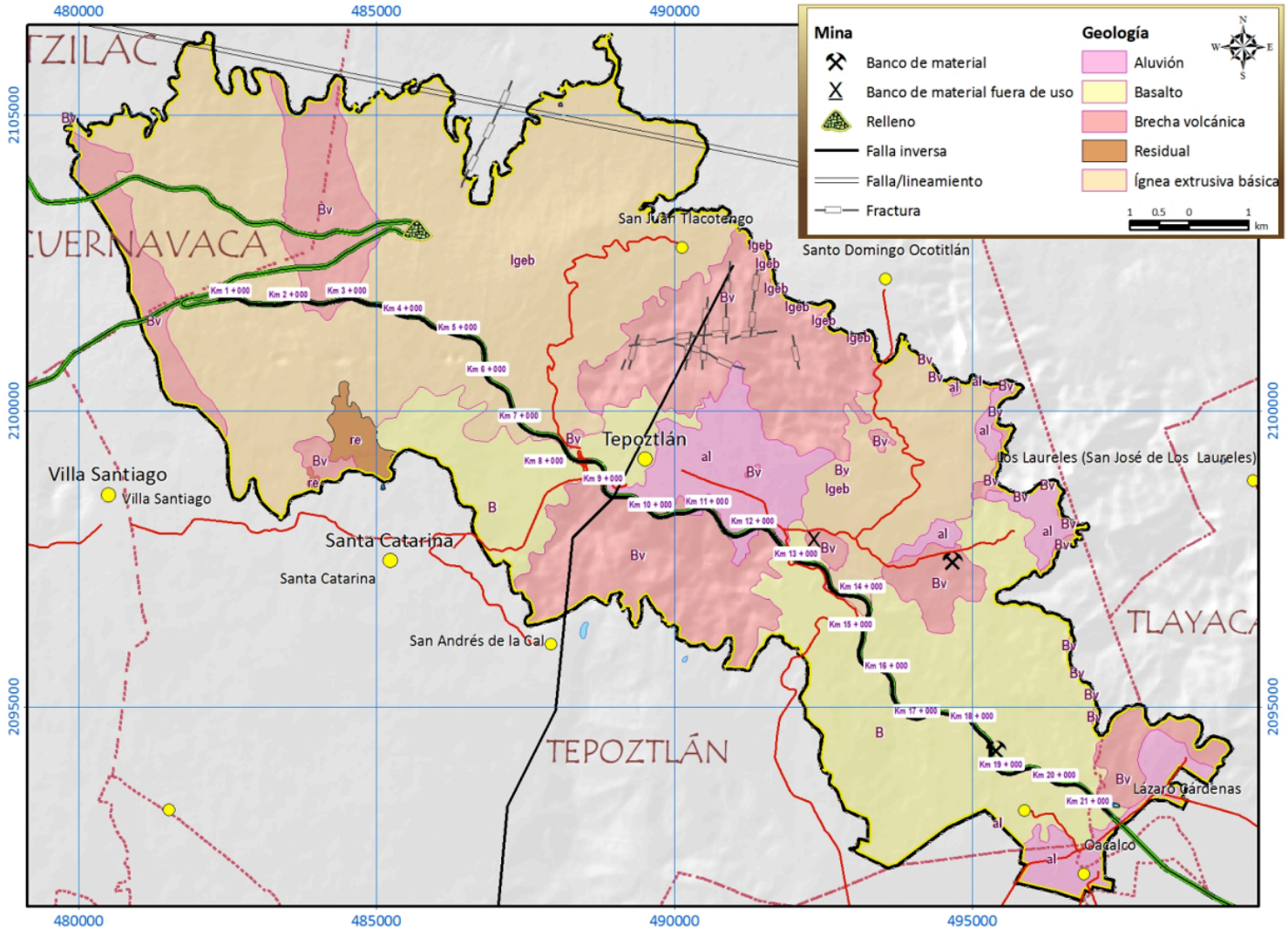


Figura IV.24. Mapa geológico. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Bancos de material

Dentro del SAR no existe una explotación intensiva de material pétreo, debido a que los únicos usos posibles encontrados hasta el momento son para relleno. En la Figura IV.25, superior izquierda, se aprecia el amontonamiento de asfalto que ha sido depositado y se ha deslizado junto a la autopista México-Cuernavaca. En los otros bancos de material se observa poca actividad extractiva: en la colonia Huilotepec se encuentra un cerro de 60 m de altitud relativa, conformado por una brecha volcánica (Figura IV.25 superior-derecha), una cañada al Surponiente de la comunidad La Palapa (66 hab.), también sobre una brecha volcánica (Figura IV.25, inferior-izquierda) y un banco de basalto sobre el Km 18+570 de la carretera La Pera-Cuautla, a 300 m al Suroriente de Capadero (Figura IV.25 inferior derecha).



Figura IV.25. Bancos de material. Fuente: Google Earth

Riesgos geológicos

A pesar de las altas pendientes en las laderas (Sierra Chichinautzin) y paredes de 90° que existen en la zona (C. Tepozteco y Z. Zematzin), no se han registrado derrumbes en épocas recientes. Debido a los mínimos espesores de las capas edáficas, tampoco se registran deslizamientos de tierra dentro del SAR. Un peligro a futuro que podría generarse es la inestabilidad de laderas por los asentamientos humanos irregulares que han aparecido al Norte del Cerro Zematzin, con el crecimiento de la mancha urbana del pueblo de Tepoztlán hacia el Sur.

Geomorfología

A través del tiempo geológico, el SAR ha sido afectado por períodos orogénicos y tectónicos, actividades que han dado lugar a la presencia de una variedad de geoformas. De esta manera se pueden clasificar las geoformas en Sierras (relieve volcánico acumulativo de edad reciente) y Valles (sistema fluvial); las primeras son producto de una intensa actividad tectónica y los segundos son el resultado de las diferentes fuerzas modeladoras de la superficie terrestre (Tabla IV.8).

Tabla IV.8. Superficie ocupada en el SAR por cada geoforma

Grupo	Geoforma	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Relieve volcánico acumulativo de edad reciente	Depresiones intralávicas de carácter acumulativo	492.1 Ha	4.2%
	Derrame de lava cubierta por un manto o capa de material volcanoclástico	708.6 Ha	6.0%
	Derrame de lava, campos de malpaís con suelos de Andosol	8,196.6 Ha	69.6%
	Edificio volcánico cinerítico	184.6 Ha	1.6%
	Laderas modeladas por una disección profunda	1,959.2 Ha	16.6%
Sistema fluvial	Llanura aluvial dilatada	235.2 Ha	2.0%
	Total	**11,776.4 Ha**	**100.0%**

Las Sierra del Chichinautzin posee la mayor altitud del SAR, y a su vez las principales zonas de recarga del acuífero Cuautla-Yautepec. La Sierra de Chichinautzin está constituida por tefras, formadas por coladas de lava de naturaleza basáltica intercalada con piroclastos; el basalto tiene un alto grado de permeabilidad secundaria producto del intenso fracturamiento y las escorias volcánicas (tezontle) al estar sueltas, permiten que se infiltren las aguas generadas por lluvia (Figura IV.26).

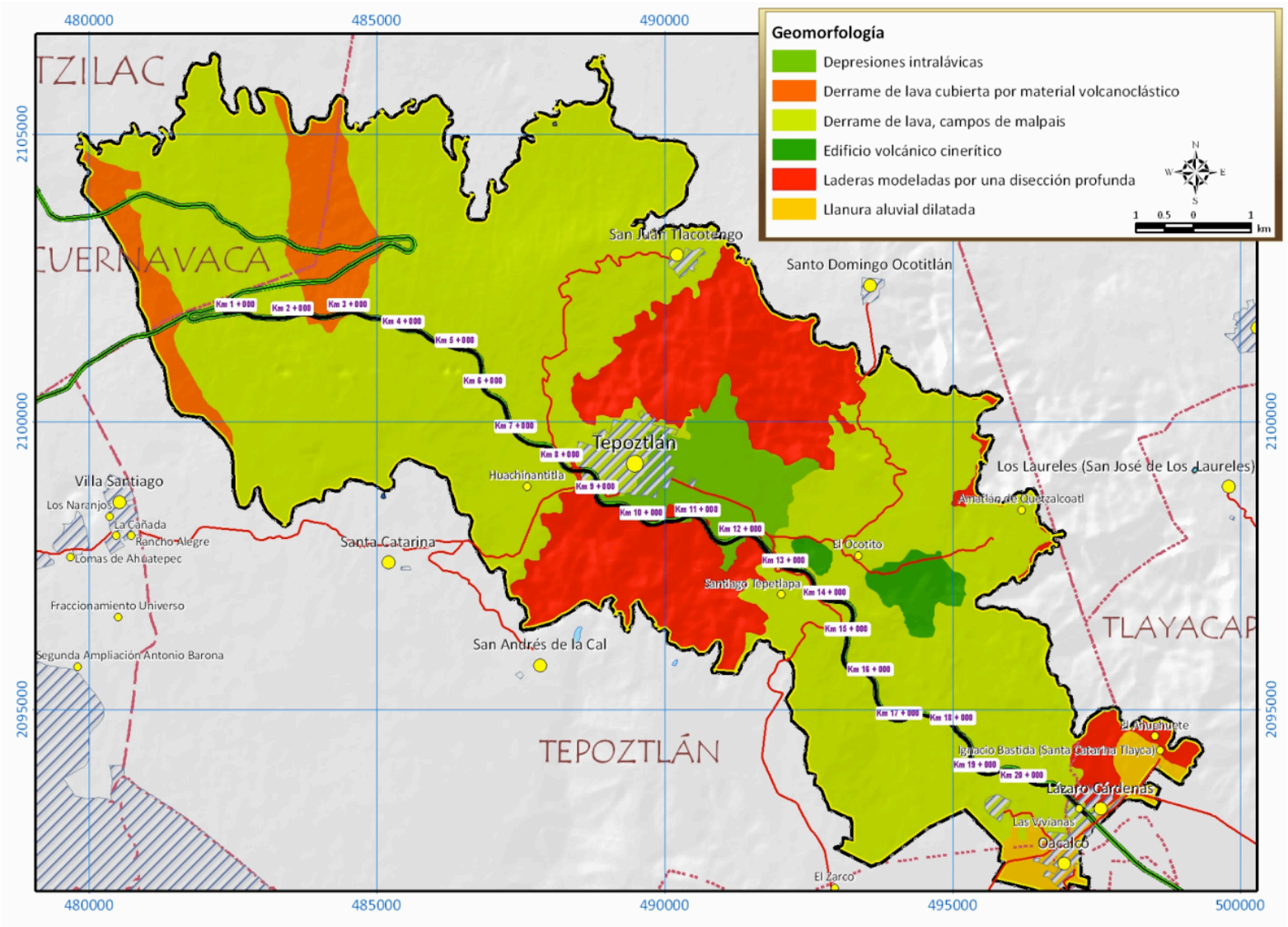


Figura IV.26. Mapa geomorfológico del SAR

A continuación, se describen las unidades de paisaje geomorfológico identificadas dentro del SAR:

- *Grupo: Relieve volcánico acumulativo de edad reciente*

Este grupo geomorfológico se distribuye en el 98% del SAR (11,541.2 Ha). Corresponde a todos los edificios de centros eruptivos, derrames y superficies cubiertas de material volcanoclástico asociado (Sierra Chichinautzin, Cerro Tepozteco, Cerro Zematzin y Cerro Chalchiltepetl), los cuales se distinguen porque son de relieve de edad geológica reciente (Cuaternario), que conservan las formas originales, con escasas e incipientes formas de erosión en la cual los agentes de denudación apenas han retocado el relieve sin modificar las estructuras primarias de las rocas y del relieve.

- *Depresiones intralávicas de carácter acumulativo*

Incluye mantos de tefra y/o sedimentos volcánicos poco trabajados por el agua (suelo aluvial). Es un área sujeta a probables inundaciones estacionales y charcas por efecto del drenaje de tipo endorréico. Muestra de lo anterior es el Valle de Atongo, que se encuentra entre los Cerros Zematzin (Sur) y Tepozteco (Norte). Ahí se asienta el principal asentamiento humano del SAR, que es el pueblo de Tepoztlán, ocupando 4.2% de la superficie del SAR, con una pendiente promedio de 4°.

- *Derrame de lava cubierta por un manto o capa de material volcanoclástico*

Están conformados por brechas, tobas, cenizas, dispuestos sobre declives de laderas de montañas no diferenciados (pedregales), la vegetación se modifica con los depósitos más recientes a xerófila y en los límites de transición de Ecotonos a Encinos. Cubren zonas de pendiente promedio de 11°, sobre los últimos derrames de la Sierra Chichinautzin (brecha volcánica). La unidad edáfica principal son los Leptosoles, donde predomina el Matorral rosetófilo, y el Bosque de encino, trasciende hasta la Selva baja caducifolia desde altitudes de 2,760 msnm hasta 1,800 msnm. Ocupan el 6.0% de la superficie del SAR, en el Poniente.

- *Derrame de lava, campos de malpaís* (terreno volcánico y pedregoso, mala tierra) *con suelos de andosol*

Está formado por contornos irregulares y quebrados del terreno, donde los declives cambian continuamente, son terrenos sujetos a una elevada erosión. La red fluvial se desarrolla de forma paralela aguas arriba, integrándose de forma dendrítica en la parte baja. Principalmente se ubican sobre suelos de textura media, con vegetación de pino, encino y pastizal. Su influencia dentro del SAR es tan grande que incluye comunidades de bosque en la parte alta (3,000 msnm) hasta selva baja caducifolia en la zona suroriente del SAR (1,240 msnm). Andosoles y vertisoles dominan los suelos de esta unidad de paisaje.

- *Edificio volcánico cinerítico*

Se ubica al Oriente del SAR y está representado por estructuras con alturas relativas inferiores a los 120 m, ha sido modelado por disección de cárcavas y/o barrancos. Se encuentra entre el pueblo de Tepoztlán y Amatlán de Quetzalcoatl. Los Leptosoles, Vertisoles y Feozems se combinan en esta unidad de paisaje, dando paso a Selva baja caducifolia, que por su aprovechamiento agropecuario ha dado paso a Vegetación secundaria, Pastizales y Cultivos principalmente.

- *Laderas modeladas por una disección profunda*

Son terrenos erosionados que no han perdido su estructura básica pero sí se han moldeado a causa de la degradación ambiental. Existen cañadas o barrancos de profundidad superior a los 50 m, como en el Cerro Tepozteco, Cerro Zematzin y Cerro Chalchiltepetl. La litología es de depósitos volcanoclásticos principalmente lajares, de composición andesítica (brecha volcánica). Los suelos están representados por Leptosol y Feozem háplico con textura media. Las diferencias altitudinales de estas geoformas permiten el desarrollo de Bosques de encino y pino en las partes altas y Selva baja caducifolia en las bajas, así como su correspondiente Zona de transición en las cañadas mencionadas, lo que hace más particular a esta geoforma. Esta unidad de paisaje es única en la región, y la comparten los municipios de Tepoztlán y Tlayacapan. Las paredes verticales de los Cerros y las puntas erosionadas le dan un gran valor cultural y turístico a la llamada Sierra de Tepoztlán.

- *Grupo: Sistema fluvial*

Está prácticamente presente en cada uno de los sistemas terrestres, variando en densidad y profundidad en el corte erosivo de la disección fluvial, incide de tal manera en el paisaje que llega a formar parte de los atributos que se distinguen en cada uno de los sistemas terrestres y ayudan hacer la diferenciación más fina o exacta de los paisajes en función de la intensidad de la erosión o acumulación en cada unidad natural considerada.

- *Llanura aluvial dilatada*

Está formada por el aporte de varios ríos o fuentes de alimentación subsuperficial. Es un escenario geomorfológico que no muestra cambios notables en su dinámica. Se encuentra en la parte más baja (1,360 msnm) y en el Suroriente del SAR, en Oacalco, a la altura de la caseta de peaje del mismo nombre. Por su mínima pendiente ha favorecido el crecimiento de los asentamientos humanos a ambos lados de la carretera La Pera-Cuautla. El estrato geológico definido en esta geoforma es el aluvión, recibiendo los escurrimientos del Arroyo Tepecapa.

Topografía

Las elevaciones máximas dentro del SAR llegan hasta los 3,012 msnm en el Norte, donde se encuentran los derrames de lava de la Sierra Chichinautzin, y disminuyen en dirección al Sur hasta los 1,223 msnm, mientras que el promedio es de 1,919 msnm. Las elevaciones más importantes son: Cerro Tepozteco (2,380 msnm), Cerro Chalchiltepetl (2,000 msnm) y Cerro Zematzin (1,800 msnm). Como se muestra en la Figura IV.27, el gradiente de elevaciones se ve interrumpido, en su tendencia decreciente, al llegar al Cerro Tepozteco, al Norte de la localidad de Tepoztlán, debido a que los derrames lávicos del V. Chichinautzin fueron posteriores a la orogénesis del Cerro mencionado.

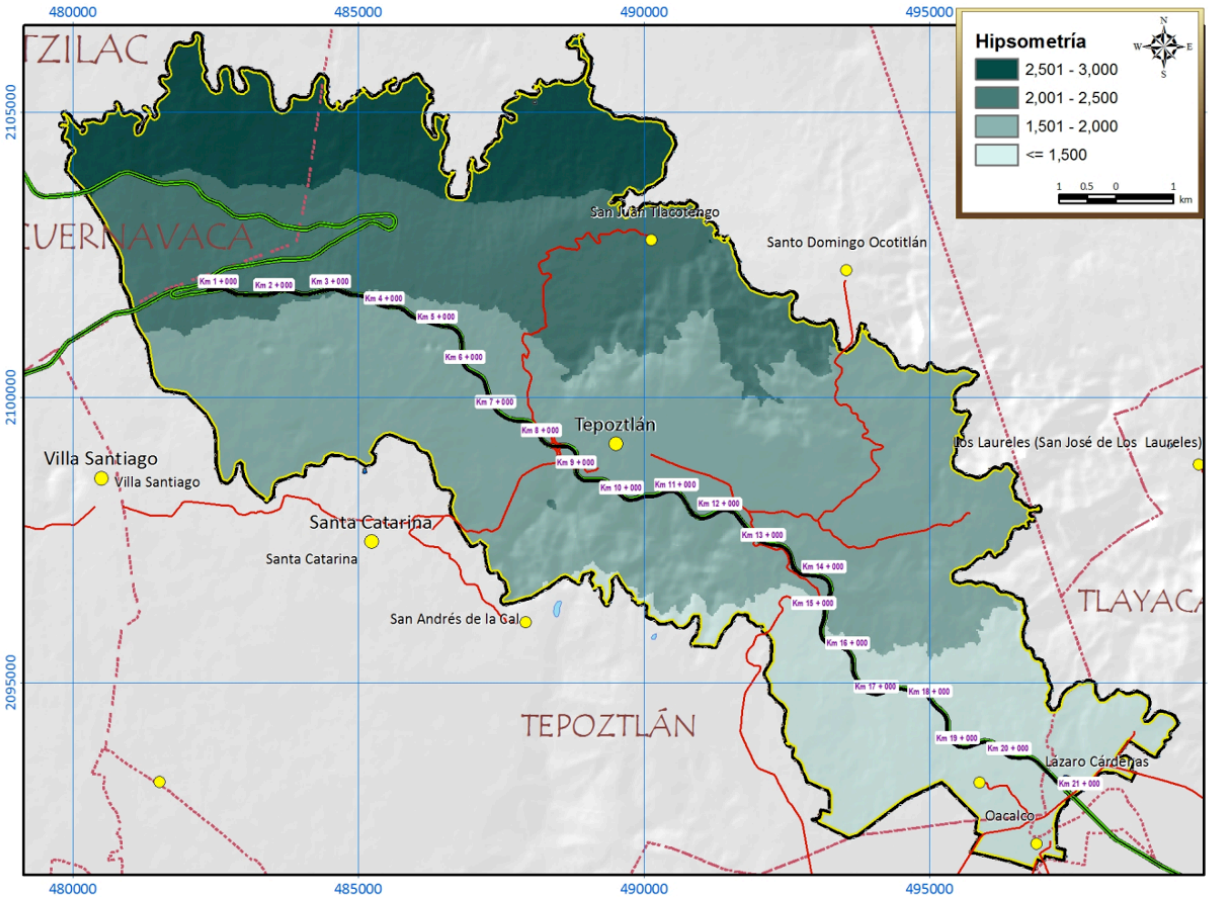


Figura IV.27. Mapa hipsométrico del SAR

Pendiente

El SAR tiene una pendiente promedio de 11.6°. Por encima de este valor se encuentran las laderas Poniente que corresponden al relieve moldeado por la última erupción del V. Chichinautzin, también se incluyen las paredes de los Cerros Tepozteco y Zematzin, y los barrancos del Oriente del SAR. La zona de baja pendiente se encuentra en el Valle de Atongo, que incluye a la localidad de Tepoztlán, donde ocurren pendientes mínimas de 3°. A los 1,900 msnm, comienza la transición entre las laderas del Chichinautzin (al Poniente del SAR), y los Lomeríos de pendiente discreta, cota que es cuasi-paralela al trazo de la carretera La Pera-Cuautla y contacta al Cerro Tepozteco en su altitud media (Centro y Oriente del SAR) (Figura IV.28)

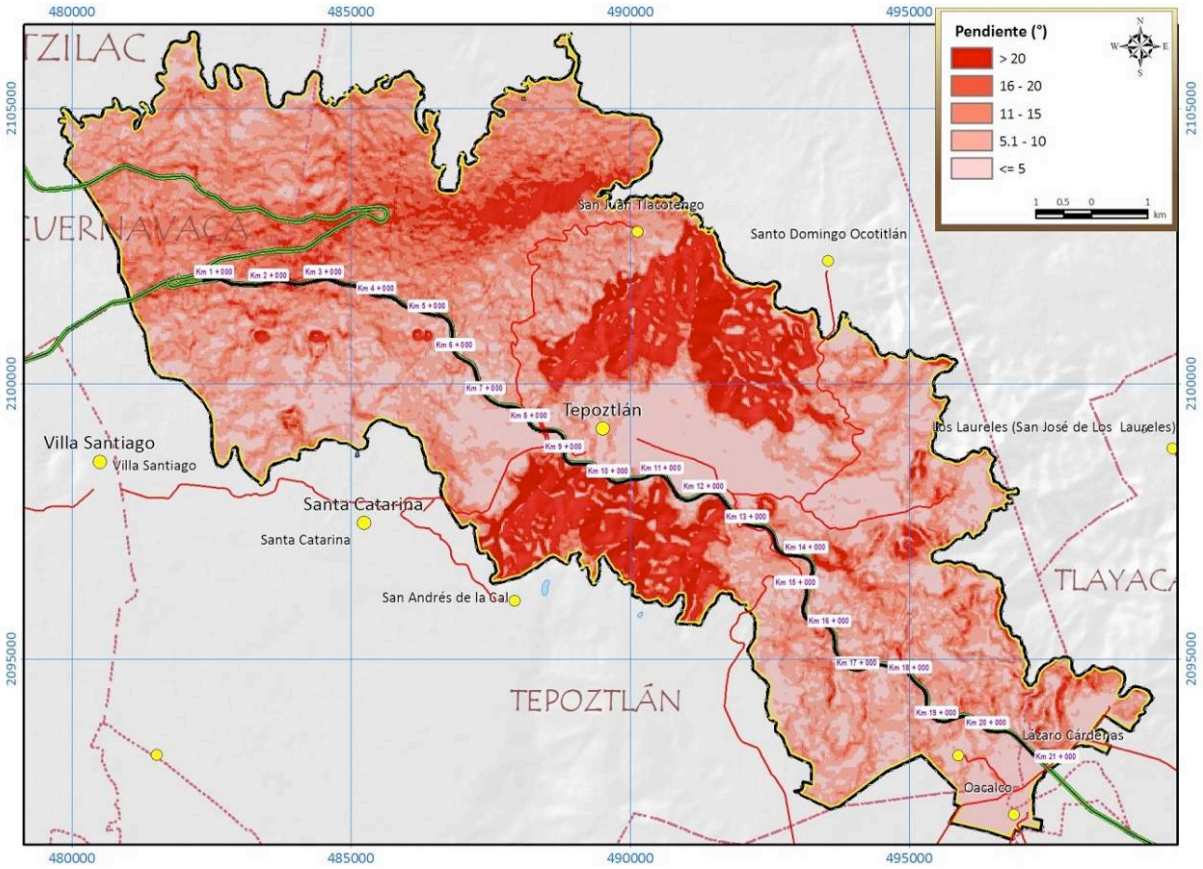


Figura IV.28. Mapa de pendientes (en grados) del SAR

Edafología

En el SAR se identificaron un total de 7 unidades dominantes de suelo, de acuerdo al sistema de clasificación FAO-UNESCO (Tabla IV.9 y Figura IV.29), que se distribuyen de acuerdo con la topografía del lugar.

Tabla IV.9. Superficies ocupadas por cada unidad edáfica dentro del SAR

Clave	Unidad 1	Subunidad 1	Unidad 2	Subunidad 2	Unidad 3	Subunidad 3	Textura	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Ao /2	Acrisol	órtico	-	-	-	-	Media	41.6	0.35
Hh /2	Feozem	háplico	-	-	-	-	Media	396.4	3.37
Hh I /2			Leptosol	-	-	-	Media	509.3	4.32
Hh Vp /2			Vertisol	pélico	-	-	Media	1,242.2	10.55
Hl Lc /2		lúvico	Luvisol	calcárico	-	-	Media	695.1	5.90
I /2	Leptosol	-	-	-	-	-	Media	680.2	5.78
I Hh /2			Feozem	háplico	-	-	Media	888.3	7.54

Clave	Unidad 1	Subunidad 1	Unidad 2	Subunidad 2	Unidad 3	Subunidad 3	Textura	Superficie (Ha)	Superficie (%)
I Re Th /2			Regosol	eútrico	Andosol	húmico	Media	179.8	1.53
I Th /2			Andosol	húmico	-	-	Media	1,286.1	10.92
Lc Hl /2	Luvisol	crómico	Feozem	lúvico	-	-	Media	45.3	0.38
Re I Hh /2	Regosol	Eútrico	Leptosol		Feozem	háplico	Media	69.9	0.59
Th Hh /2			Feozem	háplico	-	-	Media	2,731.8	23.20
Th I /2	Andosol	húmico			-	-	Media	324.2	2.75
Th I Hh /2			Leptosol	-	Feozem	háplico	Media	783.6	6.65
Tm I /2		mólico			-	-	Media	0.0	<0.01
Vp /3			-	-	-	-	Fina	73.2	0.62
Vp Hh /2	Vertisol	pélico	Feozem	háplico	-	-	Media	1,709.1	14.51
Vp Hh /3					-	-	Fina	120.4	1.02
				Total				**11,776.4**	**100.00**

Acrisoles

Son suelos ácidos que deben esta característica principalmente al manto litológico sobre el que se desarrollan. Se ubican en topografías onduladas de moderada pendiente, con climas húmedos y cálidos, donde los bosques son la vegetación primaria. Tienen pocos nutrientes minerales, son altos en cuanto al contenido de aluminio y absorben fácilmente los fosfatos por lo que son poco útiles para la agricultura en general, con excepción de algunos frutales, aunque el uso potencial de esta unidad edafológica es el forestal. Son suelos arcillosos de colores rojos y amarillos, en ocasiones moteados.

Acrisol órtico: Su presencia dentro del SAR es mínima, ya que solo ocupan el 0.35% de la superficie total. Se ubican en la localidad de La Palapa, 1 Km al Surponiente de Amatlán de Quetzacoatl, en pendientes bajas y como transición entre los Cerros La Ventana y Cuatzin y el Valle de Atongo. La mayor parte de la superficie es de aprovechamiento, con Cultivos y Pastizales, donde anteriormente existía Selva baja caducifolia, a una altitud media de 1,680 msnm.

Andosoles

Son suelos cuyo primer horizonte generalmente es un vidrio u otra roca volcánica de color oscuro. Están constituidos principalmente por ceniza volcánica, tobas, pumitas, lapillis u otros materiales de origen ígneo. Se asientan, por su origen volcánico, principalmente en zonas montañosas u onduladas en su relieve y por las dimensiones de las formaciones litológicas, en diversas altitudes y cubiertos por vegetación muy variada. Por la rápida alteración de los materiales volcánicos porosos, se genera la acumulación de minerales

órgano-metálicos como la alófana, imogolita y ferrihidrita. Son suelos aptos para gran diversidad de cultivos, esta práctica es común en el Surponiente del SAR.

Andosol húmico: Se encuentra al Surponiente del SAR, justo al Norte de la comunidad de Santa Catarina, aguas abajo de la carretera La Pera-Cuautla. Ocupa laderas de baja pendiente (8°) sobre derrames de lava sobre campos de malpaís. Tiene características similares a la geoforma mencionada, siendo una zona de transición entre Bosques de encino y Selva baja caducifolia, sin embargo, la Selva baja caducifolia ha dado paso a Pastizales, Cultivos y Vegetación secundaria en cuanto a superficie ocupada. La superficie que abarca dentro del SAR es del 32.6% (3,839.6 Ha).

Andosol mólico: No ocupa más del 0.01% de superficie del SAR

Feozems

Son suelos con alto contenido de materia orgánica (carbono), y nutrientes, lo que les da su color negro o negruzco. Son suelos suaves en textura, con alto contenido de loess y se encuentran en climas que les brindan suficiente humedad. Se encuentran entre vegetación abundante y generalmente en zonas de pendiente baja, aunque pueden ser arrastrados a zonas aledañas por efecto de la erosión y los escurrimientos. Son suelos fértiles que dan muy buenos rendimientos para la Agricultura.

Feozem háplico: Se ubican en cuatro zonas de importancia: en el Valle de Atongo, en la ladera Sur del Cerro Zematzin, en Amatlán de Quetzalcoatl y en la Colonia Las Vivianas (caseta de peaje Oacalco). Todas, excepto el C. Zematzin, corresponden a valles o planicies, justo aguas debajo de cerros o cordilleras con bosques de pino y encino. Los Asentamientos humanos han ocupado la mayor parte de la superficie de este suelo, seguidos por los Cultivos. La vegetación original fue la Selva baja caducifolia y el Bosque de encino del Cerro Zematzin. Existe una gran diversidad de geoformas que contiene este suelo: laderas (Cerro Zematzin y Colonia Las Vivianas), depresiones intralávicas (Valle de Atongo) y derrame de lava (Amatlán de Quetzalcoatl). Ocupan el 18.24% de la superficie del SAR.

Feozem lúvico: Preceden a Andosoles y Leptosoles, aguas abajo, en el Surponiente del SAR y al Oriente del Valle de Atongo. Ocupan el 5.90% de la superficie total del SAR, sobre derrames de lava y están cubiertos casi por completo por superficies de aprovechamiento de Cultivos y Pastizales, con pequeños Manchones de encinares.

Leptosoles

Son suelos de poca profundidad y edad, asentados sobre derrames lávicos (pedregales). Contienen escasa vegetación y no pueden formar cauces de arroyos o ríos de gran longitud, permitiendo la infiltración pluvial directa. Se presentan en zonas montañosas de origen volcánico, muy erodables y de alta pendiente (16° en promedio dentro del SAR). Son suelos poco atractivos para la Agricultura o Pastizales, por lo que es recomendable mantener la vegetación natural de la zona.

Esta importante unidad edáfica ocupa el 25.77% de la superficie total del SAR y se distribuyen de forma homogénea sobre todo el SAR. Se encuentran en la parte alta, y menos evolucionada de los derrames de lava del Chichinautzin más recientes, al Poniente del SAR. También se encuentran sobre el Cerro Tepozteco, ladera Norte del Cerro Zematzin y alrededor de la carretera Tepoztlán-Santo Domingo. Están cubiertos por comunidades de Bosques de encino, pino y Selva baja caducifolia en su mayor parte, además de afloramientos de roca (pedregales).

Luvisoles

Son suelos que han acumulado arcilla en los horizontes inferiores debido al efecto de lavado en la superficie y a la baja acción de agentes de la erosión (se ubican en zonas planas o de muy baja pendiente). Son útiles para la Agricultura si su drenaje natural es adecuado, son de colores rojos y pardos.

Luvisol crómico: Es una unidad de suelo pequeña en extensión (0.38%), que se encuentra al Surponiente del SAR, precediendo a Andosoles y Feozems, en la parte baja (1,740 msnm). Están cubiertos por Vegetación secundaria, Pastizales y Cultivos, donde antes existían encinos y relictos de Selva baja caducifolia.

Regosoles

Los Regosoles se desarrollan sobre material suelto o no consolidado y de textura fina, en las zonas de menor humedad del SAR. Son suelos jóvenes, de corta evolución, por la ausencia de humedad. Se pueden utilizar para agricultura de riego o pastizales, pero se recomienda mantener la vegetación natural. Sobre ellos se ubican las localidades de El Golán y El Ahuehuete.

Regosol eútrico: Ocupa una pequeña superficie del SAR (0.59%), que son parte de las laderas de los Cerros Las Mariposas y Popoclán. Se asientan únicamente sobre la microcuenca del Arroyo Popoclán.

Vertisoles

Se encuentran en la parte baja y más árida del SAR, que posee una topografía moderadamente ondulada y plana en algunas partes. Se caracterizan por profundas grietas producto de la contracción (en época de secas) y expansión alternante de las arcillas que los componen. En la época de lluvias son muy plásticos, mientras que en secas son duros y frágiles. Son aptos para la Agricultura con un buen manejo de ellos. Son de color rojizo, negro o gris.

Vertisol pélico: Se distribuyen sobre el 16.15% de la superficie del SAR, justo en la parte baja de las microcuencas Apanctezalco y Tepecapa, desde el Km 13+500 de la carretera La Pera-Cuautla hasta la caseta de peaje de Oacalco. Anteriormente esta unidad edáfica se encontraba cubierta de Selva baja caducifolia, sin embargo, ha dado paso a la Vegetación secundaria, Pastizales y Asentamientos humanos. Se asienta sobre derrames de lava y campos de malpaís.

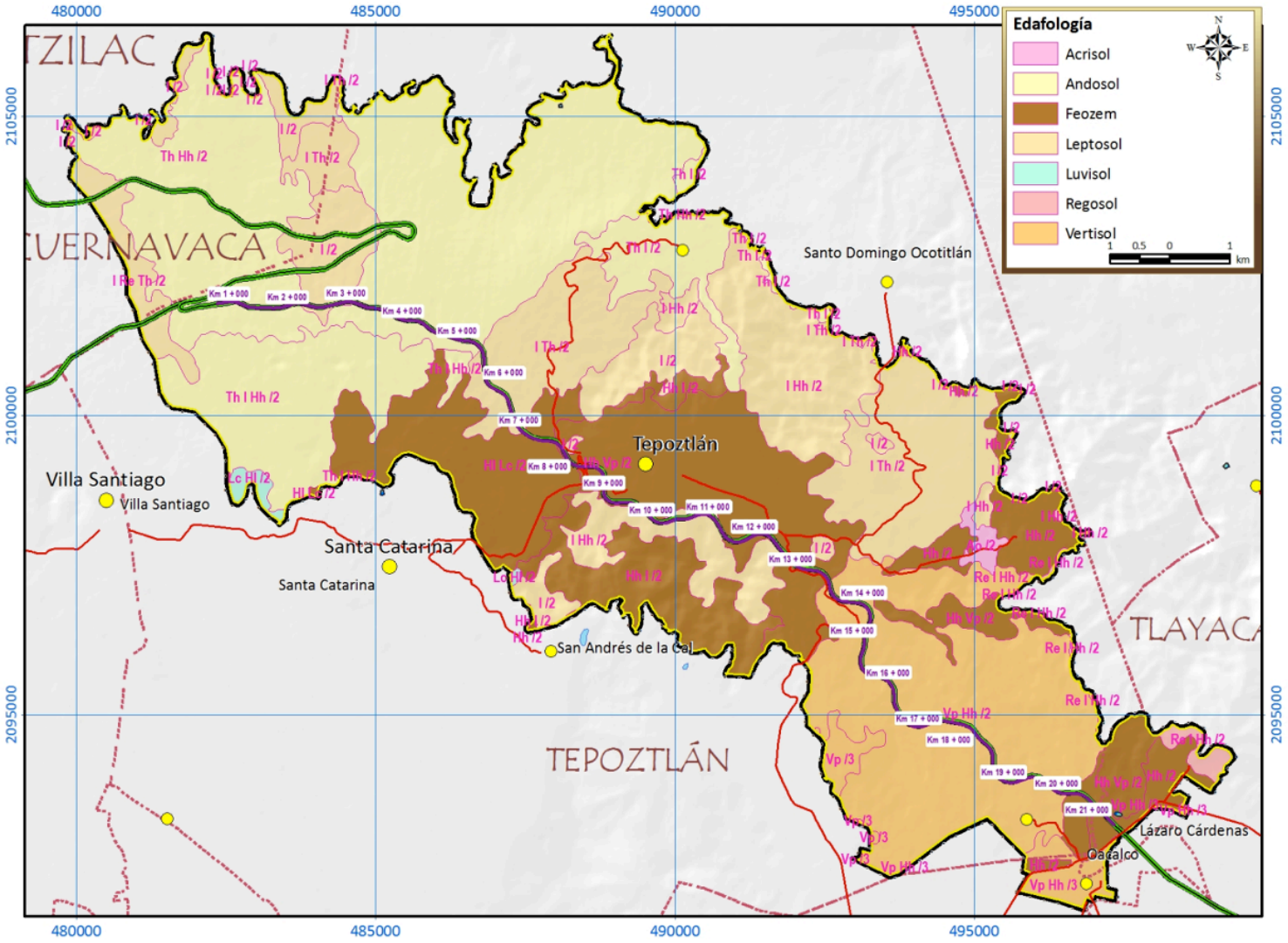


Figura IV.29. Mapa edafológico del SAR. Fuente: INEGI

Erosión Hídrica

Como se muestra en la Figura IV.30, la mayor parte del SAR tiene una erosión hídrica alta, ya que el promedio de erosión hídrica de todo su territorio se calculó en 50.44 ton/(Ha*año) (Anexo 5). Las zonas más erodables del SAR se ubican al Norponiente (derrames recientes de la Sierra Chichinautzin) y en los alrededores del Valle de Atongo (Cerro Tepozteco y Cerro Zematzin). Los terrenos mencionados se caracterizan por estar desprovistos de vegetación abundante, por las pendientes fuertes y/o por situarse en la región de mayor precipitación (Figura IV.30).

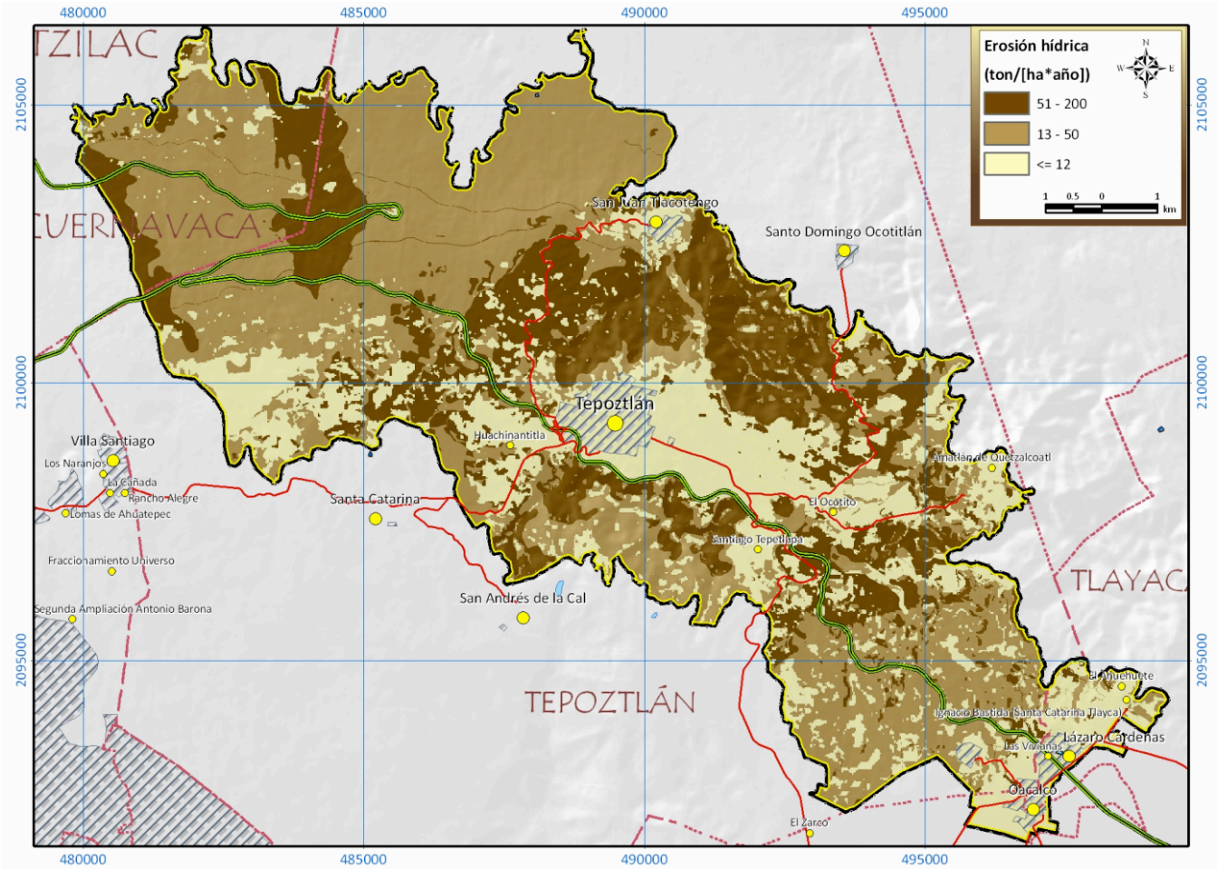


Figura IV.30. Mapa de erosión potencial hídrica del SAR

Por su parte, la erosión eólica ocurre con mayor intensidad en el Suroriente del SAR, donde se encuentran la mayor parte de Pastizales, Selva baja caducifolia y Agricultura de temporal. Lo anterior desde el Cerro Zematzin hasta la caseta de peaje de Oacalco, incluyendo a los escurrimientos de las supramicrocuencas Apanctezalco y Tepecapa, que aguas abajo y fuera del SAR alimentan al Río Yautepec (Figura IV.31).

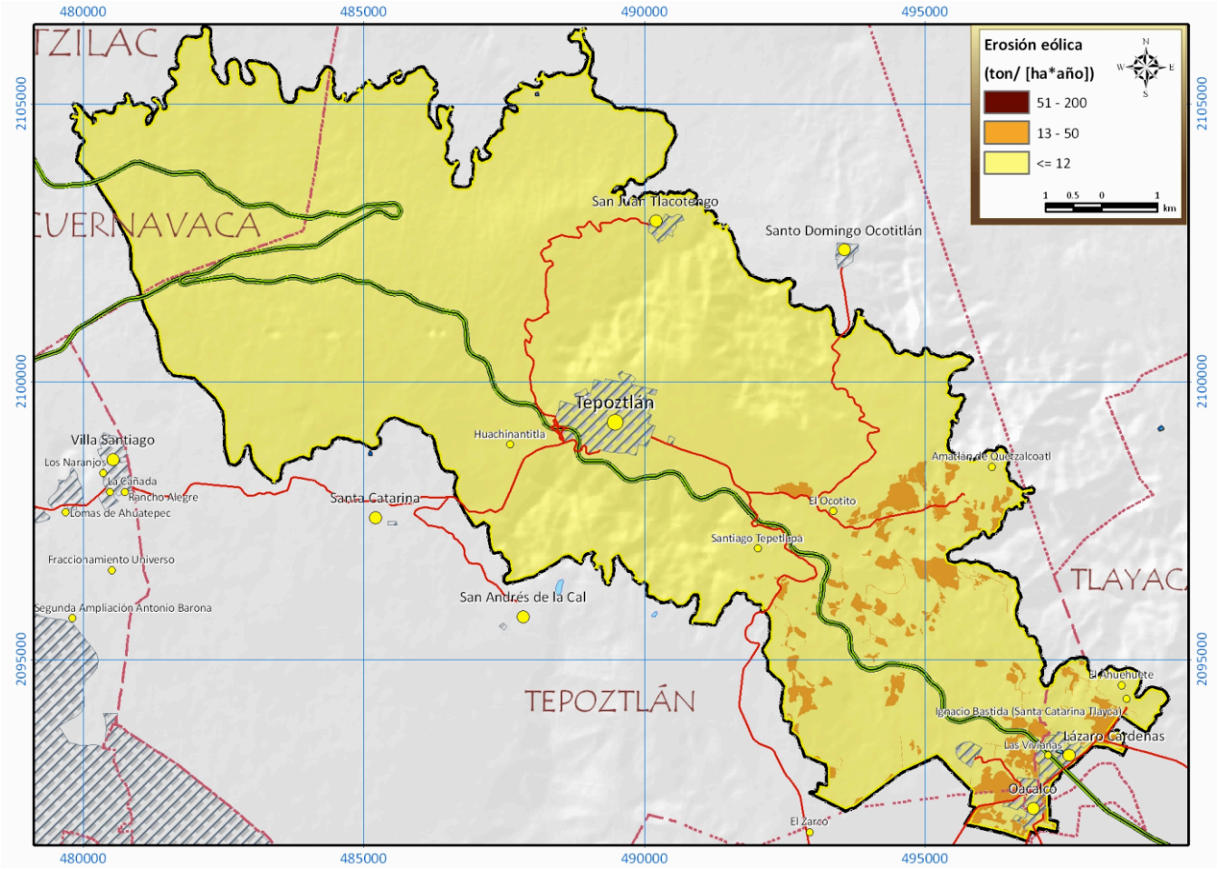


Figura IV.31. Mapa de erosión potencial eólica del SAR

La erosión total potencial más alta, se presenta en el pedregal que está al Poniente de la curva La Pera de la autopista México–Cuernavaca, zona dominada por el Matorral rosetófilo; también sobre las laderas del Cerro Tepozteco que tienen una muy alta pendiente que llega a los 90°; y por último, en algunos barrancos de pendiente moderada pero desprovistos de vegetación natural conservada, entre Amatlán de Quetzalcóatl y la carretera La Pera–Cuautla. El 19.1% de la superficie del SAR tiene una erosión baja, el 47.3% erosión moderada, el 30.1% erosión alta y el 3.4% erosión muy alta (Figura IV.32). La erosión muy baja se presenta en los centros urbanos de Tepoztlán y San Juan Tlacotenco principalmente, mientras que la moderada, en la mayor parte de la Sierra Chichinautzin y en la ladera Sur del Cerro Zematzin.

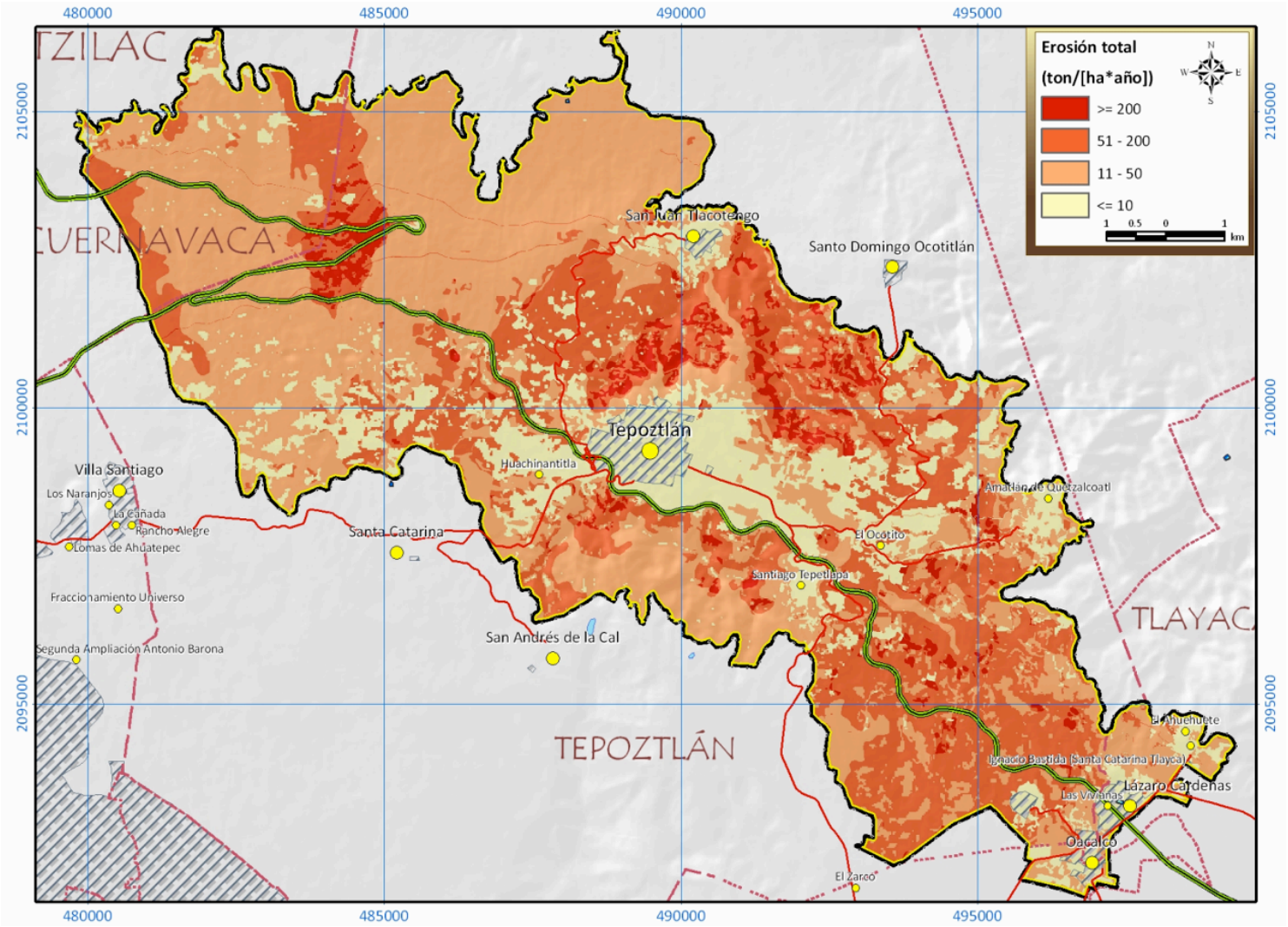


Figura IV.32. Mapa de erosión potencial total del SAR

Hidrología superficial

Los factores geomorfológicos han determinado el tipo de red hidrográfica o de drenaje del SAR, que es de tipo dendrítico, donde los escurrimientos de la parte alta se reúnen en corrientes mayores. El SAR constituye la zona de transición entre el área de recarga y el valle de Yautepec. Todas las corrientes superficiales son de tipo intermitente; anteriormente se consideraba al Arroyo Atongo como permanente, por los manantiales que alimentaban su cauce, sin embargo, no en todo el año existe una corriente, ya que desde su nacimiento solo alcanza a recorrer 7 Km dentro del SAR.

El SAR se localiza por completo dentro de la Región hidrológica Balsas y a su vez dentro de la cuenca del Río Grande de Amacuzac. Aunque los principales accidentes topográficos dentro del SAR con los Cerros Tepoztlán y Zematzin, y que los escurrimientos del Poniente no convergen con los del Oriente, se considera que ambos pertenecen a la cuenca del Río Yautepec. Lo que ocurre con los arroyos del Poniente, es que continúan hacia el Sur y confluyen en una unidad de escurrimiento endorréica o zona de inundación (Unidad Habitacional Acolapan). Los escurrimientos del Centro y del Oriente, llegan directamente al Río Yautepec una vez que han abandonado el SAR por el Suroriente.

En la Tabla IV.10, se presenta la zonificación del SAR, en región, cuenca, subcuenca, supramicrocuenca, microcuenca y nanocuenca, con su superficie respectiva dentro del sistema.

Tabla IV.10. Unidades de escurrimiento en el SAR

Región	Cuenca	Subcuenca	Supramicrocuenca	Microcuenca	Nanocuenca	Superficie (Ha)
Balsas	Río Grande de Amacuzac	Yautepec	Acolapan	San Juan Tlacotenco	Chalchiltepetl	525.7
					Cuahquihuac	130.6
					San Juan Tlacotenco	268.3
					San Juan Tlacotenco Norte	109.9
					Tlaltepetl Norte	413.3
					Tlaltepetl Sur	350.6
				La Pera	Kilómetro 5.0	555.2
					Kilómetro 1.5	497.7
					Kilómetro 2.0	342.1
					Kilómetro 2.5	227.2
					Kilómetro 3.5	333.8
					Kilómetro 4.5	336.8
					La Pera	337.2
			Apanctezalco	Apanctezalco	Amatlán Poniente	389.3
					Capadero	435.5
					Chisco	552.2
					Huehuecoyotl	363.8

Región	Cuenca	Subcuenca	Supramicrocuenca	Microcuenca	Nanocuenca	Superficie (Ha)
					Obrera	220.4
					Quebradora	238.4
					Santiago Tepetlapa	387.0
				Santo Domingo	Santo Domingo	73.6
					Meztitla	346.1
					Tepozteco	280.0
					Tepoztlán	285.0
				Atongo	Tlaxomolco	364.4
					Zematzin Norte	254.0
					Zematzin Oriente	217.0
					Zematzin Sur	490.5
					Chichinautzin	355.8
			Quiahuistepec	Pedregal	Kilómetro 1	257.1
					Parque Nacional	258.2
					Quiahuistepec	455.3
					Amatlán	404.1
			Tepecapa	Tepecapa	Mariposas	237.8
					Oacalco	482.3

Supramicrocuencas

El criterio para reunir o juntar las microcuencas de SAGARPA-FIRCO fue identificar las corrientes y direcciones principales del flujo pluvial. Como se verá a continuación, el SAR puede ser concebido en dos fracciones, Oriente y Poniente, gracias a los parteaguas de las supramicrocuencas. La supramicrocuenca Poniente continúa hacia el Sur del SAR para terminar como cuenca arréica y la Oriente, continúa como exorréica hacia el Sur del estado de Morelos.

Dentro del SAR se identifican 4 unidades de escurrimiento principales (supramicrocuencas): la Acolapan y Quiahuistepec, se reúnen al Sur del SAR, en los límites de los municipios de Tepoztlán y Jiutepec, en la Unidad Habitacional Acolapan, y sus escurrimientos pasan por el Poniente del Valle de Atongo. La otra mitad del territorio, la Oriente, está dividida en la supramicrocuenca de Apanctezalco, que conduce al Arroyo Atongo y la supramicrocuenca Tepecapa, que lleva los escurrimientos provenientes de la Sierra que divide al municipio de Tepoztlán con Tlayacapan (Figura IV.33).

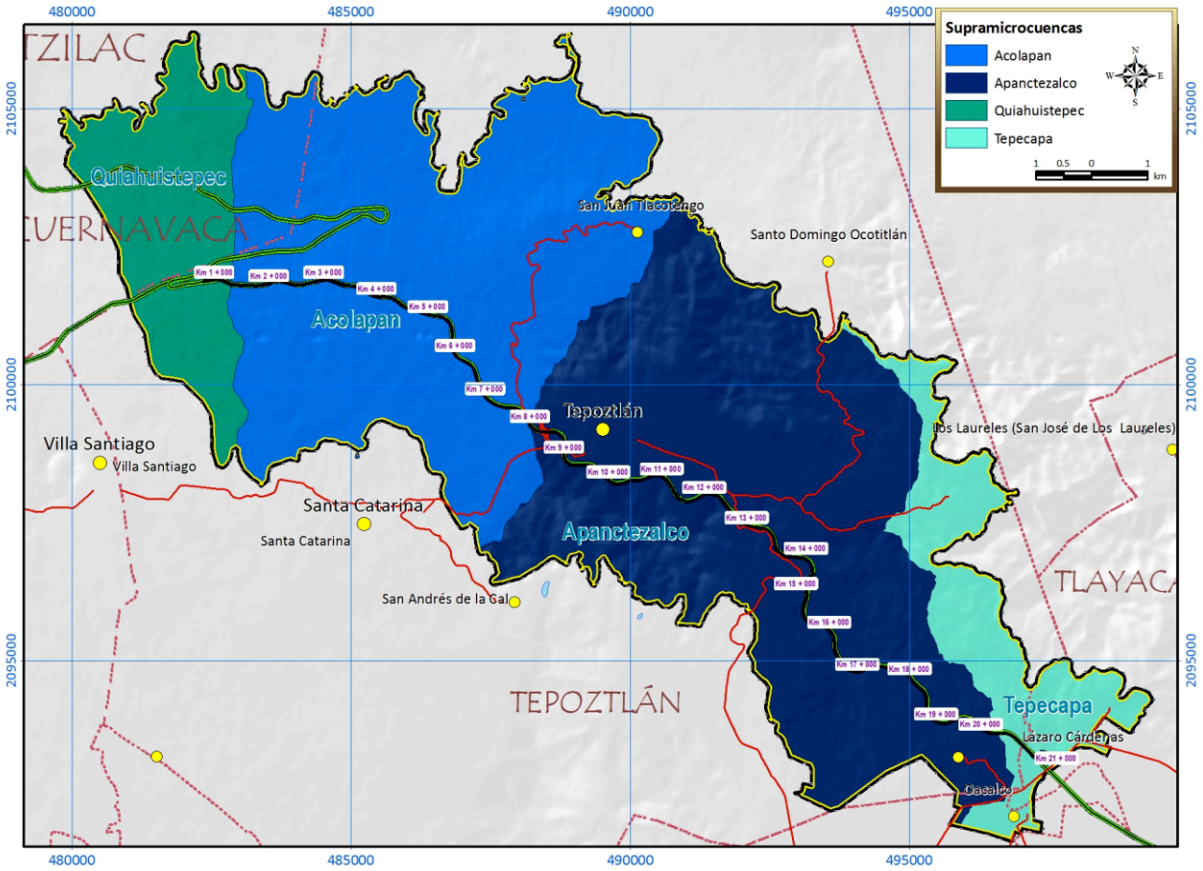


Figura IV. 33. Mapa de supramicrocuencas del SAR

Microcuencas

Dentro de la supramicrocuenca Quiahuistepec se ubican la microcuenca Pedregal, dominada por un manto basáltico reciente que la hace diferente a todas las demás microcuencas debido a que la mayor parte de la precipitación se infiltra. La supramicrocuenca Acolapan, contiene a las microcuencas La Pera y San Juan Tlacotenco. Debido a que tiene un suelo más definido y profundo, conduce un mayor volumen de escurrimiento que define al Arroyo Acolapan aguas abajo en temporada de lluvias. La supramicrocuenca Apanctezalco contiene a las microcuencas Tepoztlán: constituye el inicio del Arroyo Atongo, Santo Domingo: rodea las laderas Oriente del Cerro Tepozteco, y Apanctezalco: conforma la parte baja del Arroyo Atongo donde cambia de nombre. Por último está la supramicrocuenca Tepecapa, contiene una sola microcuenca dentro de ella, con el mismo nombre (Figura IV.34).

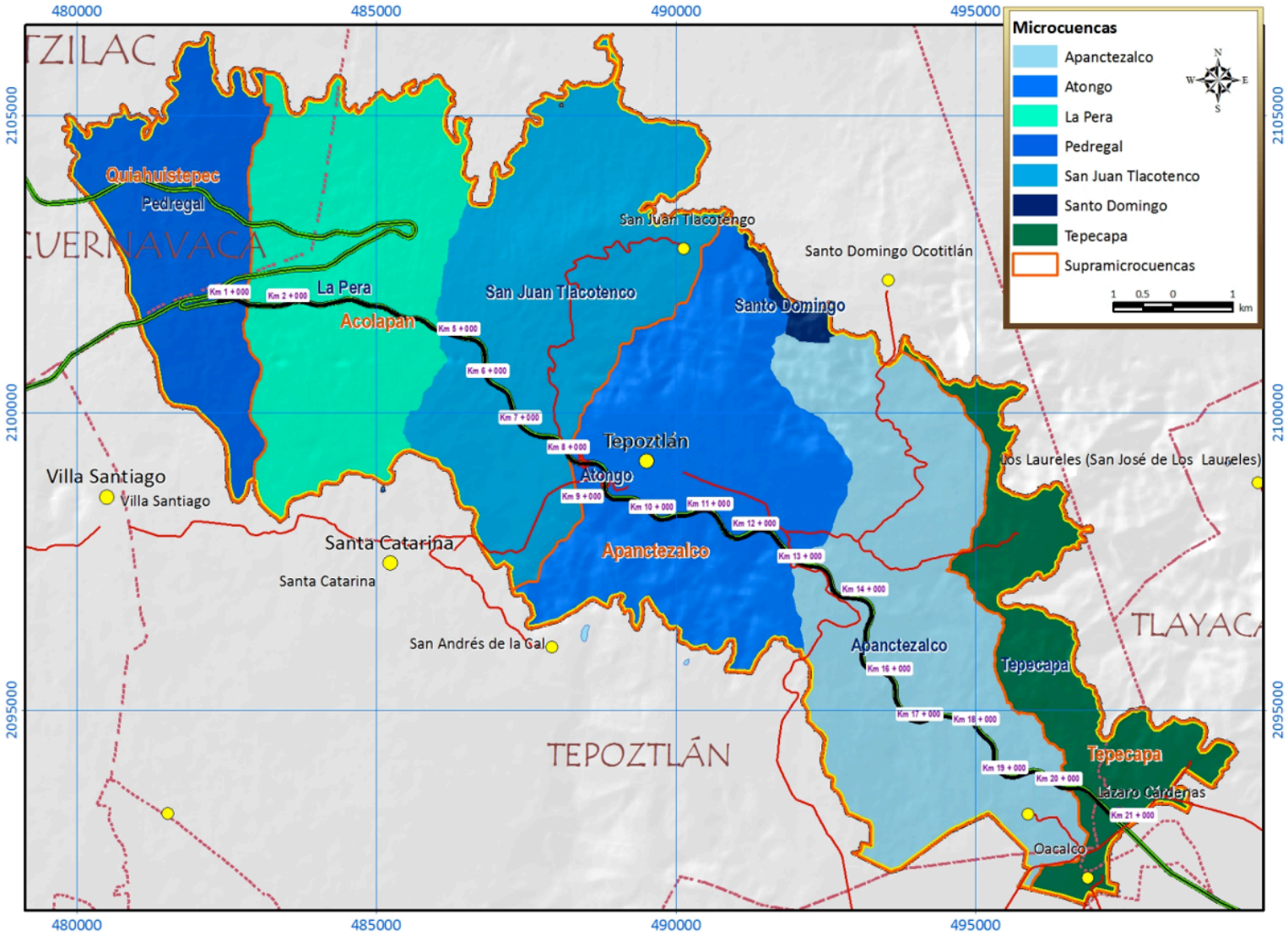


Figura IV.34. Mapa de microcuencas del SAR (Fuente: SAGARPA-FIRCO)

Nanocuencas

Las nanocuencas, subdivisión de las microcuencas, permiten identificar con mayor detalle los patrones de flujo de las corrientes superficiales del SAR. Esto fue posible utilizando el modelo numérico de terreno, su versión sombreada (hillshade) y las curvas de nivel cada 20 m. Todas las nanocuencas son de orden exorréico, favorecidas por la pendiente constante. El único cambio de dirección en las corrientes superficiales se identifica en las nanocuencas del Valle de Atongo, donde en la localidad de Tepoztlán, la corriente principal reúne arroyos desde el Sur (Cerro Zematzin) y Norte (Cerro Tepozteco) que continúa en dirección Oriente y cambia hacia el Sur (Figura IV.35).

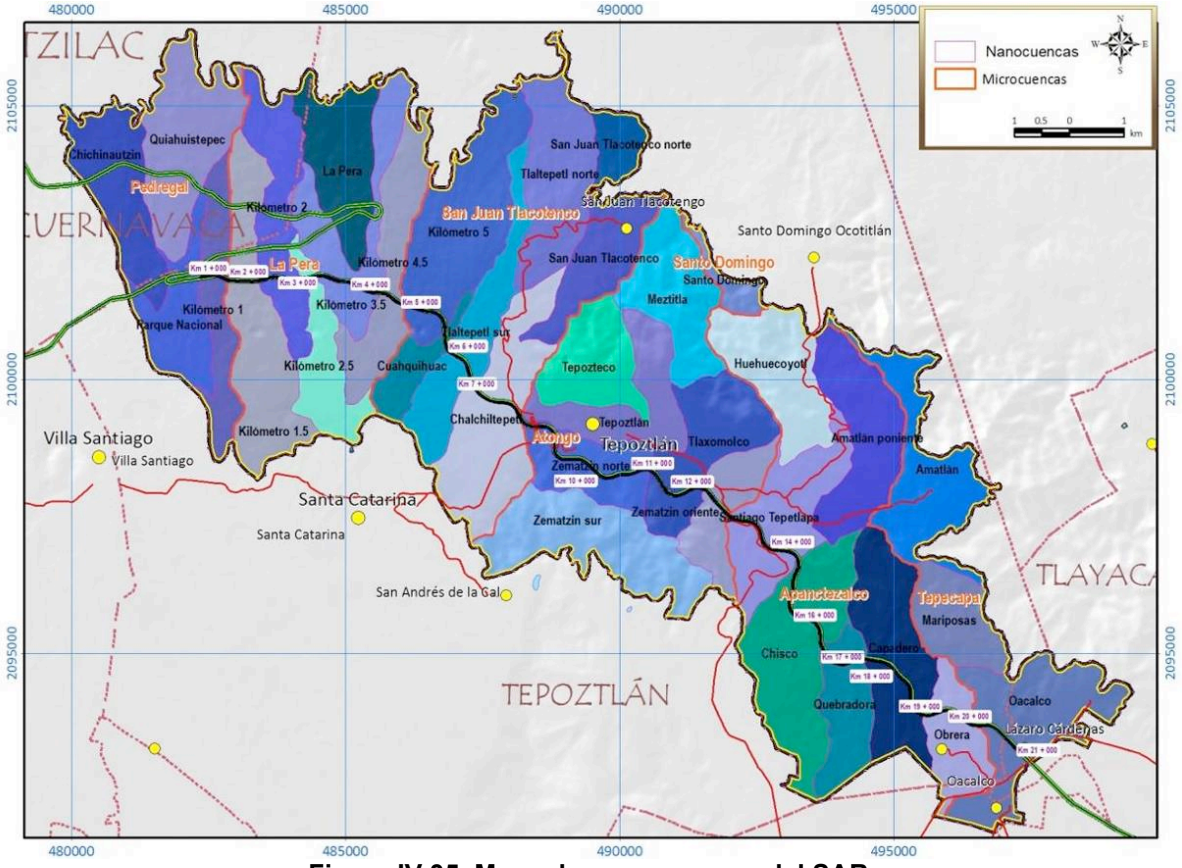


Figura IV.35. Mapa de nanocuencas del SAR

Hidrología superficial

Debido al relativamente poco evolucionado paisaje dentro del SAR, existen corrientes superficiales que no han desarrollado su cauce completamente que los una a otras corrientes paralelas. Lo anterior se observa en las corrientes que desaparecen, al Poniente, que escurren sobre basaltos recientes sin cobertura de suelo y que se infiltran directamente al subsuelo, así como los arroyos que bajan tanto de los Cerros Tepozteco y Zematzin (Figura IV.36).

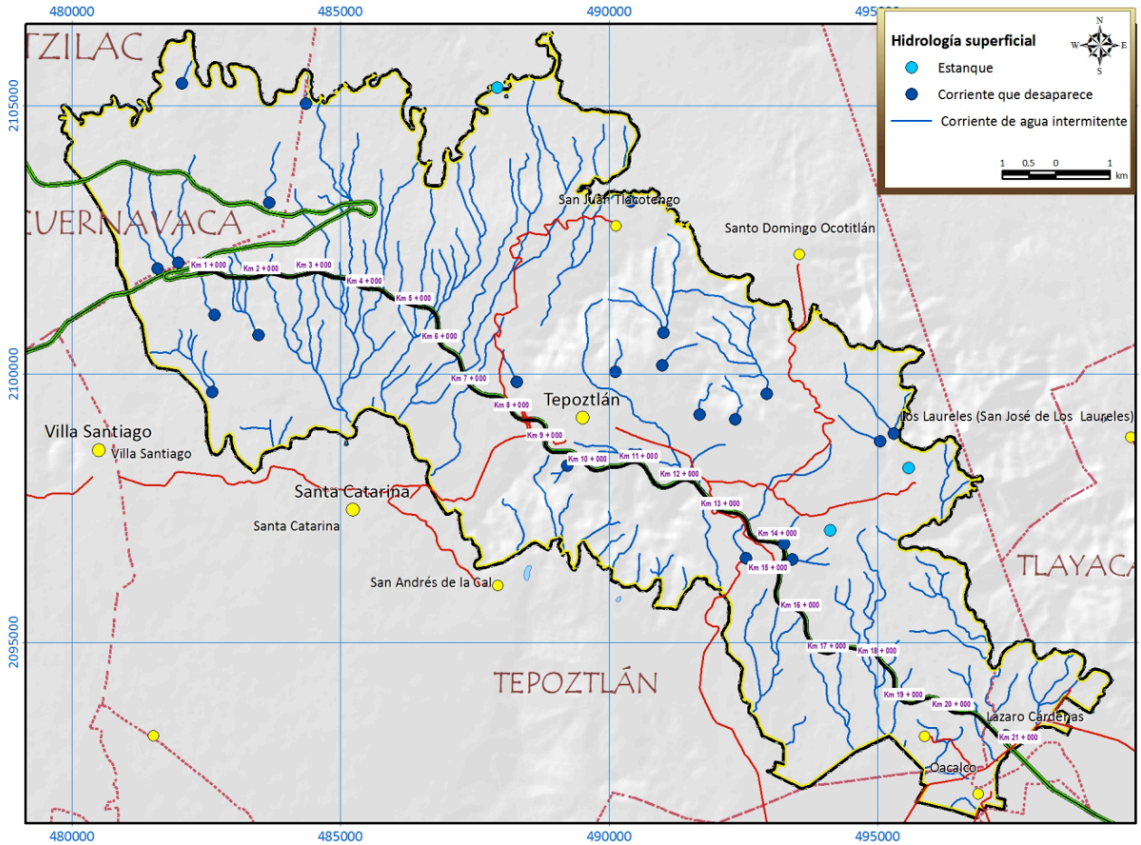


Figura IV.36. Mapa de hidrología superficial del SAR. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Google Earth

Dentro del SAR se encuentran solo 3 cuerpos de agua, que son estanques que se utilizan para la escasa ganadería del lugar, uno de ellos ubicado en el extremo Norte del SAR entre Bosques de pino y encino, uno más en la Colonia Tecmilco y el último a 500 m al Poniente de Amatlán de Quetzalcóatl (Figura IV.37), estos dos últimos, entre Selva baja caducifolia perturbada, Pastizales y Vegetación secundaria.



Figura IV.37. Estanques dentro del SAR. Fuente: Google Earth

Hidrología subterránea

Dentro del SAR se encuentran 2 acuíferos de acuerdo con la CONAGUA, el acuífero Cuernavaca y el acuífero Cuautla-Yautepec, ambos separados por un lineamiento que corre en dirección Norte-Sur, que parte del Corredor biológico Chichinautzin, pasa por el Cerro Tepozteco, Cerro Zematzin y llega hasta la Sierra Montenegro, afuera y al Sur del SAR.

Al Centro del SAR se presenta la estructura anticlinal de Ticumán, la cual divide al acuífero Cuernavaca con el acuífero Cuautla-Yautepec. Los materiales que constituyen estos plegamientos son rocas calizas, dolomías, areniscas, lutitas calcáreas y conglomerados calcáreos (Figura IV.38).

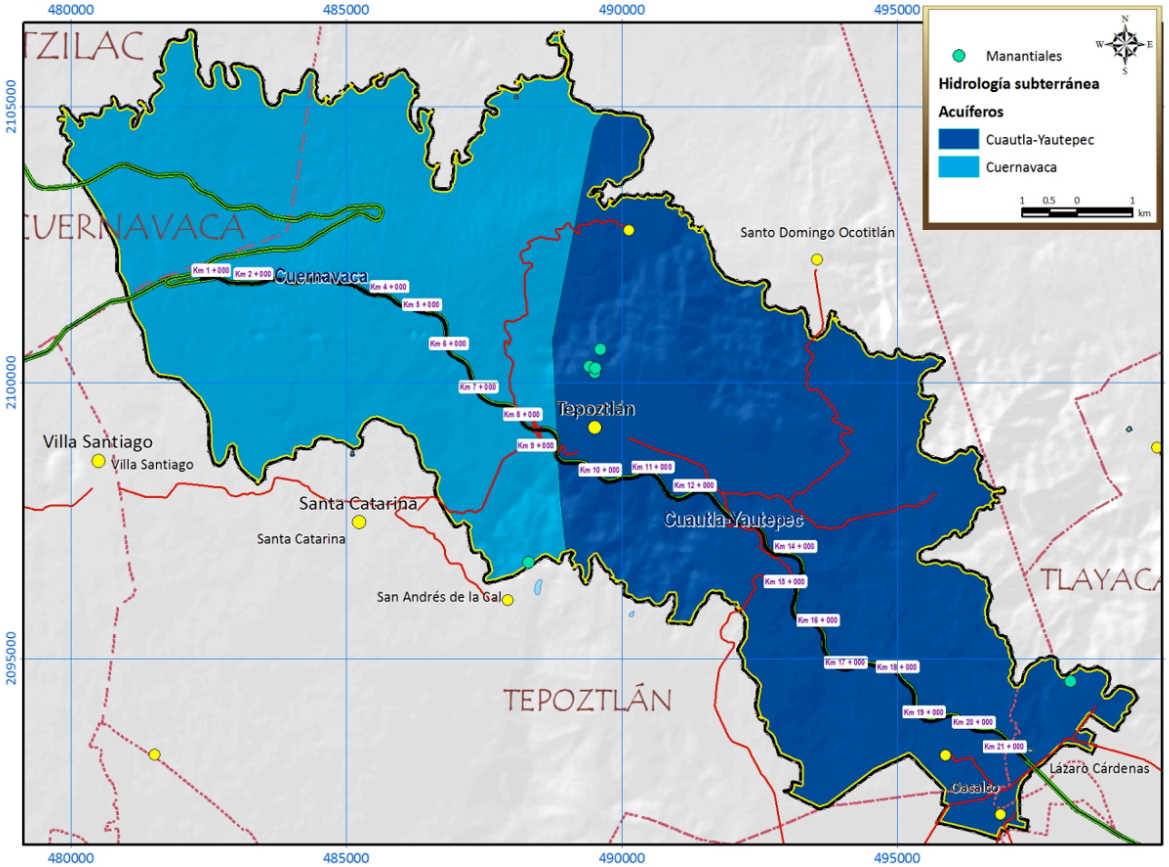


Figura IV.38. Mapa de hidrología subterránea del SAR (Fuentes: CONAGUA e INEGI)

Acuífero Cuautla-Yautepec

El acuífero Cuautla-Yautepec se ubica en la porción Centro Norte del estado de Morelos y presenta un potencial hidrológico muy importante. Es resaltable que el SAR se ubica en el flanco Sur de la Sierra Chichinautzin, lo cual le da características geomorfológicas muy particulares que están en estrecha relación con el modelo de funcionamiento geohidrológico, en donde se definieron dos zonas principales: área de recarga y área acuífera. En la parte alta del municipio de Tepoztlán, se presentan severas deficiencias en el suministro de agua

potable a sus comunidades, debido principalmente a las condiciones adversas para el alumbramiento de las aguas del subsuelo, en donde los materiales geológicos se constituyen de coladas de basalto intercaladas con escorias (tezontle), con una alta permeabilidad, lo que da como consecuencia que los niveles piezométricos del agua subterránea se encuentren muy profundos, con resultados de bajo gasto los menos o fallidos en la mayoría de los pozos perforados en esa zona.

El acuífero Cuautla-Yautepec está incluido en los tres decretos presidenciales que a continuación se mencionan:

a) Decreto Presidencial de fecha 1° de junio de 1960, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 1960, veda tipo III;

b) Decreto Presidencial de fecha 26 de febrero de 1962, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de marzo de 1962, veda tipo III; y,

c) Decreto Presidencial de fecha 7 de marzo de 1973, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1973, veda tipo III.

Por lo que respecta a los niveles del agua subterránea, la profundidad del nivel estático oscila entre 5 y 170 m; los niveles de agua más someros se localizan en las inmediaciones de Oacalco, mientras que los más profundos se encuentran en la porción Norte del SAR, hacia el inicio de las partes montañosas.

En la configuración de los niveles del agua se observa que el flujo subterráneo tiene una dirección preferencial Norte a Sur. Las cotas de la elevación del nivel del agua van de 1,700 a 1,200 msnm.

En cuanto a la geohidrología de la zona de Cuautla-Yautepec, por su composición y características hidráulicas de las formaciones, se definieron las zonas acuíferas siguientes: clásticos no consolidados, rocas volcánicas fracturadas, calizas arrecifales y en las porciones Este y Oriental del área de estudio, acuíferos ‘‘colgados’’ en rocas volcánicas de la Formación Chichinautzin. Estos últimos, con niveles freáticos muy someros, con agua de buena calidad y que dan origen a las descargas de los manantiales localizados en la zona de Oaxtepec. El acuífero superior está conformado por materiales aluviales y rocas volcánicas de la Formación Tlayecac, tiene geometría regular y espesor hasta de 150 m en el área de Yautepec. La recarga natural del acuífero tiene lugar, principalmente en los macizos montañosos, alimentando éstos a las partes bajas de la cuenca del río Yautepec.

Acuífero Cuernavaca

El acuífero Cuernavaca limita al Norte con la Sierra Chichinautzin, parteaguas de las regiones hidrológicas Pánuco y Balsas, y al Poniente con el límite administrativo de los estados de México y Morelos.

El acuífero Cuernavaca está incluido en tres decretos presidenciales publicados para el estado de Morelos; estos decretos se listan a continuación:

a) Decreto Presidencial de fecha 1º de junio de 1960, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 1960, veda del tipo III;
b) Decreto Presidencial de fecha 26 de febrero de 1962, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de marzo de 1962, veda del tipo III; y,
c) Decreto Presidencial de fecha 7 de marzo de 1973, publicado en el Diario Oficial de la

Federación el día 6 de julio de 1973, veda del tipo III.[2]

La primera unidad geohidrológica, definida también como acuífero libre, se ubica principalmente en materiales de las formaciones Cuernavaca y Chichinautzin. Ambas formaciones presentan de regular a alta permeabilidad y es el único tipo de acuífero que actualmente se explota a través de pozos y norias en el estado de Morelos. Este acuífero tiene importantes descargas naturales a través de manantiales en la entidad. La Formación Cuernavaca domina la porción Poniente del Valle de Cuernavaca con espesores explorados de 300 m, mientras que en la porción Oriental del Valle se presenta una combinación con la Formación Chichinautzin.

Este acuífero se encuentra alojado en dos diferentes unidades de roca: la primera unidad consiste de rocas ígneas basálticas fracturadas de la Formación Chichinautzin que presentan una alta permeabilidad y distribución irregular; la segunda unidad la constituyen rocas de la Formación Cuernavaca que presenta una permeabilidad media y una distribución irregular.

El comportamiento en las variaciones estacionales de los niveles piezométricos depende de la zona, con diferencia promedio entre 2 a 4 m de profundidad. En la porción Oriental del Valle, donde el acuífero granular de la Formación Cuernavaca se encuentra en contacto con la Formación Chichinautzin, la variación de niveles entre la temporada de lluvias y estiaje es más significativa, llegando en algunos casos a ser del orden de los 10 a 20 m de profundidad.

A pesar de que en el acuífero Cuernavaca se mantienen los mismos niveles piezométricos en los últimos 20 años, se ha observado que con el incremento de la explotación artificial (pozos profundos principalmente), se está generando una disminución en la descarga natural de los manantiales.

Infraestructura hidráulica

Como se muestra en la Figura IV. 39, solo existen pozos donde el estrato litológico ha permitido las perforaciones y donde se ha establecido la necesidad de extraer agua potable, es decir, en las localidades de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl, Oacalco, La Quebradora, Ignacio Bastida, Las Vivianas y Santiago Tepetlapa. El abastecimiento a las zonas altas, como San Juan Tlacotenco, se hace a través de pipas y cajas de agua instaladas aguas arriba de los asentamientos humanos. La mayoría de ellas se utiliza para el ganado en la parte media del SAR (Figura IV.39 y 40).

[2] CONAGUA, Determinación de la disponibilidad del agua en el Acuífero Cuernavaca, Estado de Morelos, 2002

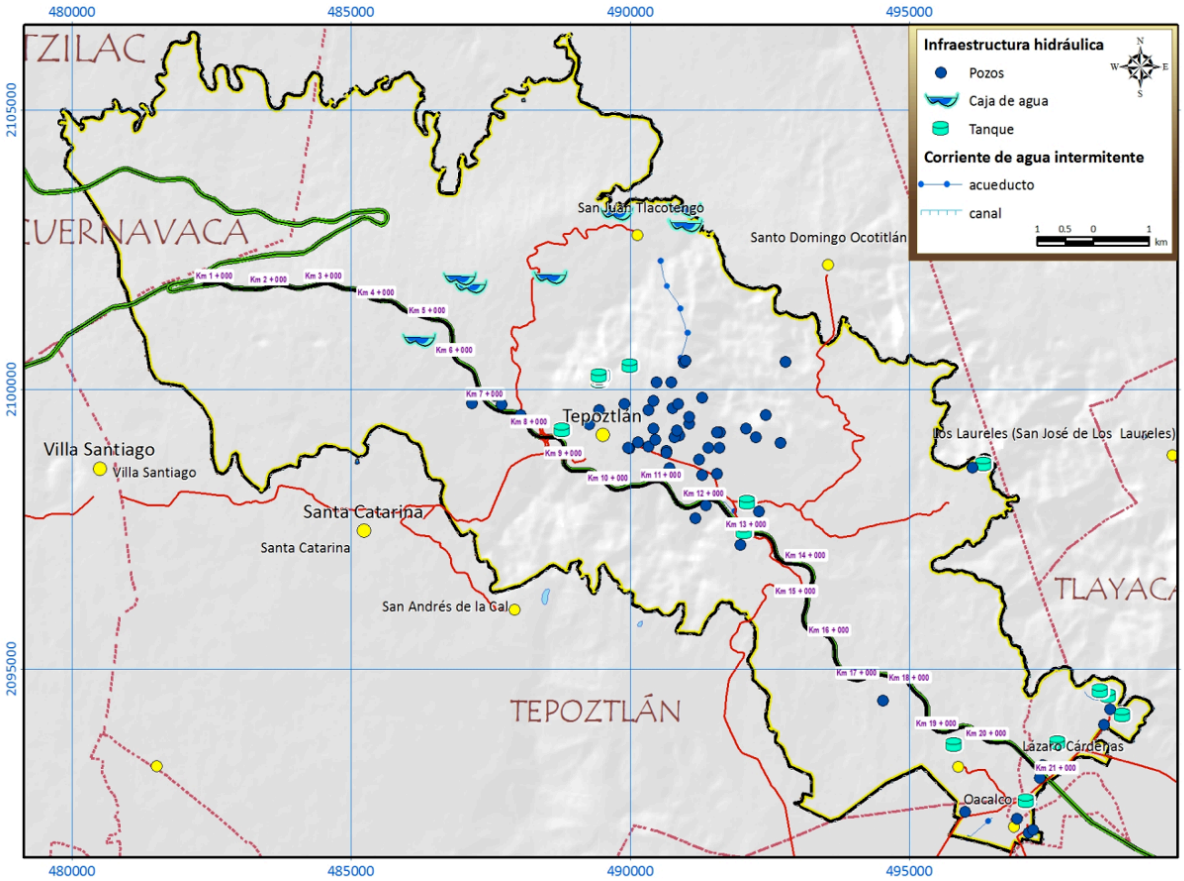


Figura IV.39. Mapa de infraestructura hidráulica del SAR (Fuentes: INEGI, CEAMA-Morelos)

En la Figura IV.40 se observan las cajas de agua al Norte del SAR, a la izquierda y el Centro las que se ubican al Norponiente de San Juan Tlacotenco; y a la derecha la que se encuentra 3 Km al Sur de la mencionada comunidad.



Figura IV.40. Cajas de agua al Norte del SAR. Fuente: Google Earth

En la Figura IV.41 se aprecian las cajas de agua al Poniente del SAR, utilizadas para la ganadería y algunos cultivos. Estas se encuentran tanto al Norte como al Sur de la carretera

La Pera–Cuautla, a la altura del Km 5. Estas cajas de agua se encuentran a la vez dentro de la supramicrocuenca Acolapan y la microcuenca San Juan Tlacotenco. Sus dimensiones varían desde los 6 o 10 m por lado hasta los 30 m (inferior-derecha).



Figura IV.41. Cajas de agua al Poniente del SAR. Fuente: Google Earth

Infiltración del acuífero

Para la infiltración del acuífero se aplicó la metodología descrita por la NOM-011-CNA-2000 y el manual de Evaluación de los recursos hídricos (IMTA, 2006), que plantea el cálculo del escurrimiento superficial, la evaporación y la infiltración (Figura IV.42). Para ello fue necesario la obtención de la variable cartográfica de permeabilidad, como lo define la metodología, impermeabilidad. En la Figura IV.42 se observa al factor K, que resulta de reclasificar las unidades de suelo, o edafología, según su permeabilidad relativa. Los suelos con mayor impermeabilidad son los que están en el Sur del SAR y predominan los Vertisoles y Feozems, mayoritariamente de textura fina y media, por el arrastre de partículas. Entre menor sea el tamaño de los constituyentes del suelo, mayor será la impermeabilidad y mayor será el porcentaje de precipitación que rechacen.

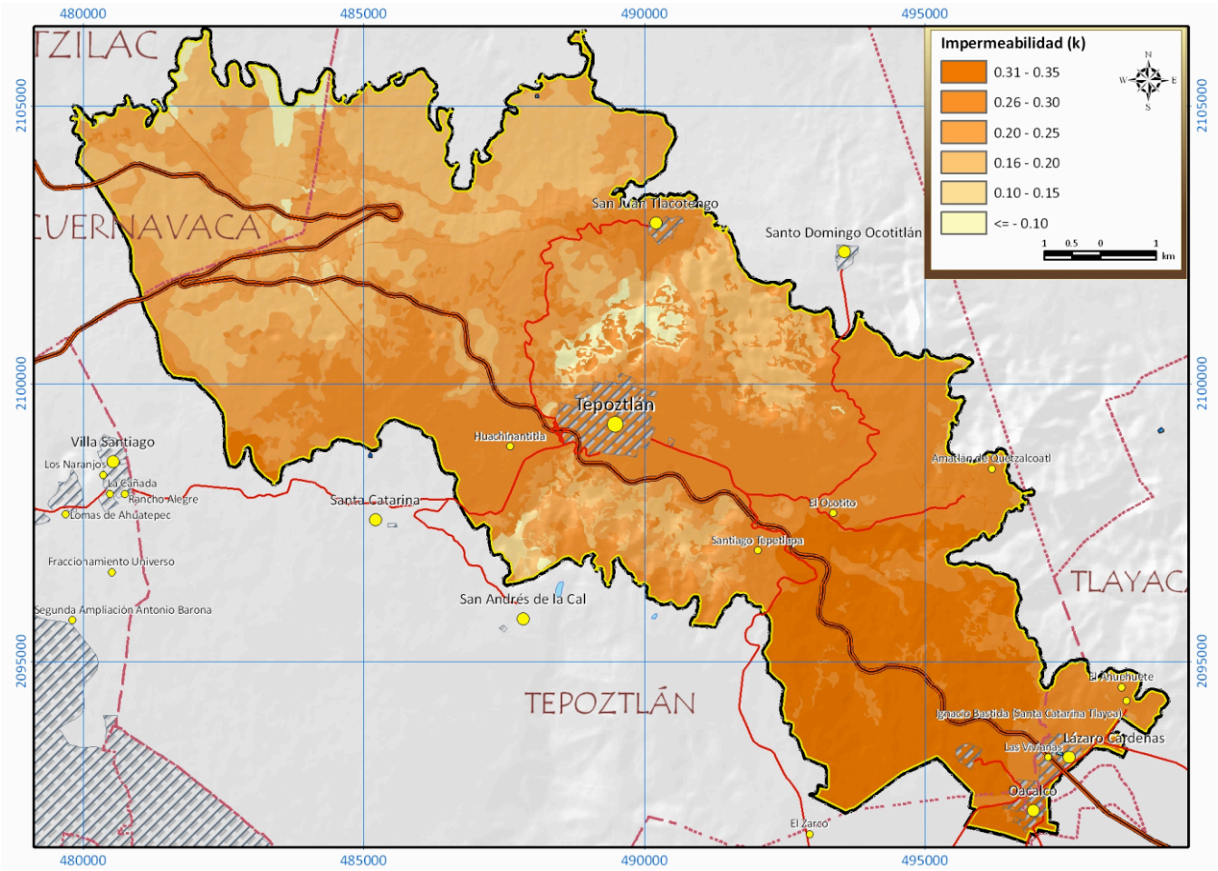


Figura IV.42. Mapa de impermeabilidad del SAR

En la Figura IV.43 se expone la permeabilidad, obtenida como la impermeabilidad a la inversa, y clasificándola en 5 categorías cualitativas. Como se observa, la zona Norte, y alta, del SAR posee la mayor permeabilidad, donde existen Bosques bien conservados de encino y pino, y los suelos jóvenes de textura media y gruesa facilitan la infiltración. Prueba de lo anterior, son las múltiples corrientes superficiales que desaparecen en el terreno y que no se integran a la red hidráulica. Lo mismo ocurre en los Cerros Tepozteco y Zematzin, donde los barrancos disectados, facilitan la aparición de manantiales aguas abajo en época de lluvias.

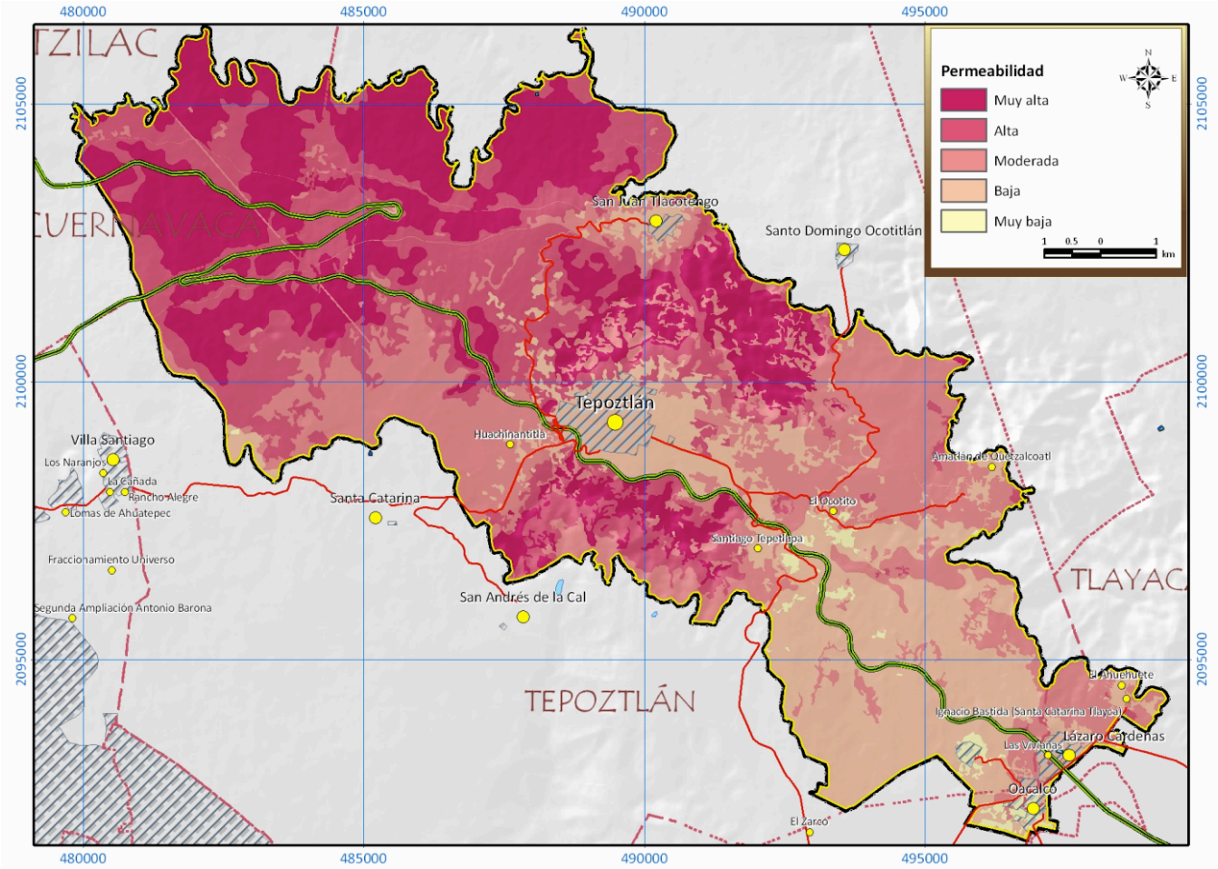


Figura IV.43. Mapa de permeabilidad del SAR

Vulnerabilidad del acuífero

Las fuentes de contaminación de un acuífero provienen de: fuentes de desechos orgánicos de animales domésticos, ganadería y asentamientos humanos, y por la intrusión de diversos químicos.

En el SAR las zonas más vulnerables a ser contaminadas se restringen a las zonas de mayor recarga e infiltración directa al acuífero, esto principlamente al Noroeste del Sistema, sobre la unidad de derrame de lava con materiales volcanocasticos, en donde se presentan una litología de basaltos y brecha volcánica. Por otro lado, las zonas menos suceptibles o menos vulnerables del acuífero se presentan en aquellos sitios mas bajos del SAR, es decir, en las unidades geomorfológicas de Llanura aluvial y en las depresiones interlavicas cubiertas por materiales litológicos de aluvión y residuales, por el efecto de la acumulación de diferentes materiales que son arrastrados de las partes mas altas del Sistema, en estos sitios se presentan suelos principalmente del tipo Feozem y Vertisol, caracterisiticos por el gran contenido de materiales finos que los componen o arcillas lo que impide la filtración de las diferentes fuentes de contaminación del acuífero, por lo que son consideradas las zonas menos frágiles a padecer estos tipos de contaminación.

En la Figura IV.44 se muestran los principales puntos de vulnerabilidad del acuífero. Que son las regiones Noroeste y partes especificas al Centro del SAR.

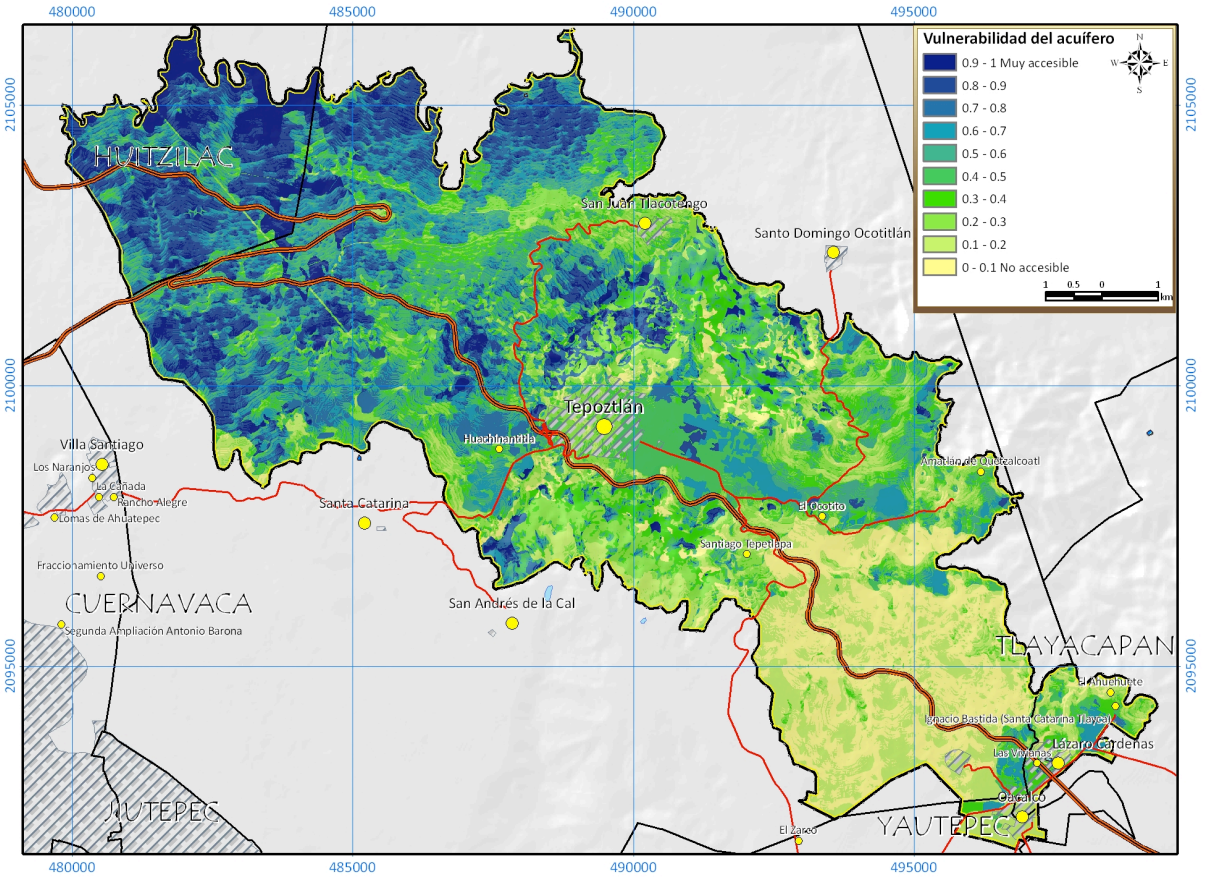


Figura IV.44. Mapa de vulnerabilidad del acuífero en el SAR

Coeficiente de escurrimiento superficial

El gradiente del coeficiente de escurrimiento tiene sus valores máximos cerca de la comunidad de San Juan Tlacotenco, al Norte del pueblo de Tepoztlán, donde predominan los Pastizales, los Cultivos y por supuesto, los Asentamientos humanos. Los valores intermedios del coeficiente de escurrimiento se dan en las zonas de pendiente baja, ya sea en las laderas sureñas del Chichinautzin o en el Valle de Atongo donde abundan Pastizales, Cultivos de temporal y Selva baja caducifolia perturbada (zonas de aprovechamiento) (Figura IV.45).

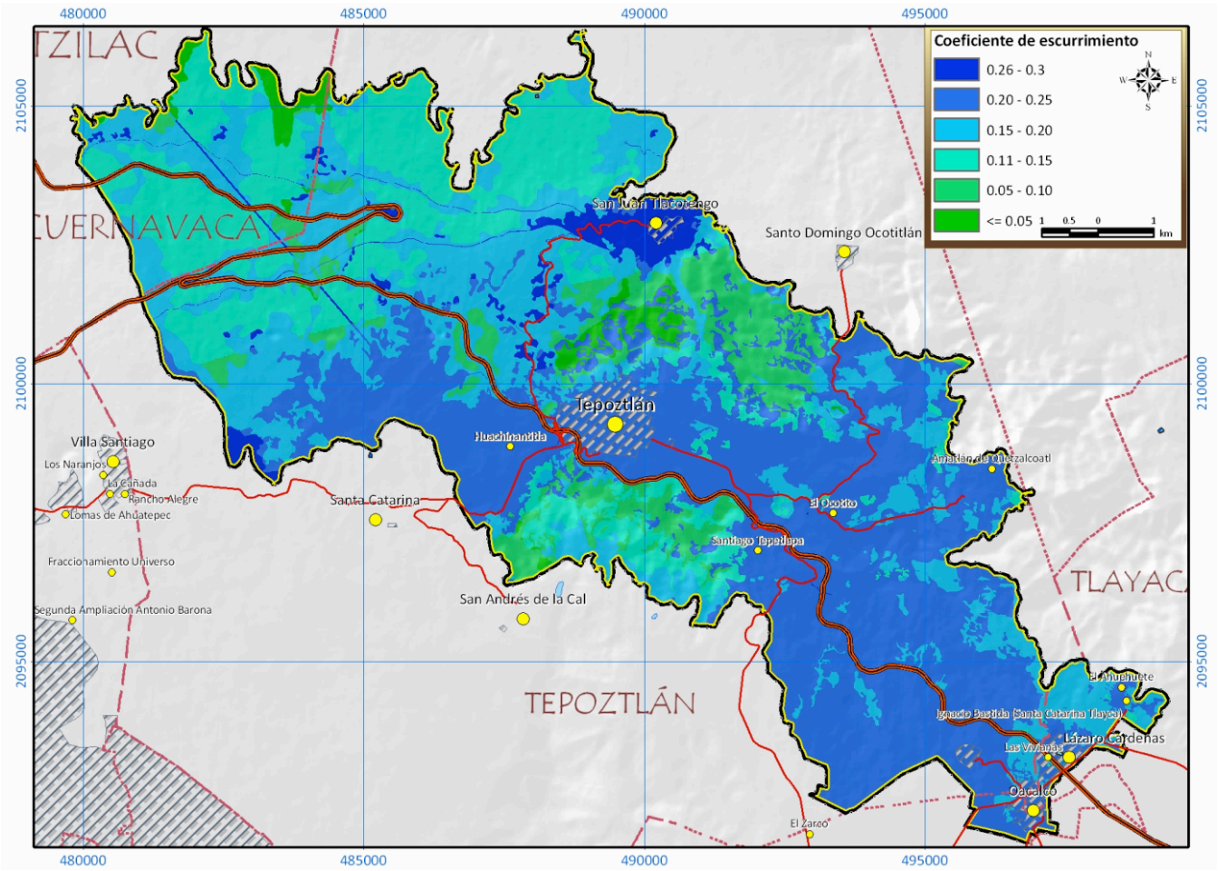


Figura IV.45. Mapa de coeficiente de escurrimiento superficial del SAR

Escurrimiento superficial

El mayor escurrimiento superficial ocurre en el pueblo de San Juan Tlacotenco y al Norte de Santa Catarina, el primer sitio favorecido por la alta precipitación (1,450 mm/año) y el segundo por la alta impermeabilidad de los suelos con cultivos, aguas abajo de una comunidad arbórea de Bosque de encino perturbado. Las regiones de escurrimiento mínimo son los Cerros Tepozteco, Zematzin y la Sierra Chichinautzin (Figura IV.46).

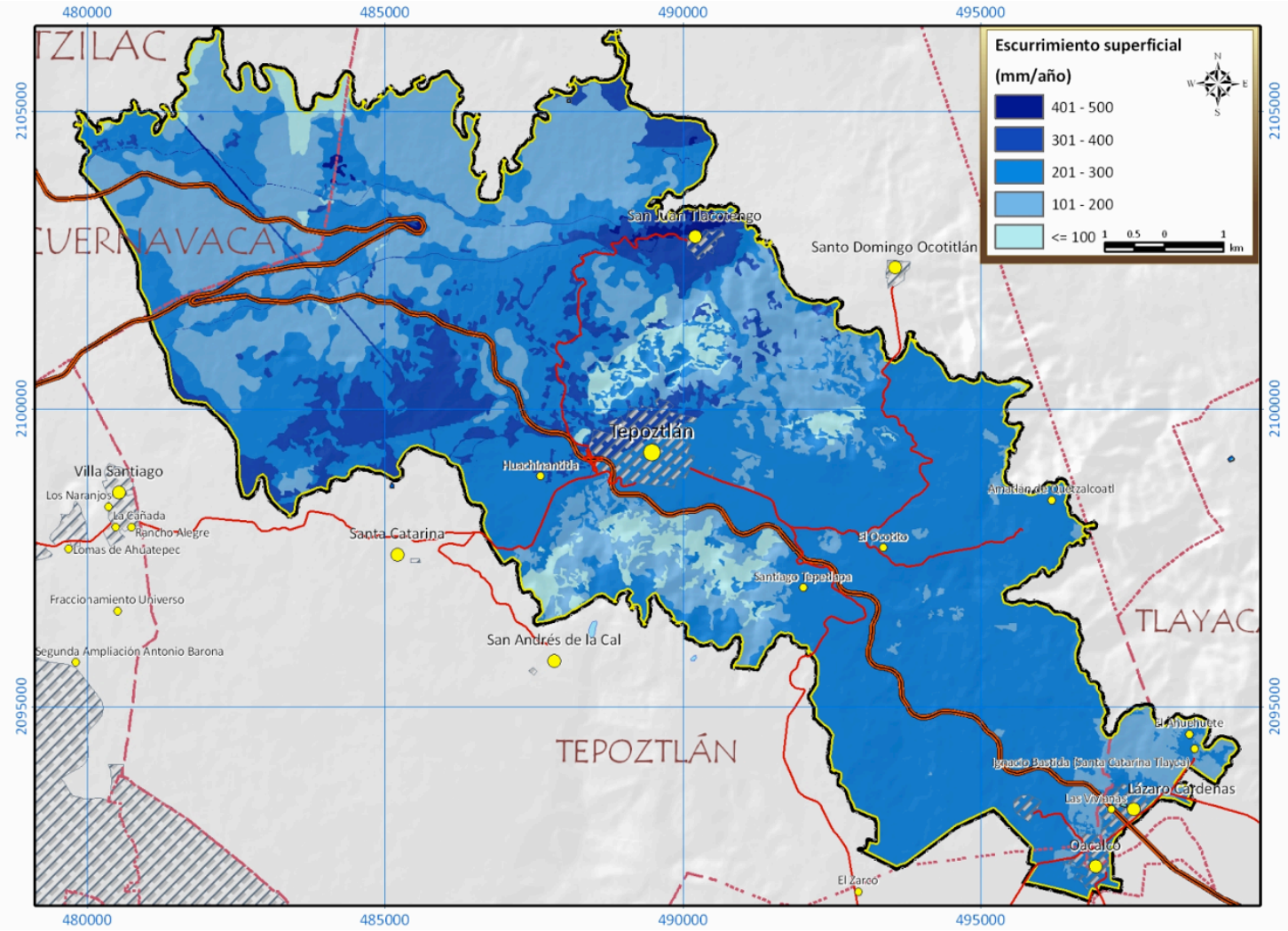


Figura IV.46. Mapa de escurrimiento superficial del SAR

El volumen total de escurrimiento calculado para el SAR es de 26.222 Mm^3 por año y las fracciones por supramicrocuenca se presentan en la Tabla IV.11. Como se observa, las submicrocuencas de mayor escurrimiento superficial promedio son Acolapan y Apanctezalco, ambas al Poniente del SAR. Un mínimo volumen de escurrimiento es el que se registra al Poniente, donde, aunque no se presentan tampoco corrientes permanentes, los arroyos intermitentes existen en menor número.

Tabla IV.11. Escurrimiento superficial por supramicrocuenca

Submicrocuenca	Superficie (m^2)	Escurrimiento superficial (mm/año)	Volumen de escurrimiento (m^3)	Volumen de escurrimiento (%)
Acolapan	44,286,146.8	237.244	10,506,622.61	40.1
Apanctezalco	48,973,104.4	214.234	10,491,704.05	40.0
Quiahuistepec	13,263,219.3	213.050	2,825,728.87	10.8
Tepecapa	11,241,581.5	213.338	2,398,256.51	9.1
	Total		26,222,312.04	**100.0**

Como se observa en la Tabla IV.12 y Figura IV.47, la región Norte del SAR (Sierra Chichinautzin) es donde se infiltra el mayor volumen de precipitación, favorecida por las condiciones climatológicas y del suelo. Haciendo un análisis por supramicrocuenca, la de mayor importancia para este *servicio ambiental* es la Acolapan, con casi 60% de infiltración del SAR.

Tabla IV.12. Infiltración del acuífero por supramicrocuenca

Supramicrocuenca	Superficie (m^2)	Infiltración del acuífero (mm/año)	Volumen de infiltración (m^3)	Volumen de infiltración (%)
Acolapan	44,286,146.8	343.926	15,231,157.32	59.6
Apanctezalco	48,973,104.4	81.620	3,997,184.78	15.6
Quiahuistepec	13,263,219.3	464.868	6,165,646.23	24.1
Tepecapa	11,241,581.5	15.481	174,030.92	0.7
	Total		25,568,019.25	**100.0**

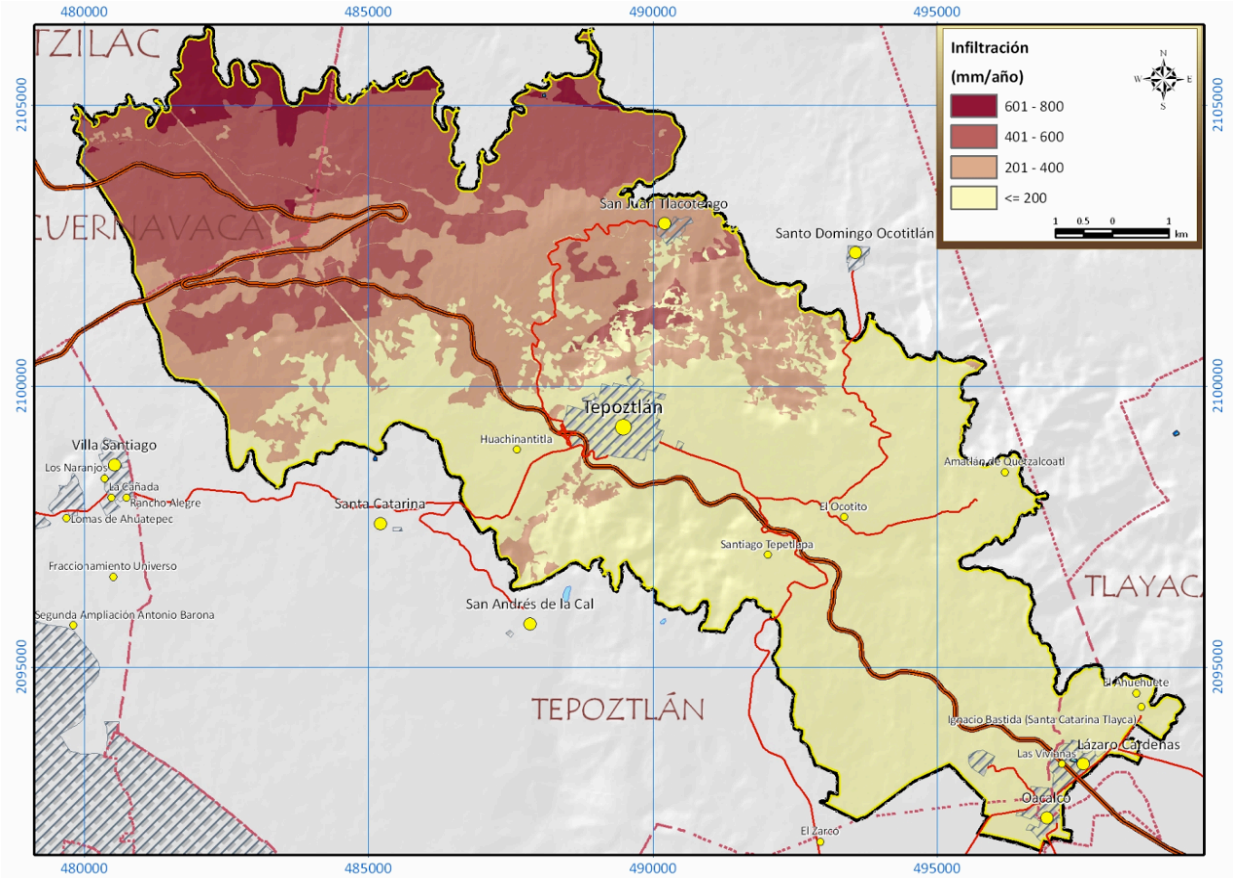


Figura IV.47. Mapa de infiltración del SAR

En la Tabla IV.13 se muestran los componentes del balance hídrico y solo el 17% de la precipitación se infiltra, porcentaje y volumen similar al del escurrimiento. La infiltración se da en mayor medida en las partes altas del SAR, donde abundan los Bosques conservados de pino y encino, y también donde la precipitación es máxima y la temperatura media es mínima.

Tabla IV.13. Balance hídrico

	Variable	mm/año	Volumen (m^3)
Entradas	Precipitación	1,290.361	151,958,140.04
Salidas	Escurrimiento	222.668	26,222,285.95
	Evaporación	850.58	100,167,747.44
	Infiltración	217.114	25,568,224.41

IV.2.2. Medio Biótico

IV.2.2.1.Vegetación

De acuerdo a la investigación de campo y a la bibliográfica, el SAR del proyecto en comento, presenta 13 tipos de vegetación, siguiendo principalmente la nomenclatura de Rzedowski (1978) y de Miranda y Hernández (1963). Sin embargo, en algunos de estos tipos de vegetación fue necesario hacer la diferenciación entre perturbado y conservado, incrementándose así las categorías en los tipos de vegetación.

Es necesario destacar que aunque la mayoría son asociaciones vegetales naturales, existen otras como el Bosque inducido de especies exóticas y el Pastizal inducido, que son comunidades florísticas derivadas de las actividades antropogénicas.

Para la caracterización de la vegetación en el SAR, se utilizó la siguiente metodología:

La caracterización de la vegetación se efectuó mediante un muestreo realizando cuadrantes de 20 m^2, determinando varios factores, como son: los lugares que presentan vegetación nativa, cañadas y laderas, zonas de sucesión vegetativa principalmente.

La vegetación fue caracterizada por su fisonomía, cuyo estudio es indispensable para la comprensión de su naturaleza y distribución. En la estructura y composición de las comunidades florísticas del SAR, se reconocieron las diversas especies, se examinó la estructura tanto en sentido vertical (estratificación) como en el horizontal (espaciación).

A través del estudio horizontal se pudo conocer la densidad, frecuencia y dominancia relativas por especie en los diferentes tipos de vegetación, la suma de estos tres valores reflejan el valor de importancia de cada especie. Esto significa que un mayor número de individuos (densidad alta), Habla de una buena estrategia adaptativa, además de que una mayor frecuencia denota una propagación uniformemente distribuida, mientras que la dominancia, derivada de la cobertura de la especie, calculada en este método con la medición de la rama más distante al fuste, significa una buena utilización de los recursos alimenticios a través de la cobertura, ya que en las hojas suceden las principales actividades fisiológicas de las plantas manifestándose en una dominancia sobre especies de menor talla, es decir, que las especies con mayor valor de importancia funcionan como especies controladoras en el ecosistema, a las cuales se encuentran supeditadas otras especies vegetales. En un sentido más amplio, son las responsables más directas de la definición de la formación vegetal (tipo de vegetación), y del paisaje. El valor de importancia tiene un límite de 300, que sería la suma de 100 en cada uno de los parámetros. Un valor de 300 para una especie indica que esta es la única especie arbórea existente en un área muestreada, es decir, un rodal monoespecífico. Por lo tanto, la suma de los Valores de Importancia de todas las especies debe dar un total de 300 donde las comunidades arbóreas son multiespecíficas.

Para el levantamiento de la información del sitio de muestreo, se ocupó una ficha de campo que se integra en el Anexo 6.

La altura de los individuos fue medida mediante transformación del dato de inclinación a 20 m del individuo, proporcionado por un clinómetro (compensando la pendiente desde el punto de observación hacia la copa y hacia la base del individuo).

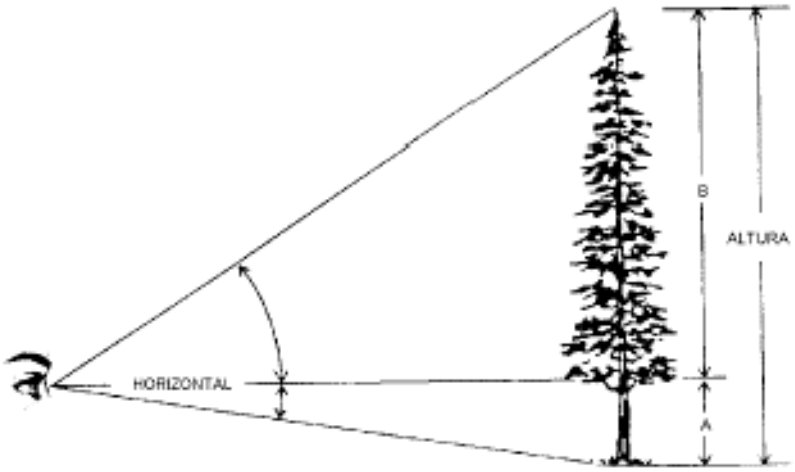


Figura IV.48. Medición de especies arbóreas en el SAR

Para estimar el estado de conservación de las comunidades vegetales en el SAR se midieron a través de los siguientes indicadores:

1.- Presencia y porcentaje de especies secundarias. Este es el principal indicador que señala el grado de intervención en los ecosistemas, aún cuando la cobertura vegetal sea del 100%.

2.- Altura del dosel. Este es un indicador que refleja el grado de intervención directamente relacionado con el uso forestal (comercial o para uso rural), pues los aprovechamientos forestales históricamente han cortado los mejores ejemplares arbóreos. La presencia de individuos del dosel principal o emergente, pueden indicar la capacidad de regeneración de las comunidades a partir de árboles padre.

3.- Descripción general de la estratificación, es decir, cuántos estratos pueden distinguirse claramente. Árboles, arbustos, hierbas, lianas, epífitas y estrato rasante. Esto determinará el grado de conservación dependiendo del tipo de ecosistema que se esté trabajando. Todos o algunos de estos estratos pueden no estar presentes en alguna asociación, pero nunca el estrato dominante (en bosques cerrados).

4.- El valor de importancia refleja la sumatoria de los tres parámetros (densidad, frecuencia y dominancia) es decir, las especies con mayor valor de importancia funcionan como especies controladoras en el ecosistema. El valor de importancia tiene como límite 300, que sería la suma de 100 en cada uno de los parámetros.

Debe mencionarse que esta descripción y análisis se refiere a las condiciones de la vegetación al interior de sus comunidades, es decir, que al utilizar el método de muestreo en un área determinada no se incluyen los claros como potreros o áreas agrícolas. La fragmentación de los ecosistemas en el SAR, es otro factor que queda de manifiesto a escala cartográfica y se representa en el mapa referente a la vegetación del SAR (Figura IV.49).

Es importante mencionar que la vegetación dentro del derecho de vía difiere mucho a la que se ubica fuera del derecho de vía (Láminas 1 a la 86, Anexo 2), por lo que en el derecho de vía se hizo un censo de las especies autóctonas, que en todo caso se encuentran mezcladas con las exóticas introducidas, y su función no es natural ya que tiene la intervención continua

del hombre, por lo que la descripción por asociación vegetal no le aplica del todo al derecho de vía, que solo comparte ciertas caracteristicas, ya que en todo caso las asociaciones vegetales en ella presentes están más perturbadas que fuera del DV. Como este Capítulo se trata de la caracterización vegetal del Sistema ambiental regional y no del D.V. es lo que se hace a continuación.

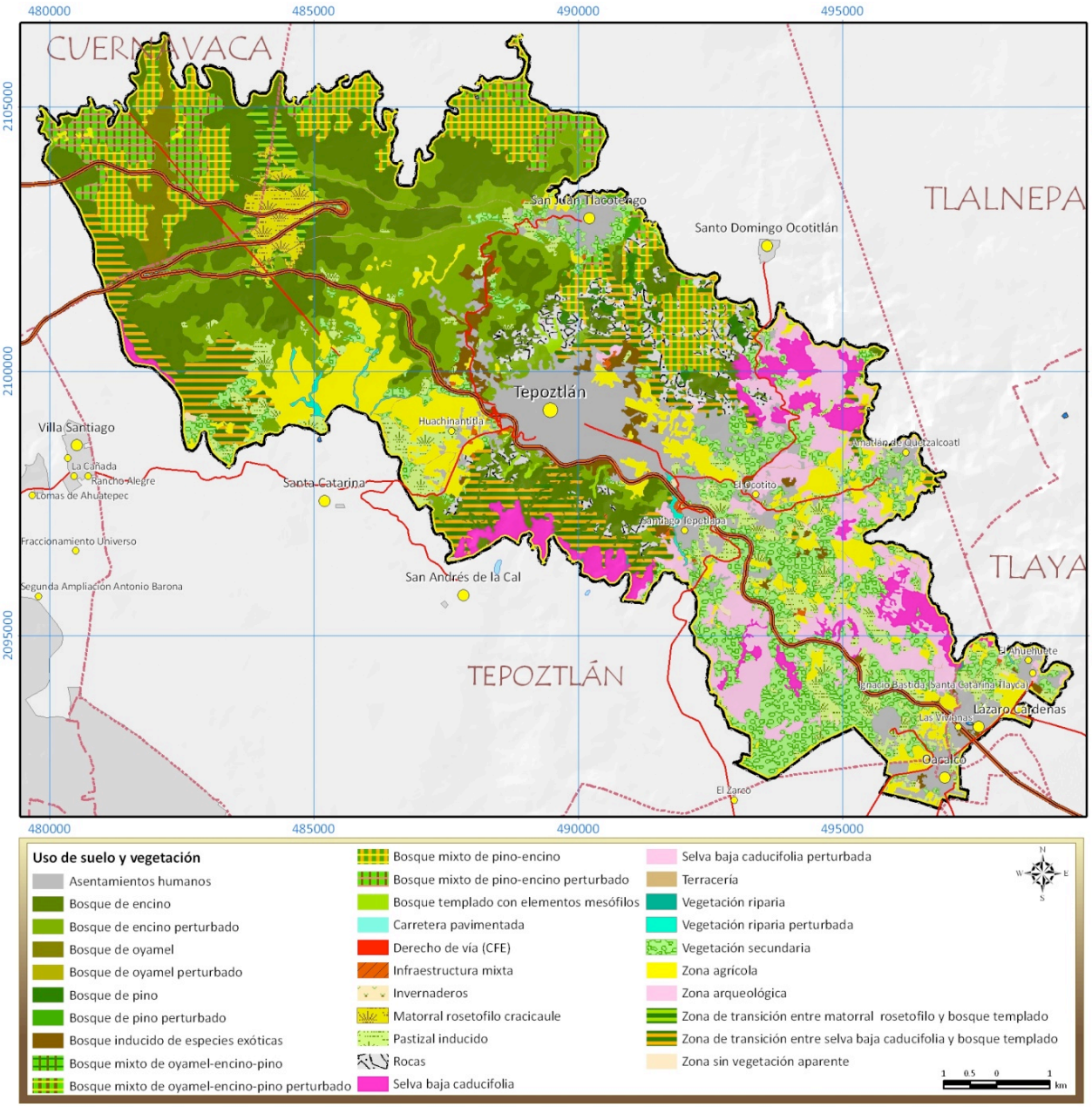


Figura IV.49. Uso de suelo y vegetación del SAR

Con base en los recorridos de campo y la interpretación visual de las imágenes satelitales, se determinaron 28 categorías de cobertura vegetal y uso de suelo para el SAR. En la Tabla

IV.14, se presentan las categorías de uso de suelo y vegetación, así como el área y porcentaje de la superficie del SAR.

Tabla IV.14. Usos de suelo reportados para el SAR a partir del trabajo de campo y clasificación de imagen de satélite IKONOS 2009

Uso de suelo y vegetación	Superficie	% del SAR
Asentamientos humanos	1,095.28 Ha	9.30%
Bosque de encino	1,739.95 Ha	14.77%
Bosque de encino perturbado	1,246.39 Ha	10.58%
Bosque de oyamel	147.12 Ha	1.25%
Bosque de pino	45.85 Ha	0.39%
Bosque de pino perturbado	13.83 Ha	0.12%
Bosque inducido de especies exóticas	231.93 Ha	1.97%
Bosque mixto de pino-encino	918.89 Ha	7.80%
Bosque mixto de pino-encino perturbado	412.93 Ha	3.51%
Bosque templado con elementos mesófilos	23.60 Ha	0.20%
Carretera pavimentada	83.87 Ha	0.71%
Derecho de vía (CFE)	18.25 Ha	0.15%
Infraestructura mixta	28.11 Ha	0.24%
Invernaderos	7.48 Ha	0.06%
Matorral rosetófilo cracicaule	153.81 Ha	1.31%
Pastizal inducido	683.96 Ha	5.81%
Rocas	276.69 Ha	2.35%
Selva baja caducifolia	485.76 Ha	4.12%
Selva baja caducifolia perturbada	841.66 Ha	7.15%
Terracería	52.90 Ha	0.45%
Vegetación riparia	3.90 Ha	0.03%
Vegetación riparia perturbada	38.85 Ha	0.33%
Vegetación secundaria	1,313.86 Ha	11.16%
Zona agrícola	1,026.19 Ha	8.71%
Zona arqueológica	0.20 Ha	0.00%
Zona de Transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	123.03 Ha	1.04%
Zona de transición entre SBC y bosque templado	748.25 Ha	6.35%
Zona sin vegetación aparente	13.87 Ha	0.12%

Descripción de los tipos de vegetación

En este apartado se realiza una descripción de la vegetación, en primer término, la caracterización florística y posteriormente, la estructura de los tipos de vegetación junto con un análisis del estado de conservación. Cabe aclarar que la definición florística de los tipos de vegetación se basa en el componente arbóreo, ya que es el estrato estudiado con el

método anteriormente indicado y al que se refieren las nomenclaturas para los tipos de vegetación arbórea.

Bosque de encino o Bosque de Quercus (Rzedowski, 1994)

Son comunidades densas con hojas generalmente persistentes, la altura y densidad de esta comunidad vegetal varía de acuerdo a la humedad del clima entre 2 y 15 m. Los bosques altos y densos se encuentran en zonas húmedas, principalmente en las cañadas de la parte Norte y Oeste del SAR, cubriendo una extensión de 2,986.34 Ha (23.35 % del SAR) divididas en Bosque conservado con 1739.95 Ha (14.77 %) y Bosque perturbado con 1246.39 Ha (10.58 %) (Tabla IV.14).

El Bosque de encino se distribuye dentro del SAR en los municipios de Tepoztlán y Huitzilac, pueden formar masas puras pero es frecuente que la dominancia se reparta entre varias especies del mismo género, pero a menudo también se encuentran árboles de otro género como, *Alnus*, *Arbutus* y *Ternstroemia*. Los Encinos se reconocen como buenos hospederos de epifitas principalmente líquenes, musgos, bromelias y orquídeas. Las especies que tuvieron un mayor valor de importancia en el Bosque conservado fue *Quercus obtusata* con 69.05, *Arbutus xalpensis* con 67.11 y *Quercus laurina* con 67.07, mientras que la especies que tuvieron el índice más bajo fue *Quercus castanea* con 23.08 y *Quercus candicans* con 14.73 (Figura IV.49).

En el Bosque de encino perturbado, las especies con mayor valor de importancia son *Quercus laurina* con 50.3, *Quercus obtusata* con 39.5 y *Quercus rugosa* con 33.2, las especies con menor valor son *Lysiloma acapulcensis* con 23.3 y *Juniperus flaccida* con 18.1 (Figura IV.50). Cabe mencionar que algunas especies de la Selva baja caducifolia están presentes en los Encinares perturbados, tal es el caso de *Lysiloma acapulcensis, Ipomoea murucoides* y *Buddleja parviflora.* La diversidad de un Bosque de encino perturbado se incrementa, pues llegan especies oportunistas de otros tipos de vegetación a colonizar los espacios abiertos, incrementándose así las especies secundarias (Figura IV.51).

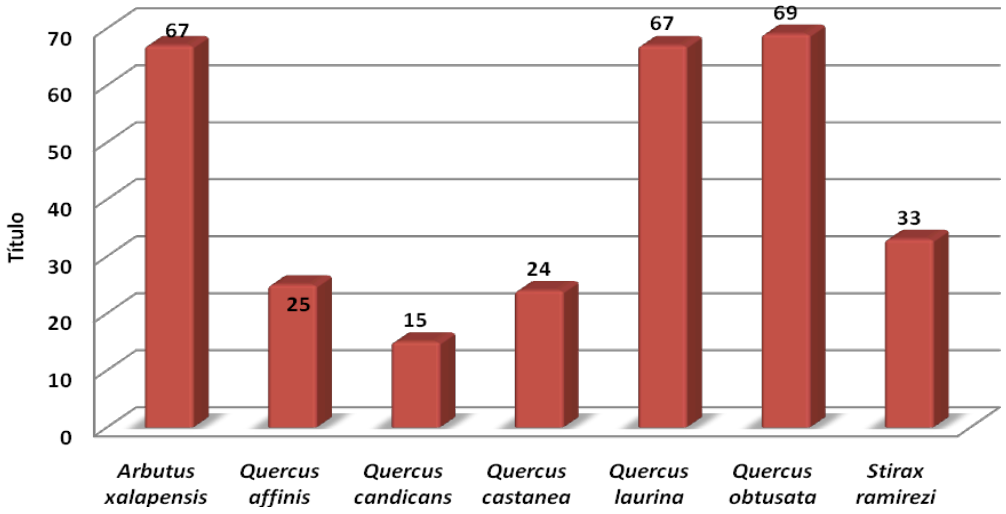


Figura IV.50. Índices de valor de Importancia. Encinar conservado

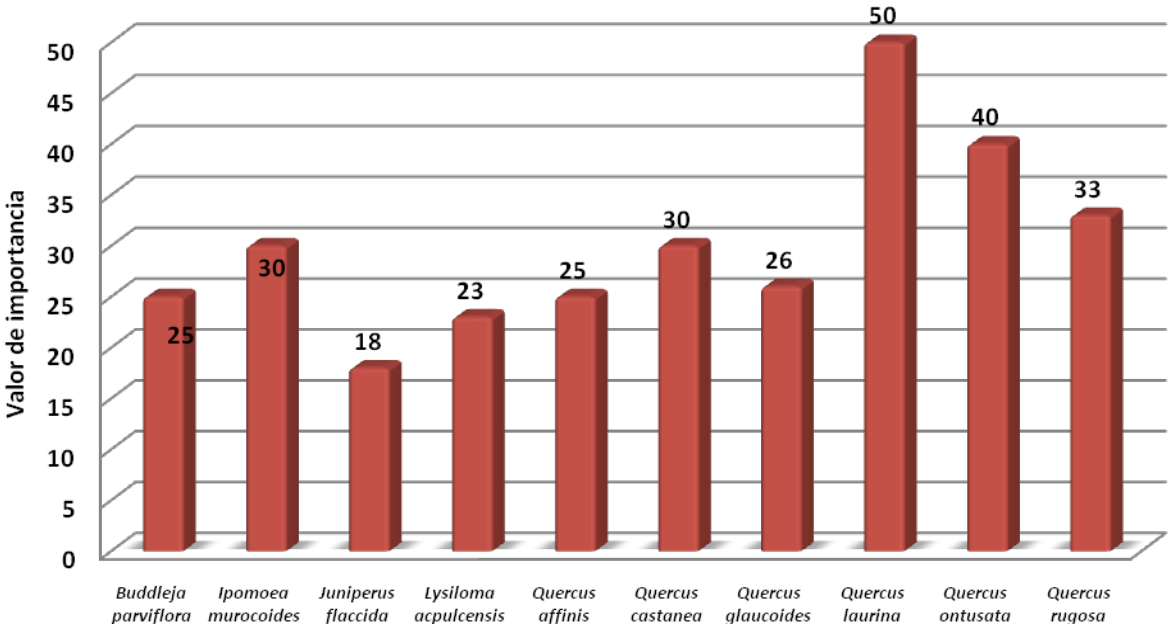


Figura IV.51. Índices de valor de Importancia. Encinar perturbado

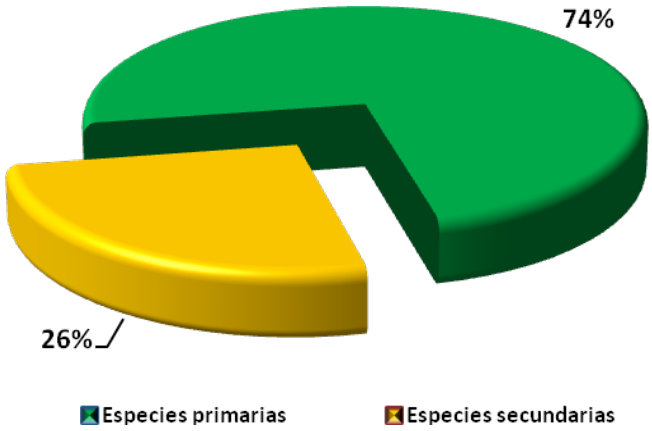


Figura IV.52. Porcentaje de especies primarias y secundarias en el Bosque de encino perturbado

La explotación de los encinares se enfoca a la obtención de tierra de hoja, esta práctica es frecuente en los encinares próximos al poblado de Coajomulco por la antigua vía del tren, por donde se pueden observar camionetas procedentes del estado de México y el Distrito Federal que vienen por este recurso forestal.

Este bosque es el principal proveedor de materia orgánica para el suelo, ya que los Encinos son discretamente caducifolios, incorporando así su follaje al suelo, aunado a esto, este tipo de vegetación funge como hábitat para diversas especies de flora y fauna, confiriendo humedad, suelo y alimento. El Encinar conservado y el perturbado forman un intrincado

mosaico, en donde es precisamente la parte Central de este ecosistema la que ha sufrido modificaciones por lo que es catalogado como Encinar perturbado, en la Tabla IV.15, se analizan algunos parámetros entre estos ecosistemas.

Tabla IV.15. Datos paramétricos del Bosque de encino

Parámetro	Encinar muy conservado (valor umbral)	Encinar conservado del SAR	Encinar perturbado del SAR
Altura del dosel	10-15 m	9 m	11 m
DAP	90-200 cm	100 cm	120 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300	221.52
Porcentaje de especies primarias	100%	100%	74%
Estratificación	Rasante, hierbas, arbustos, árboles	Rasante, hierbas, arbustos, árboles	Rasante, hierbas, arbustos, árboles

En el cuadro se puede observar como el Encinar conservado se apega mas a los parámetros de un encinar con el valor umbral, pese a esto, el Encinar perturbado muestra un 74% de especies primarias en el estrato arbóreo, lo cual manifiesta que ambos ecosistemas tienen aun un alto valor ecológico y estructural.

El Bosque de encino dentro del SAR representa un 25.35% del total del área, de este porcentaje, el 41.7% se encuentra perturbado (10.58 % del SAR), las zonas más conservadas se localizan al Noroeste del SAR y el 58.26 se encuentran en buen estado de conservación esto representa el 14.77% de la totalidad del SAR.

Bosque de Oyamel

Dentro del sistema ambiental regional se encuentran distribuidos algunos elementos de *Abies religiosa* en una altitud poco habitual para la especie que se desarrolla comúnmente cerca de los 3,000 msnm, sin embargo, en el SAR, estos elementos se encuentran entre los 2,400 a 2,500 msnm al Noroeste del SAR, cubren una extensión de 147.12 Ha, lo cual representa el 1.25 % de la totalidad de la zona de estudio, si bien, no constituyen un Bosque puro de *Abies religiosa* si son elementos importantes dentro del bosque en donde cohabitan especies de *Pinus, Quercus* y demás especies de afinidad Neártica.

En el estrato arbóreo se pueden diferenciar algunos estratos, el más alto es el de *Abies religiosa* que alcanza hasta los 18 m; seguidos por *Pinus* con 14 m de altura y *Quercus* con 10 m.

La especie con mayor valor de importancia es *Abies religiosa* con 63, seguida por *Pinus montezumae* con 57 y *Pinus leiophylla* con 55.

Las especies con el menor valor de importancia son *Quercus rugos*a con 43 y *Alnus acuminata* con 32 (Figura IV.52). En el estrato arbustivo se encuentran presentes algunas especies del género *Senecio, Verbesina y Calliandra*, que se ramifican desde la base y alcanzan una altura de hasta 2 m, estas especies indican el disturbio que ha ocurrido, sin

embargo, son importantes en el proceso de regeneración natural del ecosistema. En el estrato herbáceo las plantas que dominan pertenecen al género *Salvia* así como algunos helechos principalmente del género *Adiantum y Pteridium*, en el estrato rasante se puede observar el musgo y los líquenes que se posan sobre las rocas, el suelo y algunos árboles creando un ambiente de humedad.

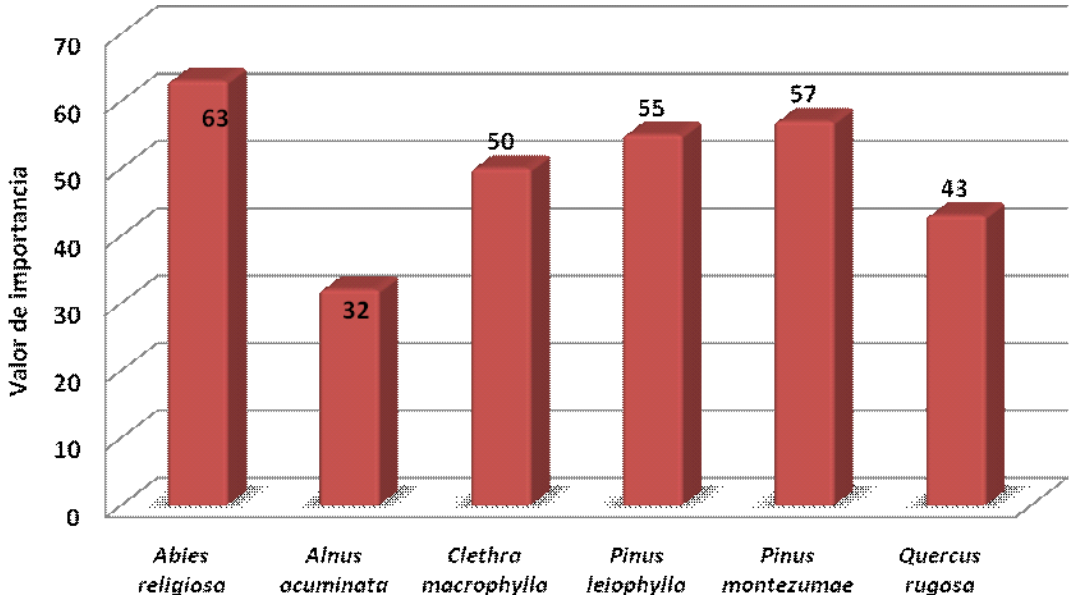


Figura IV.53. Índice de valor de importancia del Bosque de Oyamel

Dadas las condiciones en que se desarrollan estos oyameles, en una altitud no habitual sino inferior, en un clima más cálido en el que se desarrolla esta especie, los parámetros resultantes son adecuados, los oyameles tienen un DAP inferior a los de un Bosque de oyamel que se desarrolla en las condiciones adecuadas, también la altura promedio del Bosque de oyamel analizada es inferior, las especies con las que cohabita tienen un valor de importancia muy homogéneo, ya que la altitud a la que se desarrollan es mas adecuada para el género *Pinus* o *Quercus* (Tabla IV.16).

Tabla IV.16. Datos paramétricos del Bosque de oyamel

Parámetro	Bosque de oyamel muy conservado (valor umbral)	Bosque de oyamel conservado del SAR
Altura del dosel	18 m	12 m
DAP	120 cm	80 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300
Porcentaje de especies primarias	100%	100%
Estratificación	Rasante, hierbas, arbustos, árboles	Rasante, hierbas, arbustos, árboles

Bosque de pino (Miranda y Hernández, 1963) o Bosque de coníferas (Rzedowski, 1978)

Está constituido por especies de Pino (*Pinus*). Este bosque se caracteriza por ser una comunidad regularmente densa, formada por un estrato arbóreo que varía de 8 a 30 m de altura, cuenta con una extensión de 59.67 Ha (1.7% del SAR) (Lámina 5, Anexo 2). Se encontró que 45.85 Ha corresponden a Bosque de pino conservado mientras que 13.82 Ha, son Bosque de pino perturbado.

Morfológicamente es fácil distinguir este tipo de vegetación por la forma piramidal del género y la forma de aguja de sus hojas, no siempre forma comunidades puras de una solo especie, aunque generalmente hay una dominante. Dentro del SAR se identificaron 4 especies *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote y P. pseudostrobus*; siendo el más predominante *P. teocote*, reflejándose esto en su valor de importancia de 90, seguido por *P. montezumae y Arbutus xalapensis* con 74 (Figura IV.53).

El estrato arbustivo y herbáceo están presentes pero con muy pocos elementos, la hoja de pino crea una barrera que semi impermeabiliza el suelo, lo que impide el desarrollo de hierbas y arbustos, entre los que se pueden observar son *Geranium potentillifolium*, *Lobelia gruina* y *Lupinus montanus*.

Sin embargo, en los Bosques de pino con perturbación, la familia Convolvulaceae muestra varios elementos del género *Ipomoea,* las cuales se pueden observar en forma de arbustos o arboles, también la familia Buddlejaceae, es un indicador de perturbación, pese a esto el género *Pinus* es predominante, a nivel de género cuenta con el 202, mientras que *Ipomoea* 50 y *Buddleja* 48. A nivel de especie *Pinus montezumae* tiene el valor más alto con 117 y *Pinus leiophylla* con 85 (Figura IV.54).

En el Bosque conservado todas las especies arbóreas corresponden a elementos primarios, sin embargo, en el Bosque perturbado el 33% de las especies corresponden a especies secundarias y el 67 a especies primarias (Figura IV.54).

La importancia de este ecosistema radica en su lugar de ubicación, se encuentra en una zona de alta infiltración y por la importancia de proveer un resguardo para otras especies animales, principalmente aves, que utilizan las grandes alturas de los árboles para sus hábitos.

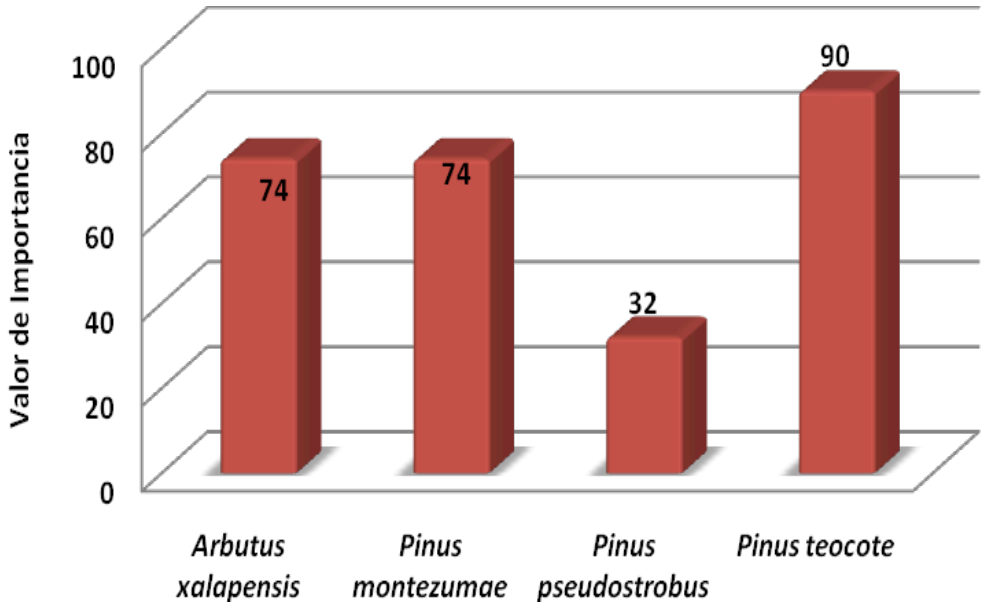


Figura IV.54. Índice de valor de importancia del Bosque de pino conservado

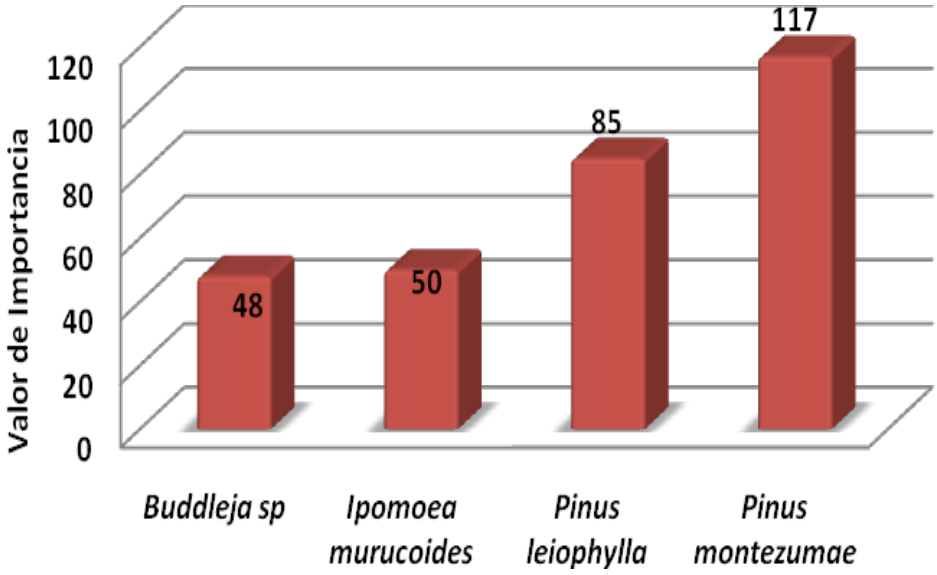


Figura IV.55. Índice de valor de importancia del Bosque de pino perturbado

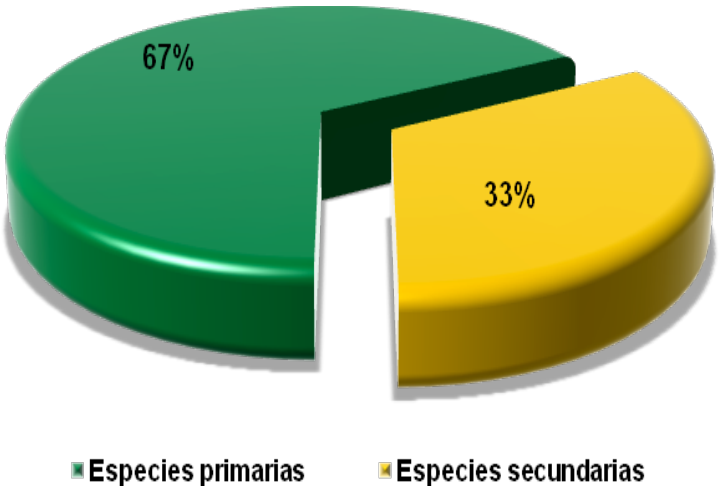


Figura IV.56. Porcentaje de especies primarias y secundarias en el Bosque de pino

Las zonas aisladas de Bosque de pino ponen de manifiesto que muchos de los individuos presentes son resultado de la reforestación, como un intento para recuperar las zonas con alto grado de impacto, la vegetación que rodea estos fragmentos de pino es un ecosistema conocido como Bosque mixto de pino-encino, pese a esto, se registran alturas considerables superiores a los 10 m y hasta los 19 m de altura, los diámetros también reflejan el éxito de estos pinos, pues aunque existe mucho pino joven con DAP de 50 cm, se observan algunos de hasta 130 cm. En este ecosistema no hay estrato rasante por lo menos en la época cálida del año, las hierbas están mejor representadas en los Bosques perturbados así como los arbustos.

Tabla IV.17. Datos paramétricos del Bosque de pino

Parámetro	Bosque de pino muy conservado (valor umbral)	Bosque de pino conservado del SAR	Bosque de pino perturbado del SAR
Altura del dosel	22 m	19 m	15 m
DAP	150 cm	130 cm	104 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300	202
Porcentaje de especies primarias	100%	100%	67%
Estratificación	Árboles, Arbustos, Hierbas	Árboles, Arbustos, Hierbas	Árboles, Arbustos, Hierbas

El Bosque de pino cubre dentro del SAR un porcentaje de 1.7%, de este total, el 23% muestra un grado de perturbación.

Los pequeños fragmentos de este bosque se encuentran en la parte Centro del SAR hacia el lado Norte, estos pequeños parches son el resultado de reforestaciones que se han realizado en donde preferentemente se utiliza el pino para restablecer el sistema pese a que se trataba de un ecosistema original de pino-encino.

Bosque de pino-encino (Rzedowski, 1978)

Es una asociación constituida por especies de Pino (*Pinus*) y Encino (*Quercus*) en altitudes que van desde los 1,900 a los 2,100 msnm. Cubre un área de 1,331.82 Ha dentro del SAR, (11.31%) dividido en conservado y perturbado; de los que domina el perturbado con 7.8% de la extensión del SAR. En esta asociación se encuentran claramente diferenciados 2 estratos arbóreos siendo de mayor tamaño el de los Pinos e inferior el de Encinos. Las especies de pino asociada a los Encinos fue *Pinus montezumae*, los Encinos sin embargo, forman un mosaico con diferentes especies del género *Quercus*, también se encuentran otras especies como *Arbutus xalapensis* en el estrato arbóreo, mientras que el estrato arbustivo y herbáceo empieza a diversificarse; la presencia de helechos y bromelias sobre los encinos es notable, diversas especies herbáceas de la familia Asteraceae se observan, principalmente *Dahlia coccinea*.

El Bosque mixto conservado cuenta con 6 especies arbóreas: *Quercus rugosa, Arbutus xalapensis, Pinus leiophylla, Ternstroemia lineata, Pinus montezumae y Clethra macrophylla*

Quercus rugosa es el que tiene el mayor valor de importancia con 82.4 sin embargo, a nivel de género, *Pinus* es el que sigue en importancia con 76.81, la especie con menor valor de importancia dentro de este ecosistema es *Clethra macrophylla* con 34.66 (Figura IV.56) no hay especies indicadoras de disturbio, por lo que, las que se reportan, son todas ellas consideradas especies primarias del ecosistema. En el estrato arbustivo es predominante la familia Lamiaceae, especialmente el género *Salvia* (*Salvia mexicana* y *Salvi sessei*) En el estrato herbáceo se pueden observar helechos, pastos, salvias y algunas especies de la familia Asteraceae. En el estrato rasante se observan líquenes y musgos.

Las epífitas más frecuentes corresponden a la familia Bromeliaceae y Orchidaceae aunque también se observan algunas especies parásitas del género *Phoradendron.* Especialmente sobre el género *Quercus* ya que la resina de los pinos impide que se desarrollen plantas sobre ellos.

En el Bosque mixto perturbado que cubre una superficie de 918.89 Ha, lo que representa el 7.80% del SAR; la especie con mayor valor de importancia es *Quercus rugosa* con 64, seguido por *Pinus montezumae* con 63, esto refleja que pese a que existen especies indicadoras de perturbación como *Buddleja americana* y *Buddleja parviflora las* especies con mayor valor de importancia son del género *Quercus y Pinus* (Figura IV.57). El estrato rasante herbáceo y arbustivo es similar al del Bosque conservado, la familia Lamiaceae es preponderante, los musgos y líquenes se observan sobre los troncos y el suelo y solo en las partes más abiertas por donde incide mas la luz del sol se pueden observar Malezas aglomeradas generalmente de la familia Lamiaceae.

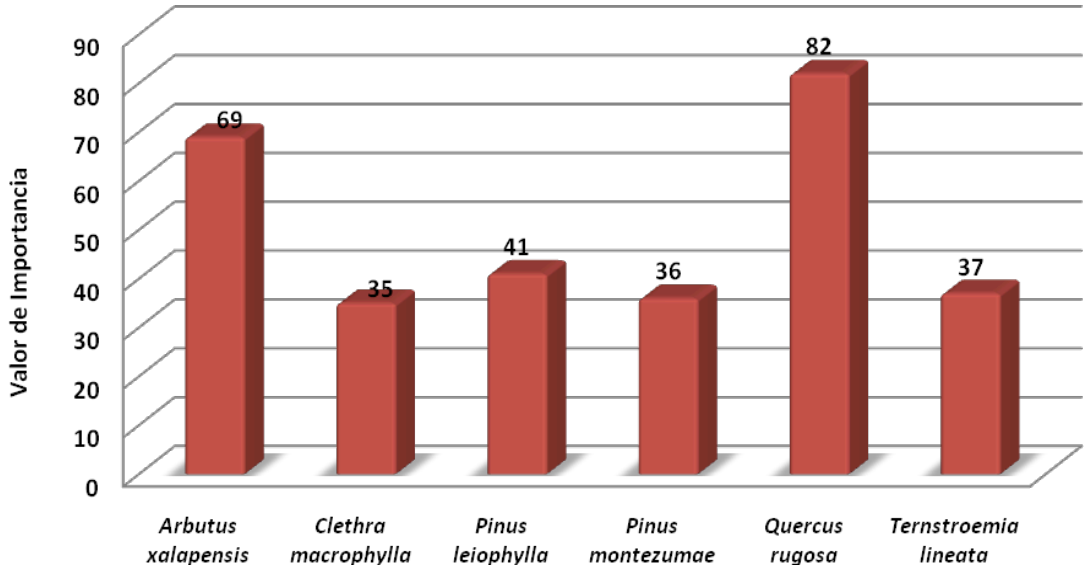


Figura IV.57. Valor de importancia de las especies del Bosque de pino-encino conservado

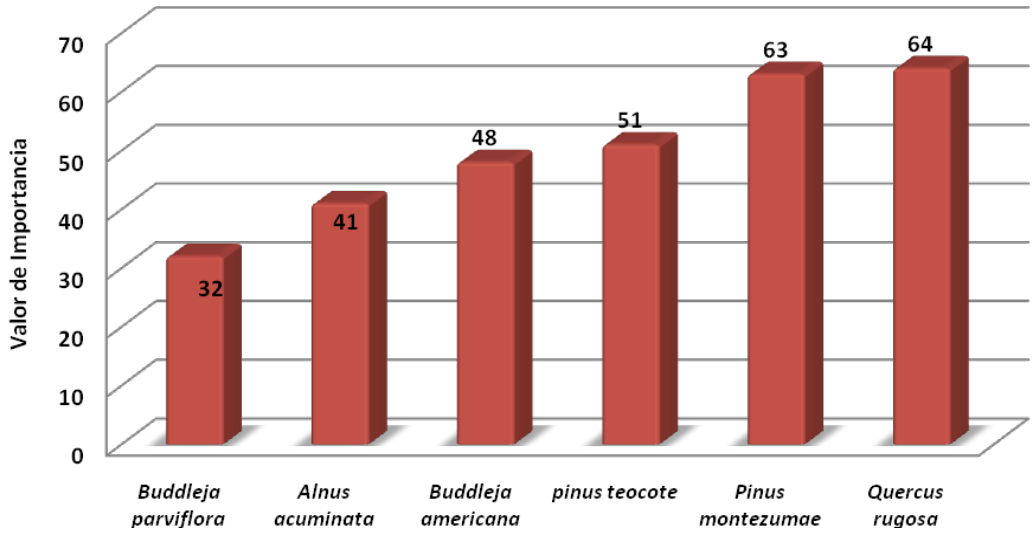


Figura IV.58. Valor de importancia de las especies del Bosque de pino-encino perturbado

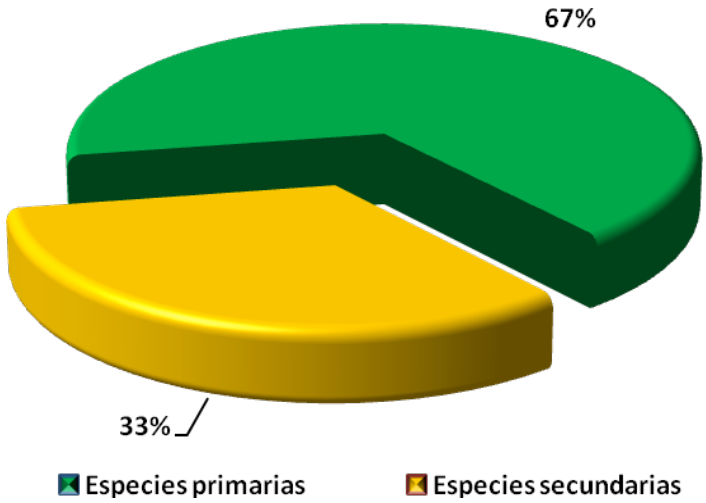


Figura IV.59. Porcentaje de especies primarias y secundarias en el Bosque de pino-encino perturbado

Los parámetros estructurales de este bosque muestran que la perturbación que se reporta es baja, pues las alturas aunque inferiores a las de los valores umbrales reportados para zonas adyacentes son superiores a los 15 m de altura lo cual indica un bosque sano, así los diámetros a la altura del pecho, en el Bosque perturbado mas del 50% corresponden a especies primarias, en este bosque se pueden observar los diferentes estratos existentes desde musgos hasta plantas epifitas sobre árboles y arbustos. Estos parámetros se muestran sintetizados en la Tabla IV.18.

Tabla IV.18. Datos paramétricos del Bosque de pino-encino

Parámetro	Bosque de pino-encino muy conservado (valor umbral)	Bosque de pino-encino conservado del SAR	Bosque de pino-encino perturbado del SAR
Altura del dosel	22 m	22 m	18 m
DAP	180-300 cm	200 cm	136 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300	220
Porcentaje de especies primarias	100%	100%	73%
Estratificación	Árboles, Arbustos, Hierbas, Rasante, Epifitas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Rasante, Epifitas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Rasante, Epifitas

Este bosque ha enfrentado diversos problemas de perturbación antrópica, actualmente se extrae tierra de hoja, también se observan zonas reforestadas, sin embargo, aun no se puede considerar un ecosistema restablecido al 100% pues las especies de Pino han estado sujetas a un aprovechamiento forestal, mientras que el Encino es aprovechado a través de la hojas que incorpora al suelo y están son extraídas de forma ilegal.

Este ecosistema es importante porque se distribuye en una zona importante en la recarga de acuíferos, alberga una gran cantidad de especies y es un importante proveedor de *servicios ambientales* principalmente la fijación de carbono, producción de oxígeno y hábitat para la flora y la fauna

Bosque templado con elementos mesófilos Bosque Mesófilo de Montaña (Miranda y Hernández, 1963)

El Bosque mesófilo de montaña se desarrolla en regiones de relieve accidentado y las laderas de pendiente pronunciada. Son frecuentes las neblinas y por consiguiente la alta humedad atmosférica. Fisonómicamente este es un Bosque denso, por lo general de 15 a 30 m de alto, con frecuencia incluye árboles perennifolios como de hoja decidua. En ningún otro hábitat son tan abundantes y diversificadas, las briofitas, pteridofitas y los hongos. Dentro del SAR esta vegetación se presenta en forma de manchones discontinuos en algunas cañadas de alta humedad, cubriendo una extensión de 23.60 Ha dentro del SAR lo que representa el 0.20 % de la totalidad de la zona de estudio.

En general, se pude mencionar que dentro del SAR existen pocas zonas de este tipo de vegetación destacando la presencia de especies características, entre las más comunes están *Clethra mexicana*, *Ternstroemia pringlei* y *Styrax ramirezii*. La especie *Clethra mexicana* muestra el mayor valor de importancia en el Bosque mesófilo (77), seguida por *Quercus rugosa* con (61) y *Stirax ramirezi* con (51) (Figura IV.60).

Las plantas epífitas suelen estar bien representadas, principalmente por la familia Orchidaceae, así como el estrato rasante, con abundancia de líquenes y fanerógamas. En general este bosque muestra un importante grado de conservación, basándose en las alturas del dosel, y destacando la alta humedad de este bosque y por consiguiente, la abundancia de helechos y plantas afines de los géneros *Asplenium*, *Polypodium, Pleopeltis*, *Cheilanthes* y*Trichomanes.*

Las especies arbóreas encontradas en este bosque reflejan el buen estado del ecosistema, no se encontraron especies indicadoras de perturbación en ninguna forma de vida.

Los bosques ayudan a la conservación del suelo ya que la mayoría de las veces se presentan sobre una topografía escarpada, estos sitios son los más susceptibles de erosión y deslaves. La captura de carbono por la biomasa del bosque es importante y también por el suelo debido a que siempre está muy húmedo, por lo que no permite la degradación de la materia orgánica. Cabe mencionar que es un ecosistema escaso y de alta fragilidad, que alberga una gran diversidad de especies, de ello deriva su importancia.

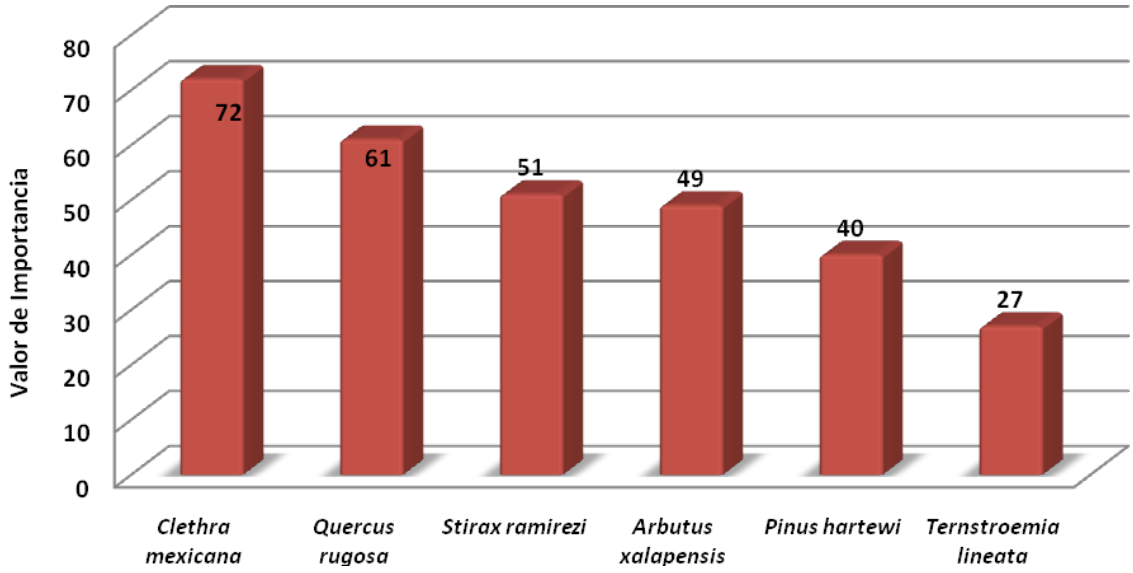


Figura IV.60. Valor de importancia de las especies del Bosque templado con elementos mesófilos

El Bosque mesófilo siempre ha sido un tipo de vegetación difícil de determinar, la alta humedad, la presencia de niebla y el aspecto general que dan las especies presentes son algunas de las características que ayudan a determinar si se trata de un Bosque con elementos mesófilos. En el caso del SAR, las especies que se reportan y el valor de importancia que estas tienen demuestran que efectivamente estos fragmentos corresponden a fragmentos de Bosque mesófilo, las condiciones topográficas y la humedad disponible han hecho posible el desarrollo de estos espacios. Como se muestra en la Tabla IV.19.

Tabla IV.19. Datos paramétricos del Bosque templado con elementos mesófilos

Parámetro	Bosque mesófilo (valor umbral)	Bosque templado con elementos mesófilos
Altura del dosel	22 m	15 m
DAP	260 cm	180 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300
Porcentaje de especies primarias	100%	100%
Estratificación	Rasante, hierbas, arbustos, árboles	Rasante, hierbas, arbustos, árboles

Ecotono entre matorral rosetófilo y encinar

El Matorral rosetófilo y el Encinar convergen en algunos puntos, especialmente en el derrame volcánico conocido como La Pera, este tipo de interacción es conocido como

Ecotono, (lugar donde los componentes ecológicos de dos o más ecosistemas cohabitan), en el caso del Matorral rosetófilo y el Encinar, existe una zona intermedia en la que se manifiesta el cambio gradual de un ecosistema a otro. Dentro de esta vegetación mixta en el estrato arbustivo domina *Agave horrida* y *Hechtia podantha* así como algunos elementos de *Opuntia* sp., pero en el estrato arbóreo elementos como *Arbutus xalapensis, Quercus rugosa y Comarostaphylis discolor* son los que dominan el paisaje, la altura promedio de estos árboles es baja de 4 m, la máxima es de 1.5 m y la especie que alcanza la altura máxima es *Quercus rugosa* con 6 m. La especie con el mayor valor de importancia es *Arbutus xalapensis* con 110, seguida por *Quercus rugosa* con 108, *Comarostaphylis discolor* con 48 *y Buddleja* sp. con 34 (Figura V.61). *Comarostaphylis discolor* es una especie presente en este Ecotono y sujeta a protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

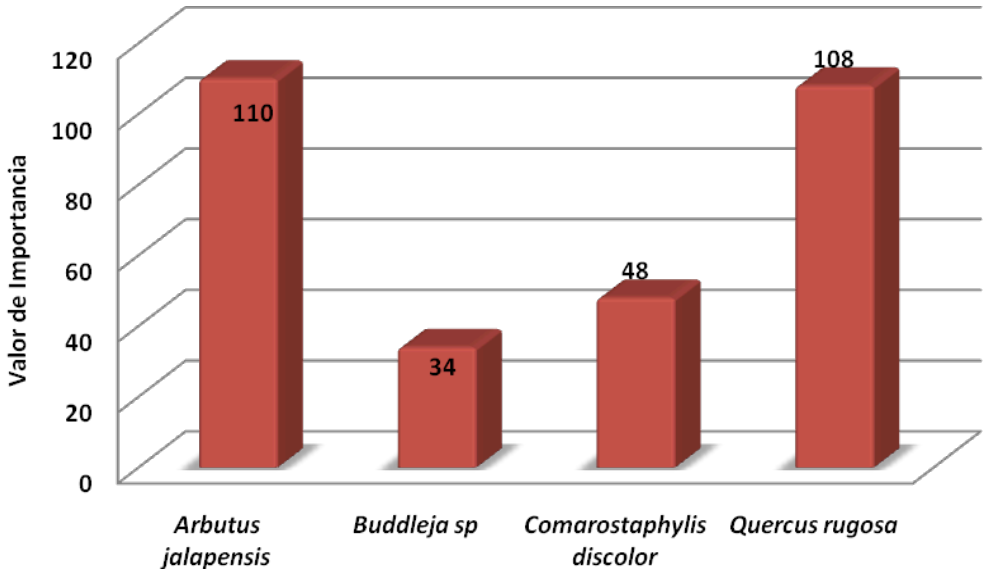


Figura IV.61. Índice de valor de importancia del Matorral rosetófilo-encinar

Desde el punto de vista sistémico, es en el Ecotono donde se produce el mayor intercambio de energía. Así, el Ecotono representa la zona de máxima interacción entre ecosistemas limítrofes. Es por este motivo que estos límites suelen considerarse como zonas de mayor riqueza e interés biológico y ambiental por los servicios que brinda.

No existen valores de referencia en los Ecotonos o Zonas de transición, sin embargo, este ecosistema en particular tiene un alto valor ecológico, sistémico, paisajista, aunado a esto se reporta una especie sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Matorral rosetófilo crassicaule

Esta comunidad sucesional, florísticamente diferenciada, se establece en el SAR en una pequeña franja que comienza en los faldones del volcán Chichinautzin, proyectándose con dirección Sur-Este y culminando en la zona conocida como “La Pera” cubriendo una extensión de 153.81 Ha, (esto significa el 1.31% de la totalidad del SAR), en ella, se pueden observar las principales especies de flora que conforman este tipo de vegetación, como el

Agave horrida y *Hechtia podantha* (guapilla). Dicha vegetación tiende a establecerse fundamentalmente sobre terrenos de malpaís, generados por la presencia de derrames de volcanes, como los del Chichinautzin. Son escasos los elementos arbóreos pero las especies arborescentes más comunes son *Bursera excelsa, Bursera fagaroides, Cedrela oaxacensis, e Ipomoea arborescens*; las especies más sobresalientes son aquellas en forma de roseta, de ahí el nombre de esta asociación vegetal. Las especies con el mas alto valor de importancia son *Cedrela odora*ta con 89, *Buddleja* sp. con 64 e *Ipomoea arborescens* con 56 Las especies con el valor más bajo están *Bursera excelsa* con 26*, Bursera fagaroides* con 30 y *Opuntia* sp. con 36 (Figura IV.62). La altura máxima es de 6 m la mínima es de 1 m y la altura promedio de las especies arbóreas es de 4 m.

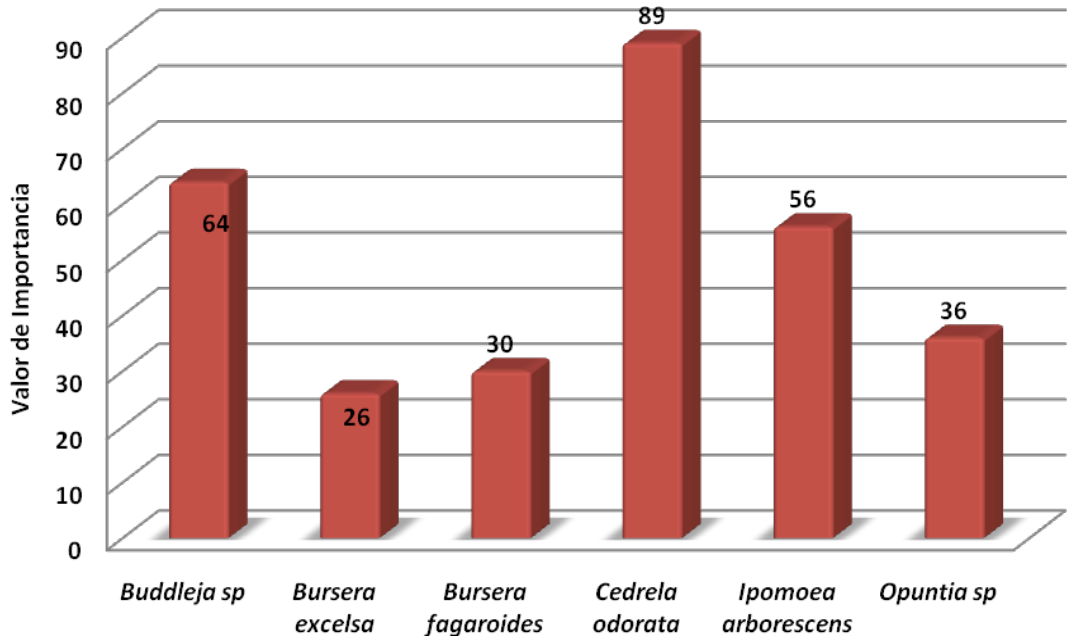


Figura IV.62. Índice de valor de importancia del Matorral rosetófilo

El Matorral rosetófilo, es una asociación vegetal importante por los *servicios ambientales* que provee dentro del ecosistema, es considerado como una zona importante para la infiltración de agua de lluvia, su tipo, suelo y las especies que están presentes hacen de este ecosistema un sitio distintivo de los demás. Su estado de conservación es bueno, las especies que se encuentran son consideradas especies primarias, el estrato herbáceo es prácticamente inexistente así como el rasante, las especies rosetífilas y suculentas son las preponderantes, éstas se consideran dentro del estrato arbustivo.

Ecotono entre encinar y Selva baja caducifolia.

La Selva baja caducifolia y el Encinar convergen en algunos sitios, generando un interesante mosaico de especies de afinidad Neártica y Neotropical, este tipo de interacción es conocido como Ecotono, (lugar donde los componentes ecológicos de dos o más ecosistemas cohabitan), en el caso de la Selva baja y el Encinar existe una zona intermedia en la que se

manifiesta el cambio gradual de un ecosistema a otro. Es en este punto donde se pueden observar cambios en el tipo de suelo, el incremento de temperatura y la incidencia de la luz solar sobre los estratos inferiores.

Los Encinos son los elementos más representativos de la vegetación Neártica, sin embargo, en estas zonas sus alturas son inferiores (5 a 6 m) a las registradas en los Bosques de encino puros, la única especie presente es *Quercus rugosa* que es la más tolerante a las condiciones de estrés hídrico, del género *Quercus;* en segundo lugar se encuentra el *Arbutus xalapensis* también elemento de Bosque Neártico su altura también es mas baja (6 m) que la habitual, y su presencia es escasa.

En cuanto a las especies Neotropicales, se pueden mencionar algunas como *Bursera fagaroides, Bursera excelsa, Ipomoea arborescens y Heliocarpus americanus.*

La especie con mayor valor de importancia es *Ipomoaea arborescens* con 66*, Quercus rugosa* con 59, *Eliocarpus americanus y Arbutus xalapensis* ambos con 43. La especie con menor valor de importancia corresponde a *Bursera excelsa* con 23 (Figura IV.63).

En los diferentes estratos llama la atención particularmente el arbustivo y el herbáceo, la incidencia de luz solar hasta las partes inferiores permite que este se diversifique, la familia Asteraceae y Poaceae se presentan así como algunos elementos de la familia Lamiaceae. No obstante el estrato rasante empieza a disminuir su cobertura, se observan escasos líquenes sobre el sustrato o algunos elementos arbóreos.

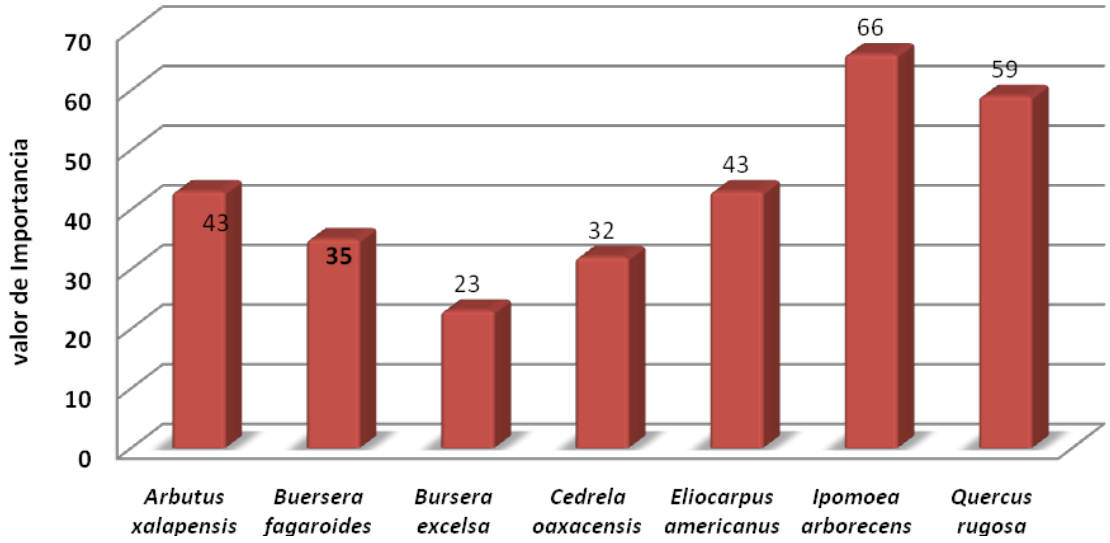


Figura IV.63. Índice de valor de importancia del Ecotono entre Encinar y Selva baja

En el caso de una zona de transición, no se puede considerar a ninguna especie de la presentes como elementos secundarios, ya que, tanto las Neárticas como las Neotropicales buscan establecerse en los espacios disponibles pese a que las condiciones climáticas y topográficas no sean las más adecuadas.

Tampoco existen valores de referencia con los cuales se pueda comparar una zona de transición con otra, ya que cada zona tiene condiciones específicas que lo hacen particular, por la existencia de interacción activa entre dos ecosistemas, lo que da por resultado que el

Ecotono tenga propiedades que no existen en ninguno de los ecosistemas adyacentes. Algunas veces los Ecotonos son poblados por más tipos y mayores cantidades de animales de los que se encuentran en el interior de las comunidades adyacentes.

Selva baja caducifolia (Miranda y Hernández)

Selva baja caducifolia (Miranda y Hernández, 1963) o Bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978). En estado natural o de escasa perturbación es una comunidad densa, su altura oscila entre los 5 y 10 m, la característica más importante de esta comunidad es su pérdida de hojas durante la época de estiaje, no son espinosas por lo común y poseen ordinariamente gran cantidad de bejucos. Una característica de esta vegetación es que muchas especies presentan exudados resinosos o laticíferos y sus hojas despiden olores fragantes o resinosos al estrujarlos. También dominan las hojas compuestas y/o cubiertas por abundante pubescencia, todo esto con la finalidad de soportar las temperaturas altas a las que están sometidas y evitar el calentamiento de las plantas.

El tronco de los árboles son cortos, robustos y torcidos o bien tortuosos y ramificados muy cerca de la base; muchas especies presentan cortezas escamosas papiráceas y con protuberancias espinosas o corchosas. El estrato herbáceo es más bien reducido y solo se aprecia en temporada de lluvias; los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen a pequeñas bromeliáceas, como *Tillandsia* sp.

Dentro del SAR esta vegetación es la más diversa en cuanto a su composición florística. Se distribuye en los municipios Tepoztlán y Yautepec, cubre una extensión de 1,327.42 Ha dentro del SAR (11.27%). De estas, 1327.42 Ha, 485.76 Ha son de Selva baja caducifolia conservada y 841.66 Ha corresponden a Selva baja con un gradado de perturbación.

Las especies con mayor valor de importancia en el ecosistema conservado son *Spondias purpurea* con 35, *Bursera glabrifolia* con 34, *Lysiloma acapulcensis* con 32 y *Bursera fagaroides* con 28. Las especies con menor valor de importancia son: *Pseudobombax ellipticum* con 20, *Bursera bipinnata y Conzattia multiflora* con 18 y por último *Vitex mollis* con 16 (Figura IV.64).

La especie más abundante es *Lysiloma acapulsencis*, la más frecuente es *Ipomoea arborescens* y la más dominante es *Bursera glabrifolia*.

Conzattia multiflora es considerada como una especie indicadora de conservación, por lo que su presencia denota el buen estado de este ecosistema.

En la Selva baja caducifolia perturbada las especies con mayor valor de importancia son *Ipomoeae arborescens* con 78, *Acacia farnesiana* con 52 *y Acacia pennatula* con 46, las especies con menor valor son *Ceiba parvifolia* con 34, *Guazuma ulmifolia* con 25 y *Heliocarpus americanus* con 20 (Figura IV.65)

También existen especies indicadoras de perturbación para la selva baja, aquí las alturas de los árboles, el diámetro y la cobertura no es del todo confiable para medir la conservación, pero si la abundancia o frecuencia de especies como *Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula*. Cuando las especies antes mencionadas como indicadoras de perturbación son dominantes, se trata de un grado de perturbación elevado en la Selva baja, de lo contrario si el porcentaje es menor que las especies primarias se está frente a una perturbación ligera (Figura IV.66). Los cambios de uso del suelo con fines agrícolas o de pastoreo han causado alteraciones que han ocasionado la fragmentación de las selvas, siendo esta la principal causa de disturbio en este ecosistema.

La importancia de la Selva baja caducifolia radica en su riqueza de especies y su elevado número de endemismos. Algunas especies arbóreas como *Mastichodendron capiri*, se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de amenazadas,

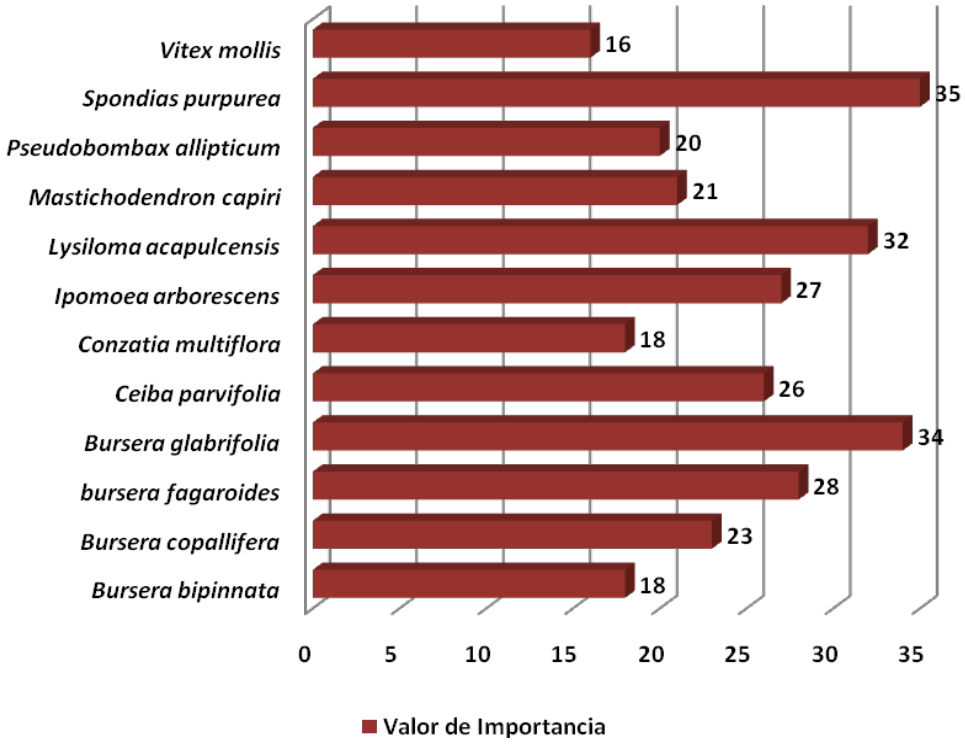


Figura IV.64. Valor de importancia de las especies de Selva baja caducifolia conservada

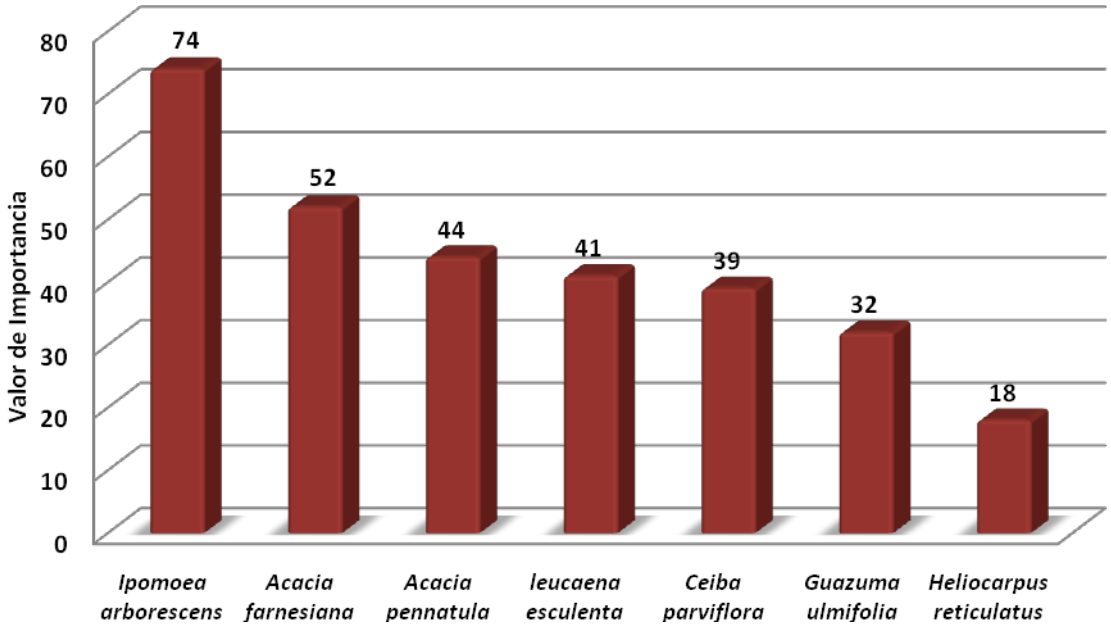


Figura IV.65. Valor de importancia de las especies de Selva baja caducifolia perturbada

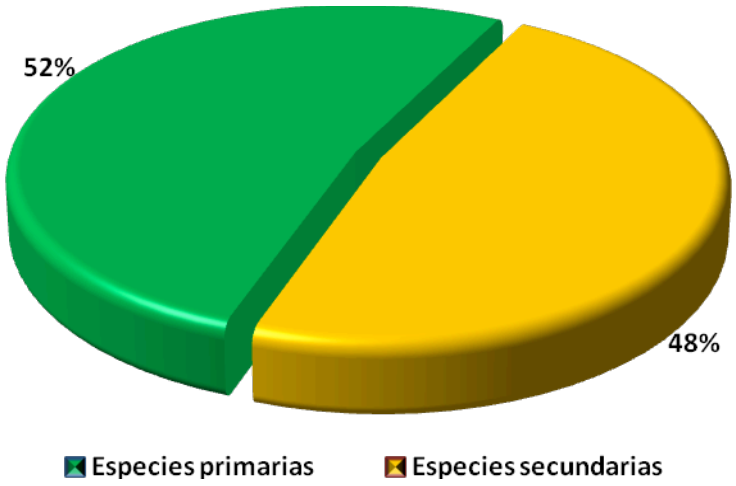


Figura IV.66. Porcentaje de especies primarias y secundarias en la Selva baja caducifolia perturbada

La Selva baja caducifolia es un ecosistema dinámico, muchas de las especies aun son utilizadas como cercos vivos o como postes para delimitar linderos, su altura no permite utilizar a sus especies como elementos maderables ya que la altura máxima registrada para esta vegetación es de 12 m, sin embargo, en la zona de estudio la altura fue inferior, aunque los DAP corresponden a los diámetros comunes para la Selva baja.

La estratificación es claramente diferenciada, los árboles oscilan entre los 4 y 8 m de altura, los arbustos en promedio son de 1.5 m aunque puede haber de hasta 2 m, el estrato herbáceo es dominado por pastos y Asteracea que no superan los 60 cm, el estrato rasante prácticamente es ausente aunque en temporada de lluvias se pueden observar algunos líquenes costrosos sobre algunas leñosas, las plantas epífitas son comunes, especialmente aquellas de la familia Bromeliaceae.

En la Tabla IV.20 se observan los datos parametritos más sobresalientes que definen el ecosistema.

Tabla IV.20. Datos paramétricos de la Selva baja caducifolia

Parámetro	Selva baja caducifolia (valor umbral)	Selva baja caducifolia conservada	Selva baja caducifolia perturbada
Altura del dosel	12 m	8 m	6 m
DAP	80-120 cm	90 cm	75 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300	157
Porcentaje de especies primarias	100%	100%	52%
Estratificación	Árboles, Arbustos, Hierbas, Epifitas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Epifitas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Epifitas

Se puede afirmar que la Selva baja caducifolia está siendo devastada en el SAR por el avance de agricultura y la ganadería. La transformación de este ecosistema ha permitido el establecimiento de especies secundarias como *Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula* las cuales constituyen el 48% de las especies secundarias en la selva con perturbación. Aunado a esto se reporta una especie Amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se trata de *Mastichodendron capiri* (Sapotaceae) especie arbórea que se desarrolla en la Selva baja y en la Vegetación riparia.

Vegetación riparia

Bosque de Ahuehuetes o sabinos (Miranda y Hernández, 1963) o Bosque de galería (Rzedowski, 1978). Son agrupaciones arbóreas desarrolladas en los márgenes de los ríos, desde el punto de vista fisonómico y estructural se ve un conjunto muy heterogéneo, pues su altura varía de entre 4, 15 ó hasta 30 m y comprenden árboles de hoja perenne o decidua, pocas especies de plantas trepadoras y epífitas constituido principalmente por los géneros *Ficus* y *Taxodimum*, este ecosistema muestra mayor heterogeneidad que otros en la abundancia de las especies, así como varias especies herbáceas, que se consideran dentro de la vegetación acuática y subacuática, que son comunidades vegetales ligadas al medio acuático o al suelo más o menos permanentemente saturado de agua. Se encuentran

algunas especies que forman comunidades casi puras en ciertos tramos de los ríos como *Taxodium mucronatum*, sin embargo, es común ver en el margen de los ríos los elementos arbóreos como *Ficus petiolaris, Ficus insipida* y *Mastichodendron capiri*.

Este tipo de asociación ocupa una extensión de 42.75 Ha (0.36 % del SAR) siendo únicamente 3.90 Ha de Vegetación riparia conservada (0.03%) y 38.85 Ha de Vegetación riparia perturbada (0.33 %).

En general el estado de conservación de la Vegetación riparia del SAR, no es bueno ya que se observan las barrancas con un alto grado de contaminación, lo cual ha repercutido en la calidad de su flora, pese a esto se observan árboles de grandes tallas, aunque muy dispersos entre sí, dentro de la Vegetación riparia.

Cabe aclarar qua la diferenciación entre Vegetación riparia conservada y perturbada se estableció con base a su nivel de contaminación, factor que ha repercutido en la densidad de los elementos árboreos más no en su representatividad floristica, por lo que, en la Vegetación conservada así como en la perturbada se observan especies primarias del ecosistema.

En la Vegetación riparia conservada se observan elementos con más afinidad a la Selva baja, esto por que las zonas analizadas se encuentran inmersas en cañadas o escurrimientos integrados dentro de la Selva baja caducifolia. El más alto valor de importancia lo tiene *Mastichodendron capiri* con 77, seguido por *Pseudobombax ellipticum* con 75, *Lisiloma* sp. con 57, *Vitex mollis* con 50 y por último *Ficus cotinifolia* con 40 (Figura IV.67).

Mastichodendron capiri (Sapotaceae) es una especie Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se desarrolla comúnmente en la Vegetación riparia y la Selva baja caducifolia.

En cuanto a la Vegetación riparia perturbada el *Taxodium mucronatum* es quien muestra el más alto valor de importancia con 113, seguido por *Fraxinus uhdei* con 74, mientras que el menor corresponde a *Ficus petiolaris* con 27 (Figura IV.68), formando comunidades abiertas por la escasez de individuos, estos bosques están sujetos a descargas de aguas negras o grises.

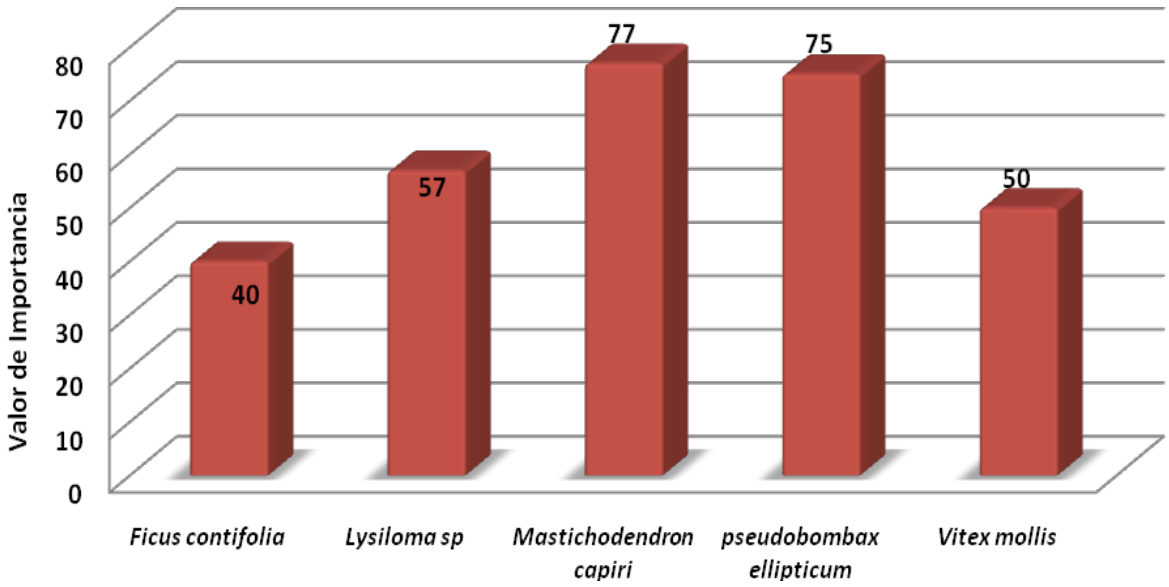


Figura IV.67. Índice de valor de importancia del Bosque de galería conservado

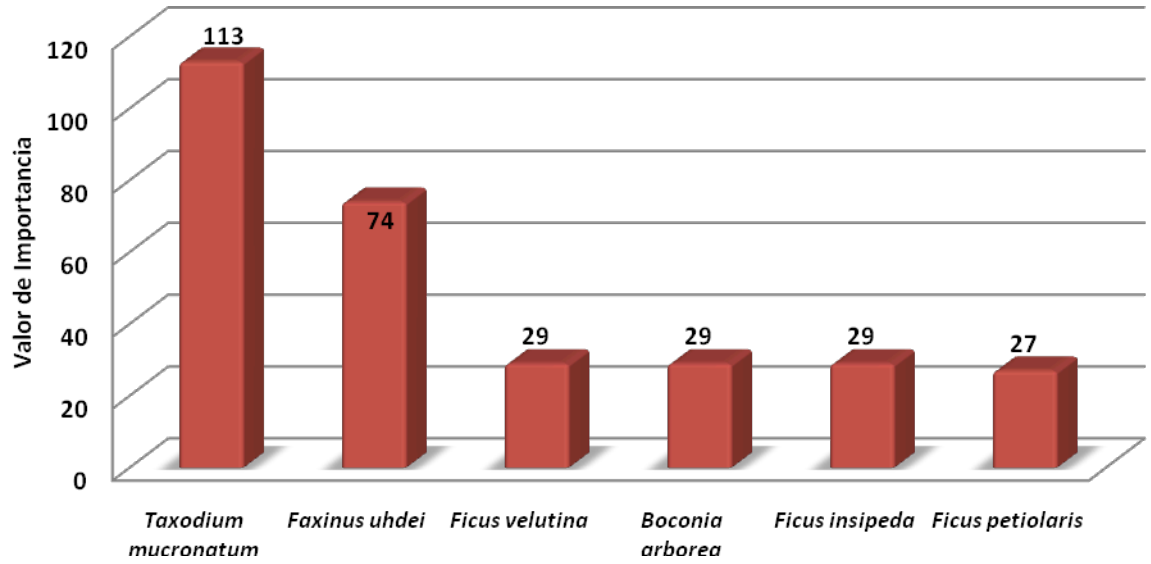


Figura IV.68. Índice de valor de importancia del Bosque de galería perturbada

La estructura general de este ecosistema, se muestra en la Tabla IV.21, en donde se expone los principales indicadores de estado, y su comparativa con una Vegetación riparia con buenas condiciones de conservación en el SAR, que se estableció como valores umbral. Las especies primarias y el porcentaje de ellas muestran la diferencia entre el ecosistema conservado y el perturbado. La estratificación incluye tres estratos: árboles, arbustos y hierbas.

Tabla IV.21. Datos paramétricos de la Vegetación riparia

Parámetro	Vegetación riparia (valor umbral)	Vegetación riparia conservada del SAR	Vegetación riparia perturbada del SAR
Altura del dosel	25 m	15 m	22 m
DAP	80-250	190 cm	175 cm
Suma IVI de especies primarias	300	300	271
Porcentaje de especies primarias	100%	100%	90%
Estratificación	Árboles, Arbustos, Hierbas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Epifitas	Árboles, Arbustos, Hierbas, Epifitas

La importancia de este tipo de vegetación es que fungen como corredores biológicos tanto de flora como de fauna, manteniendo el equilibrio ecológico.

Aunado a esto son los principales reguladores del clima, absorben, almacenan y liberan el agua de lluvia. También absorben y almacenan nutrientes en el suelo.

Sin embargo, por la influencia humana estos *servicios ambientales* dentro del SAR se han visto mermados.

Vegetación exótica o urbana

Vegetación urbana. Es definida como toda zona forestal influida por la población urbana. En un sentido más restringido, la Vegetación urbana se refiere a los árboles y zonas arboladas en las ciudades, se incluyen árboles de jardines y huertos, árboles de calles y parques, relictos de vegetación que crecen en terrenos baldíos y abandonados.

Dentro de la Vegetación urbana se incluyeron las especies introducidas que se desarrollan dentro del SAR, algunas de ellas forman Bosques compuestos principalmente por eucaliptos y jacarandas.

Estos bosques cubren dentro del SAR una extensión de 231.93 Ha (1.97% del SAR).

La especie con mayor valor de importancia es *Jacaranda mimosifolia* con 198, especie procedente de Argentina y Brasil en segundo lugar *Eucaliptus* sp. con 102 (Figura IV.68), esta especie es originaria de Australia por lo que, ninguna de las dos son especies nativas. La altura de este Bosque exótico alcanza hasta los 17 m, su DAP promedio es de 230 cm.

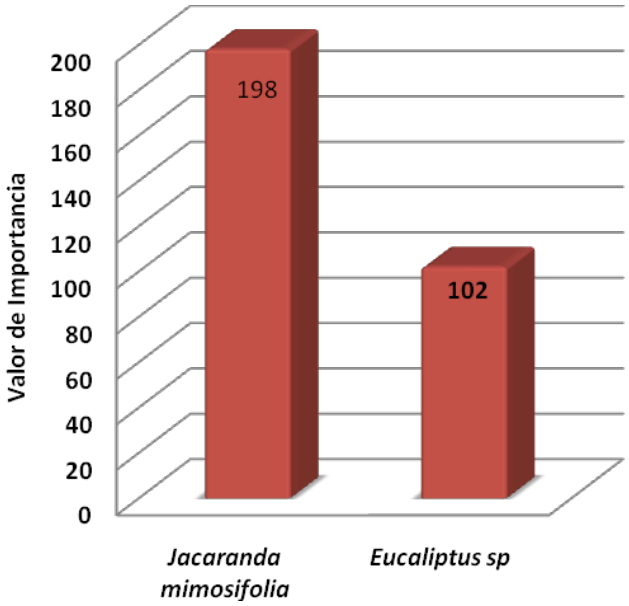


Figura IV.69. Índice de valor de importancia del Bosque exótico

Vegetación secundaria

Este tipo de vegetación carece de elementos arbóreos, son predominantes los arbustos y las hierbas. La familia *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae* y *Euphorbiaceae* son las más comunes. Se pueden observar especies como *Crotalaria incana*, *Dorstenia drakena*, *Bidens odorata*, entre otras.

Este tipo de vegetación es producto de la devastación de la vegetación original, sucede en cualquier tipo de ecosistema desde Bosques templados hasta Selvas tropicales, dentro del SAR esta vegetación ocupa 1,313.86 Ha lo que representa un 11.16% del SAR.

Pastizal

Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este Pastizal puede aparecer como consecuencia de 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 de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar. Aún haciendo abstracción de los pastos cultivados, pueden reconocerse muchas áreas cubiertas por el Pastizal inducido, que sin duda alguna sostenían otro tipo de vegetación antes de la intervención del hombre y de sus animales domésticos, cubren una extensión de 683.96 Ha, esto representa el 5.81% de la totalidad del SAR.

Otras coberturas

Las Zona sin vegetación aparente tienen una extensión dentro del SAR de 13.87 Ha., que corresponden al 0.12 %. Los Invernaderos tienen una extensión dentro del SAR de 7.48 Ha, que corresponden al 0.06%. Las Rocas ocupan una extensión dentro del SAR de 276.69 Ha, que corresponden al 2.35% y las Terracerías cuentan con una extensión de 52.90 ha lo que representa dentro del SAR el 0.45%. Estas coberturas tienen la característica en común de carecer de vegetación, sus comunidades florísticas han sido eliminadas.

Estado de las asociaciones vegetales

En la Tabla IV.22 se presenta un resumen de los indicadores de estado por tipo de vegetación, en donde se puede observar como las agrupaciones Neárticas muestran heterogeneidad en su grado de conservación, en los estratos existentes sobresale el estrato arbóreo, el arbustivo está presente y el herbáceo no es muy conspicuo sobre todo en las zonas conservadas lo que puede estar relacionado con la poca incidencia de luz solar hasta los estratos más bajos. La humedad elemento importante de estos ecosistemas ha propiciado la existencia del estrato rasante así como la presencia de epífitas sobre todo en los árboles no resinosos

La Selva baja es uno de los ecosistemas mas perturbados del SAR. En condiciones de baja perturbación la Selva baja es muy diversa, presenta diferentes formas de vida desde árboles, arbustos, hierbas, epífitas y lianas. Sin embargo, en las zonas perturbadas hay una homogenización en cuanto a especies y estratos, destacando árboles y arbustos de las especies de *Acacia pennatula y Guazuma ulmifolia.*

Las zonas de transición o Ecotonos resultan interesantes por la convergencia de especies pertenecientes a ecosistemas distintos, en estos sitios no se puede determinar que especies son secundarias puesto que todas están compitiendo en los nichos que se encuentran disponibles pese a que no cumplan con todos los requerimientos para el éxito de algunas especies.

Las causas generales de perturbación son diversas dependiendo del tipo de ecosistema, algunos muestran mayor tolerancia a la perturbación como la Selva baja caducifolia a diferencia de los ambientes Neárticos (Bosques de coníferas).

Tabla IV.22. Resumen de indicadores del estado de conservación de la vegetación arbórea en el SAR con base a los muestreos realizados. Valores sintetizados

Aspecto	Bosque de Encino	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque templado con elementos mesófilos	Matorral rosetofilo	Selva baja caducifolia	Vegetación riparia	Ecotono: matorral-bosque templado	Ecotono: Selva baja-bosque templado
Altura del dosel	- Hasta 13 m en bosque conservado. -se observan alturas de hasta 12 m en bosque perturbado	Altura máxima es de 18 m	-La altura máxima corresponde a 15 m en bosque conservado - La altura máxima corresponde a 13 m en bosque perturbado	-La altura máxima es de 22 m en bosque conservado -La Altura máxima es de 18 m en el bosque perturbdo	Altura máxima 18 m	Altura máxima 6 m	Altura máxima 8 m en la selva conservada Altura máxima 6 m en la selva perturbada	Altura máxima 22 m en la vegetación conservada Altura máxima 15 m en la vegetación perturbada	Altura máxima 6 m	Altura máxima 8 m
Presencia y % de especies Primarias	100% en bosque conservado. 74% en bosque perturbado	100% en bosque conservado	100% en bosque conservado 67% en bosque perturbado	100% en bosque conservado 73% en bosque perturbado	100%	100% en bosque conservado.	100% en bosque conservado. 52% en selva perturbada.	100% en vegetación conservada. 100% en vegetación perturbada	100%	100%.

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 919, Col. 2da. Sección del Periodista, C.P. 03600, México D.F. Tel./Fax 5539-3151

Aspecto	Bosque de Encino	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque templado con elementos mesófilos	Matorral rosetofilo	Selva baja caducifolia	Vegetación riparia	Ecotono: matorral-bosque templado	Ecotono: Selva baja-bosque templado
Especies indicadoras de conservación	*Quercus laurina* *Quercus obtusata* *Quercus rugosa* *Quercus castanea* *Stirax ramirezi* *Arbutus xalpensis*	*Abies religiiosa* *Pinus montezumae* *Quercus rugosa* *Clethra macrophylla*	*Pinus montezumae* *Pinus teocote* *Arbutus xalapensis*	*Ternstroemia lineata* *Pinus montezumae* *Arbutus xalapensis* *Clethra mexicana*	*Clethra mexicana* *Quercus rugosa* *Stirax ramirezi* *Arbutus xalpensis* *Ternstroemia lineata*	*Cedrela odorata* *Buddleja sp.* *Bursera fagaroides* *Bursera excelsa*	*Spondias purpurea* *Bursera glabrifolia* *Conzattia multiflora* *Bursera fagaroides* *Ceiba parvifolia*	*Pseudobombax ellipticum* *Taxodium mucronatum* *Ficus petiolaris* *Mastichodendron capiri*	*Arbutus xalapensis* *Quercus rugosa* *Comarostaphylis discolor* *Buddleja sp.*	*Ipomoaea arborescens* *Quercus rugosa* *Arbutus xalapensis* *Bursera fagaroides* *Cedrela oaxacensis*
Presencia y % de especies Secundarias	26% en bosque perturbado	No existen especies de este tipo	33% en bosque perturbado	27% en bosque perturbado	No existen especies de este tipo	No existen especies de este tipo	48% en selva perturbada	No existen especies de este tipo	No existen especies de este tipo	No existen especies de este tipo
Especies indicadoras de perturbación	*Ipomoea murucoides* *Buddleja parviflora* *Lysiloma acapulcensis*		*Ipomoea murucoides* *Buddleja sp.*	*Buddleja acuminata* *Buddleja parviflora*			*Acacia pennatula* *Acacia farnesiana* *Luecaena esculenta*		*Acacia*	

Aspecto	Bosque de Encino	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque templado con elementos mesófilos	Matorral rosetofilo	Selva baja caducifolia	Vegetación riparia	Ecotono: matorral-bosque templado	Ecotono: Selva baja-bosque templado
Estratificación	Predomina estrato arbóreo, aunque está presente el estrato herbáceo. En condiciones de perturbación también el arbustivo El estrato rasante está presente sobre todo en época de lluvias La presencia de epífitas es alta.	Predomina es estrato arbóreo. El estrato arbustivo y herbáceo está bien representado. El estrato rasante es abundante	Predomina es estrato arbóreo, aunque está presente el estrato herbáceo. Y el arbustivo. El estrato rasante es Es abundante Las epífitas están presentes pero no son abundantes	Predomina es estrato arbóreo, aunque está presente el estrato herbáceo. Y el arbustivo. El estrato rasante es abundante Las epífitas son abundantes y también se observan algunas lianas	Predomina es estrato arbóreo, aunque está presente el estrato Arbustivo. el estrato herbáceo es casi nulo El estrato rasante está presente pero no es abundante Las epífitas son abundantes y también se observan algunas lianas	Predomina es estrato arbustivo, Aunque está presente el estrato arbóreo. El estrato herbáceo es prácticamente nulo.	Predomina es estrato arbóreo, aunque está presente el estrato Arbustivo. El herbáceo está muy diversificado Pocas especies epífitas En condiciones de conservación se observan algunas lianas	Predomina es estrato arbóreo. El estrato arbustivo no está presente y el estrato herbáceo poco representado. No hay estrato rasante no hay presencia de epífitas	Estrato arbóreo predominante Estrato arbustivo bien representado casi en la misma proporción que el arbóreo Estrato herbáceos escaso. Estrato rasante casi nulo. Epifitas presentas	Estrato arbóreo predominante. Estrato herbáceo diversificado. Estrato arbustivo poco diversificado Epifitas poco representadas en comparación con los otros estratos

Aspecto	Bosque de Encino	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque templado con elementos mesófilos	Matorral rosetofilo	Selva baja caducifolia	Vegetación riparia	Ecotono: matorral-bosque templado	Ecotono: Selva baja-bosque templado
Causas generales de perturbación	Sujeto extracción de tierra de hoja	Plagas de muérdago Extracción de tierra de hoja	Plagas de muérdago	Plagas de muérdago Extracción de tierra de hoja	Extracción de tierra de hoja	Incendios Basura de visitantes	Ampliación de las actividades agrícolas y ganaderas Cambio de uso de suelo de forestal a viviendas	Descargas de aguas negras y grises Pastoreo Tiraderos clandestinos Incendios	Plagas de muérdago	Plagas de muérdago

IV.2.2.2. Fauna

La fauna de vertebrados tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociados al SAR, se encuentra representada por 352 especies potenciales (Figura IV.70), esta riqueza se obtuvo a través de la depuración[3] de los listados de especies potenciales que hay para la región Norte del estado de Morelos. En este caso, se consultaron diferentes referencias bibliográficas y documentos oficiales (registros del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Tepoztlán, así como del Plan de manejo del Parque Nacional el Tepozteco y del Corredor Biológico Chichinautzin, CONAP,2008). Además, se tuvo acceso a las bases de datos del Centro de Investigaciones Biológicas y del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, ambos dependientes de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con esta información.

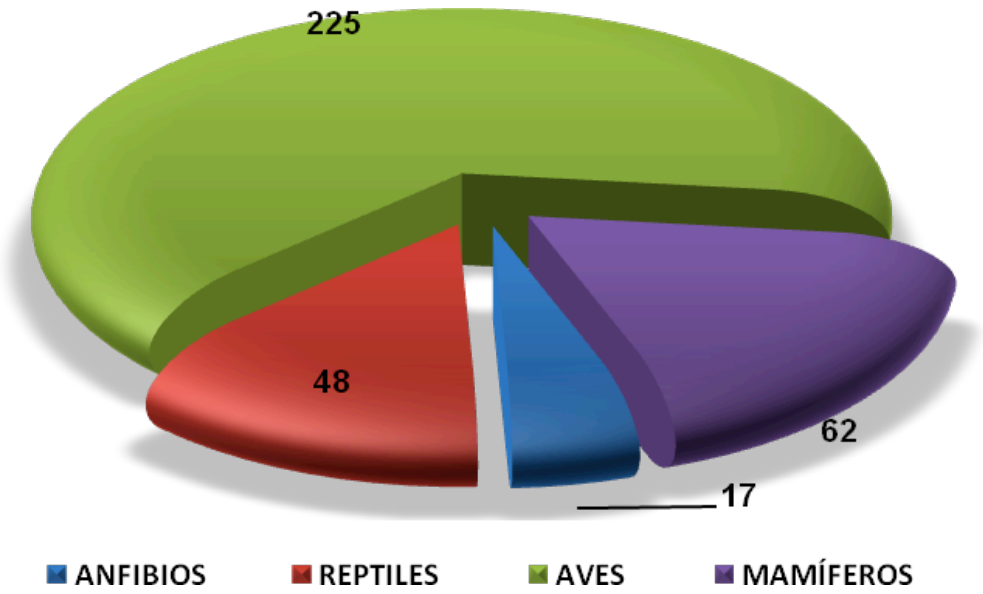


Figura IV.70. Distribución potencial de las especies de tetrápodos terrestres dentro del SAR

De las 352 especies con distribución potencial dentro del SAR, se identifico que el 8.23% de las especies se encuentran catalogadas bajo algún estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.23). Esta cuantificación incluye 9 especies de hábitos Neárticos y 20 de hábitos Neotropicales.

[3] Se obtuvo un listado preliminar de 462 especies, sin embargo, a través del procesamiento de información a través del SIG (utilización de rangos altitudinales, tipo de vegetación, geomorfologia) el listado se redujo a 352 especies potenciales.

Tabla IV.23. Número de especies de vertebrados con distribución potencial en el SAR y que se encuentran catalogados bajo algún estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010)

Grupos	NOM-059-SEMARNAT-2010			Total
	Amenazada	Protección especial	Peligro de extinción	
Anfibios	4	6	-	10
Reptiles	8	1	1	10
Aves	-	7	-	7
Mamíferos	2	-	-	2
Total	**14**	**14**	**1**	**29**

Del total de especies con distribución potencial dentro del SAR, se registró la presencia de 94 especies (2 anfibios, 9 reptiles, 64 aves y 19 especies de mamíferos) en 14 localidades diferentes, gran parte de los registros se obtuvieron sobre asociaciones de Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y Vegetación secundaria asociada al Bosque de encino. De las 94 especies registradas, 10 incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (1 amenazada y 9 bajo protección especial) (Tabla IV.24)

Tabla IV.24. Número de especies registradas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Grupos	NOM-059-SEMARNAT-2010		Total
	Amenazada	Protección especial	
Anfibios	-	-	0
Reptiles	1	3	4
Aves	-	6	6
Mamíferos	-	-	0
Total	**1**	**9**	**10**

De acuerdo a los datos proporcionados por Contreras (2006), y al análisis de la distribución potencial de especies de vertebrados sobre el SAR, la riqueza de tetrápodos corresponde al 61.32% de las especies registradas para el estado de Morelos, siendo las asociaciones de Selva baja caducifolia, Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y la Vegetación riparia los ecosistemas más diversos, ya que en ellos se registraron más del 50% del total de las especies. Es necesario resaltar que la afinidad de las especies de la fauna silvestre en el SAR está ligada a las regiones Neártica y a la Neotropical (Figura IV.71), siendo esta última, la que mayor diversidad de vertebrados puede albergar.

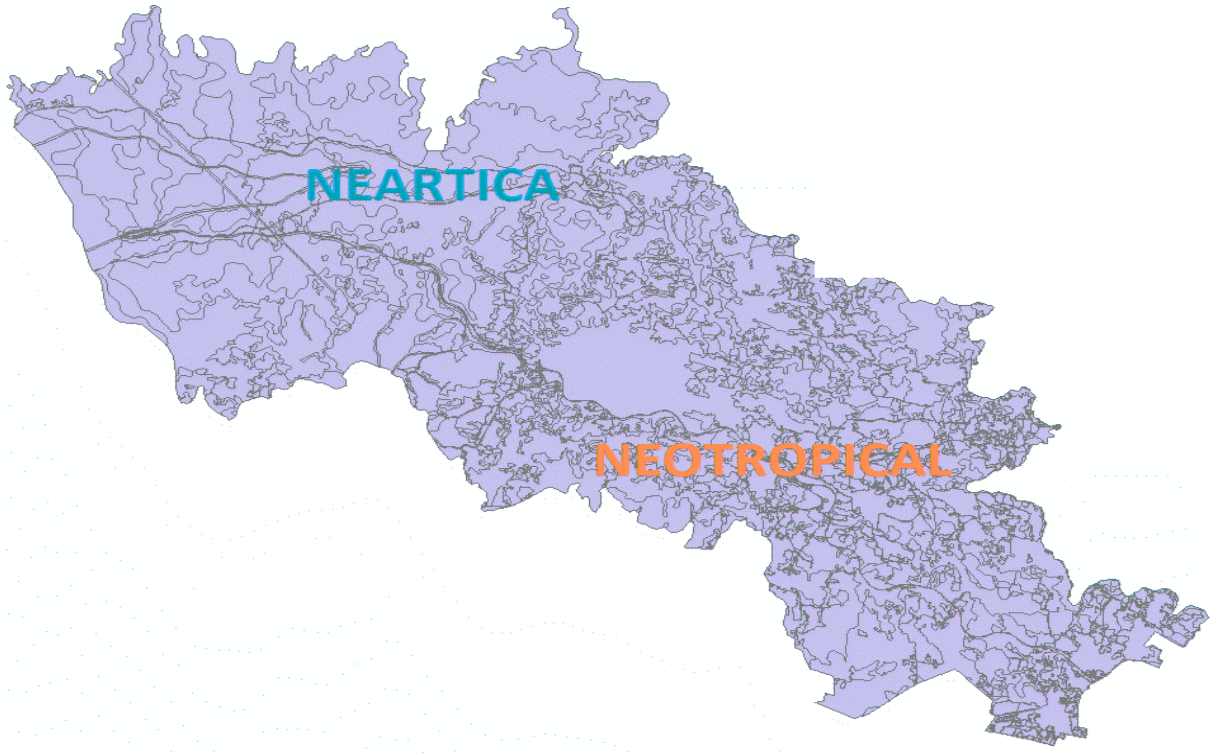


Figura IV.71. Distribución de las regiones Neártica y Neotropical dentro del SAR. Según Contreras (2006), la mayor riqueza de especies de vertebrados se registra hacia la región Neotropical

Anfibios y Reptiles

México como parte de los países mega diversos (Mittermier & Goettsch 1997, Flores-Villela 1993), ocupa el cuarto lugar mundial en diversidad de anfibios (CONABIO, 2000), sin embargo, muchas de sus regiones aún ofrecen oportunidades para la exploración herpetología. En lo que respecta al SAR, la riqueza de especies es baja comparada con otras regiones que tienen hábitats similares (Leopold, S. A., 1965), aunado a esto, el estudio se realizó durante la temporada de estiaje, razón por la cual el registro de anfibios, fue sumamente bajo, ya que se registraron 2 de 17 especies con distribución potencial para el SAR.

Taxonómicamente este grupo se encuentra integrado por 11 familias y 7 géneros, todos ellos pertenecientes al orden de los Anuros. De las 17 especies con distribución potencial en el SAR, la NOM-059-SEMARNAT-2010 cataloga a 8 bajo algún estatus de conservación (3 como amenazadas y 5 bajo protección especial), además, el 64.7% de las especies son consideradas endémicas a México.

Tabla IV.25. Especies de anfibios con distribución potencial en el SAR y se encuentran catalogadas bajo algún estatus de conservación de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Hyla plicata	Rana de árbol plegada	A
Pseudoeurycea belli	Salamandra	A
Pseudoeurycea leprosa	Salamandra	A
Hyla smaragdina	Ranita arbórea	Pr
Rana forreri	Rana café	Pr
Rana montezumae	Rana de moctezuma	Pr
Chiropterotriton orculus	Salamandra	Pr
Pseudoeurycea altamontana	Tlaconete morelense	Pr

En relación a los hábitats y requerimientos de las 17 especies de anfibios con distribución potencial, se identificó que los ecosistemas con mayor diversidad de estos tetrápodos son los Bosques de encino (con 15 especies potenciales), seguido de la Selva baja caducifolia y Vegetación riparia (ambas con 9 especies); esto obedece al grado de conservación que tienen estos ecosistemas, así como el grado de humedad de los que disponen. Estos ecosistemas reportaron el mayor grado de endemismo y de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Figura IV.72).

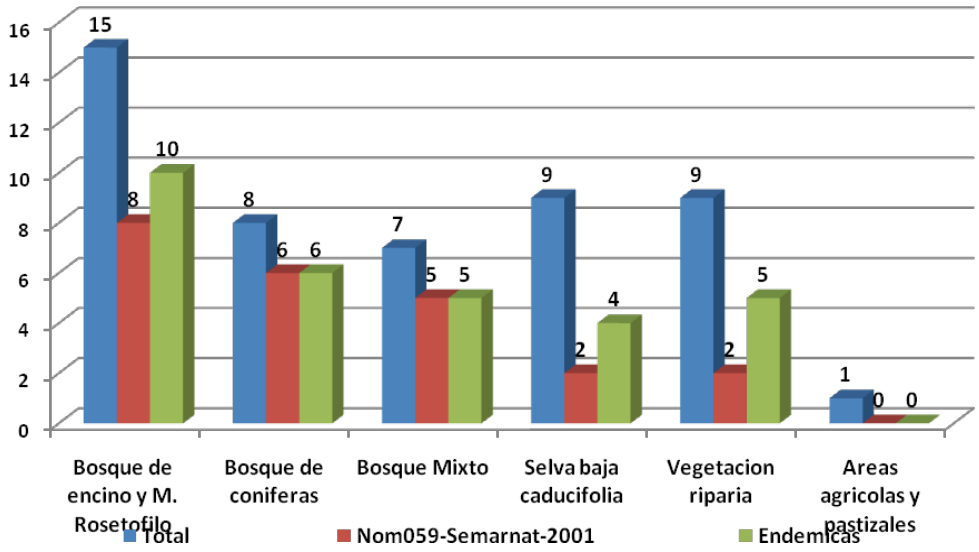


Figura IV.72. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Anfibios reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas or la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a los registros proporcionados por Castro-Franco y Bustos (2006), la Selva baja caducifolia es la región más rica en cuanto a diversidad de este grupo se refiere, sin

embargo, se debe considerar que dichos estudios fueron estimados sobre 56,000 Ha de Selva baja caducifolia (área total en el estado de Morelos), en contra punto el SAR ocupa solo 1,327 Ha de este tipo de vegetación (es decir, el 2.36% del total de SBC del estado de Morelos) estimando la diversidad en 9 especies y registrando el mayor numero hacia los Bosques de *Quercus* (estos ocupan 2,986 Ha del SAR).

De acuerdo a los datos proporcionados por estos investigadores los géneros más representativos dentro del SAR son *Bufo, Hyla y Rana* (Figura IV.74).

Para generar el modelo de distribución potencial de las distintas especies de Anfibios en la región se tomaron en cuenta diversos factores físicos y ambientales así como la asociación de los registros a los diferentes tipos de vegetación, a través de esta información se genero un modelo de nicho ecológico para este grupo, como resultado se puede apreciar que el mayor potencial de especies se distribuye sobre los Bosques de encino y Selva baja caducifolia. Este modelo coincide con la abundancia de registros y distribución obtenidos durante los muestreos de campo, así como los reportes que hay en la literatura, en donde se afirma que la mayor riqueza de este grupo se asocia a los Bosques deciduos y templados de la región (Contreras *et al* 2006).

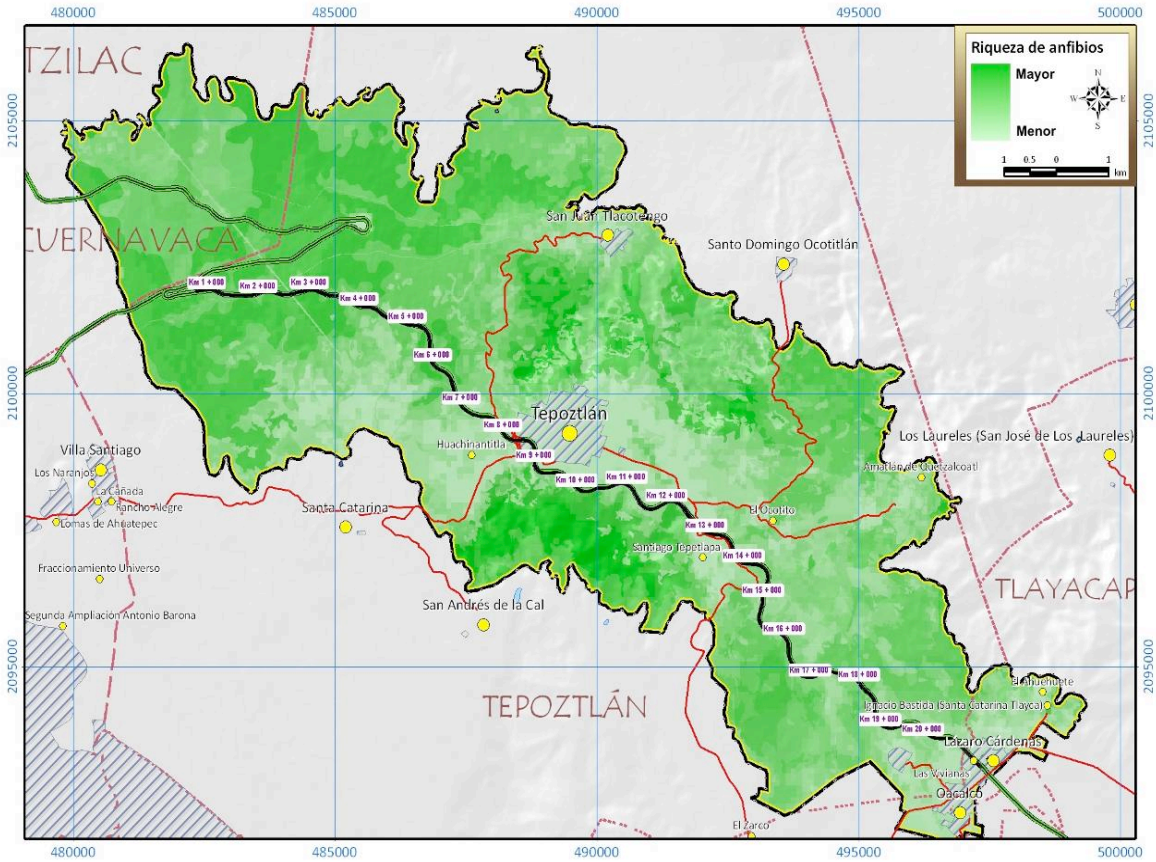


Figura IV.73. Modela especial de la distribución potencial del grupo de los Anfibios dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP



Figura IV.74. *Hyla eximia*, ranita, especie encontrada sobre un cauce intermitente en la porción Noroeste del SAR

En el caso de los reptiles algunos autores (Martin del Campo, 1940; Smith, 1949; Smith & Smith, 1976, Ramírez-Bautista, 1995.) describen una enorme diversidad de especies de reptiles para la región Norponiente del estado de Morelos, siendo esta, la zona principal donde se desarrolla el SAR. De acuerdo con los datos obtenidos en campo y en bibliografía, la mayor distribución de estos organismos se encontraron en la Selva baja caducifolia (Figura IV.75), reportando un total de 40 especies, de las cuales 16 se encuentran bajo algún estatus de riesgo. Cabe señalar que esta diversidad de herpetofauna se debe sobre todo a que son de afinidad Neotropical. En contraparte las zonas templadas que se desarrollan en la región Norte y Noroeste del SAR presentan rangos intermedios de diversidad, registrándose la mayor diversidad para las zonas de Bosque de Quercus en asociación con los Manchones de Matorral rosetófilo crasicaule.



Figura IV.75. Serpientes y lagartijas encontradas durante los proceso de colecta, Izquierda; *Crotalus transversus*, Derecha; *Barisia imbricata* (ambas catalogadas bajo estatus de Protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010)

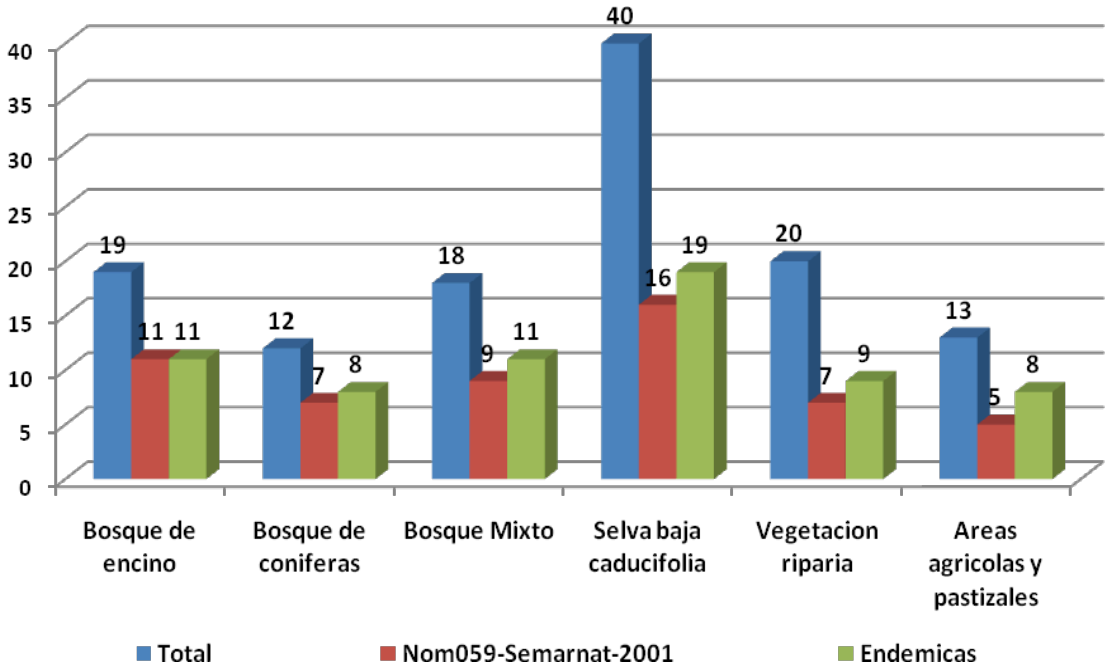


Figura IV.76. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Reptiles reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a los registros obtenidos y a los datos de distribución potencial que presenta la CONANP (2008), para la región Norte del estado de Morelos, la diversidad de especies de Reptiles se encuentra constituida por 48 especies, distribuidas en dos órdenes, 13 familias y 33 géneros. De las 48 especies con distribución potencial, 21 se encuentran catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 bajo el estatus de amenazadas, 14 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción (Tabla IV.26)

Tabla IV.26. Especies de Reptiles con distribución potencial en el SAR y con estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Boa constrictor imperator	Mazacuata	A
Conopsis biserialis	Culebra terrestre de dos líneas	A
Ctenosaura pectinata	Iguana	A
Heloderma horridum	Escorpión	A
Lampropeltis triangulum	Real coralillo	A
Phrynosoma taurus	Lagartija cornuda	A
Crotalus transversus	Víbora de cascabel	P
Abronia deppei	Lagartija	Pr
Agkistrodon bilineatus	Cantil enjaquimado	Pr

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Barisia imbricata	Lagartija	Pr
Crotalus durissus	Víbora de cascabel	Pr
Eumeces copei	Eslizón de cope	Pr
Gerrhonotus liocephalus	Lagarto serpiente, alicante	Pr
Imantodes gemnistratus	Culebra cordelilla	Pr
Kinosternon integrum	Tortuga casquito	Pr
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	Pr
Phrynosoma asio	Lagartija cornuda gigante	Pr
Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato	Pr
Salvadora mexicana	Culebra parchada	Pr
Sceloporus grammicus	Lagartija escamosa de mezquite	Pr
Tantilla calamarina	Culebra centipeda	Pr

En cuanto al grado de endemismo, se identificó que el 50% de las especies potenciales son endémicas a México o a Mesoamérica, y de estas 13 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.27).

Tabla IV.27. Especies de Reptiles catalogadas como endémicas con distribución potencial en el SAR

Especie	Nombre común	Endemismo
Abronia deppei	Lagartija	E
Barisia imbricata	Lagartija	E
Ctenosaura pectinata	Iguana	E
Phrynosoma asio	Lagartija cornuda gigante	E
Phrynosoma orbiculare	Lagartija cornuda	E
Phrynosoma taurus	Lagartija cornuda	E
Sceloporus horridus	Chintete común	E
Sceloporus torquatus	Lagartija	E
Urosaurus bicarinatus	Roñito de árbol	E
Anolis nebulosus	Lagartija de abanico	E
Eumeces brevirostris	Salamanquesa	E
Eumeces copei	Eslizón de cope	E
Coniophanes lateritius	Culebra de agua	E
Conopsis biserialis	Culebra terrestre de dos líneas	E

Especie	Nombre común	Endemismo
Leptodeira splendida	Escombrera sapera	E
Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato	E
Rhadinaea hesperia	Minadora	E
Rhadinaea taeniata	Culebra de Pino y roble	E
Salvadora mexicana	Culebra parchada	E
Tantilla calamarina	Culebra centipeda	E
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	E
Crotalus transversus	Víbora de cascabel	E
Crotalus triseriatus	Víbora de cascabel	E
Kinosternon integrum	Tortuga casquito	E

Se debe resaltar que el grupo de las serpientes es el más diverso, sin embargo, el grupo que conforma a las lagartijas es más abundante, resaltando el género *Sceloporus* que presenta mayor rango de distribución y tolerancia, encontrándolas desde regiones Centro-Sur del SAR, donde existen cubiertas de SBC, hasta la zona Norte del polígono donde abundan los Bosques templados. Dentro de esta enorme variedad de especies, destaca la presencia de la tortuga casquito (*Kinosternon integrum*), que es la única tortuga registrada para la zona, tiene amplios rangos de distribución, siendo posible observarla desde Bosques templados (Abies, Pinus y Bosque mixtos) hasta Bosques tropicales (Castro-Franco y Bustos, 1994).

Como resultado del análisis de la composición de Reptiles en las diferentes asociaciones vegetales y utilizando el modelo de predicción GARP, en el que se asociacian distintos factores abióticos (clima, precipitación, altura, geomorfología y tipos de suelo) se identificaron 5 áreas de importancia donde se distribuye una mayor cantidad de especies de Reptiles, estos sitios se asocian principalmente a Selvas deciduas (Selva baja caducifolia), sin embargo, hacia la porción Noroeste el número de especies es menor, esto se debe principalmente al gradiente altitudinal, el tipo de vegetación y la cantidad de alimento, influenciando de manera directa en la distribución y abundancia de este grupo.

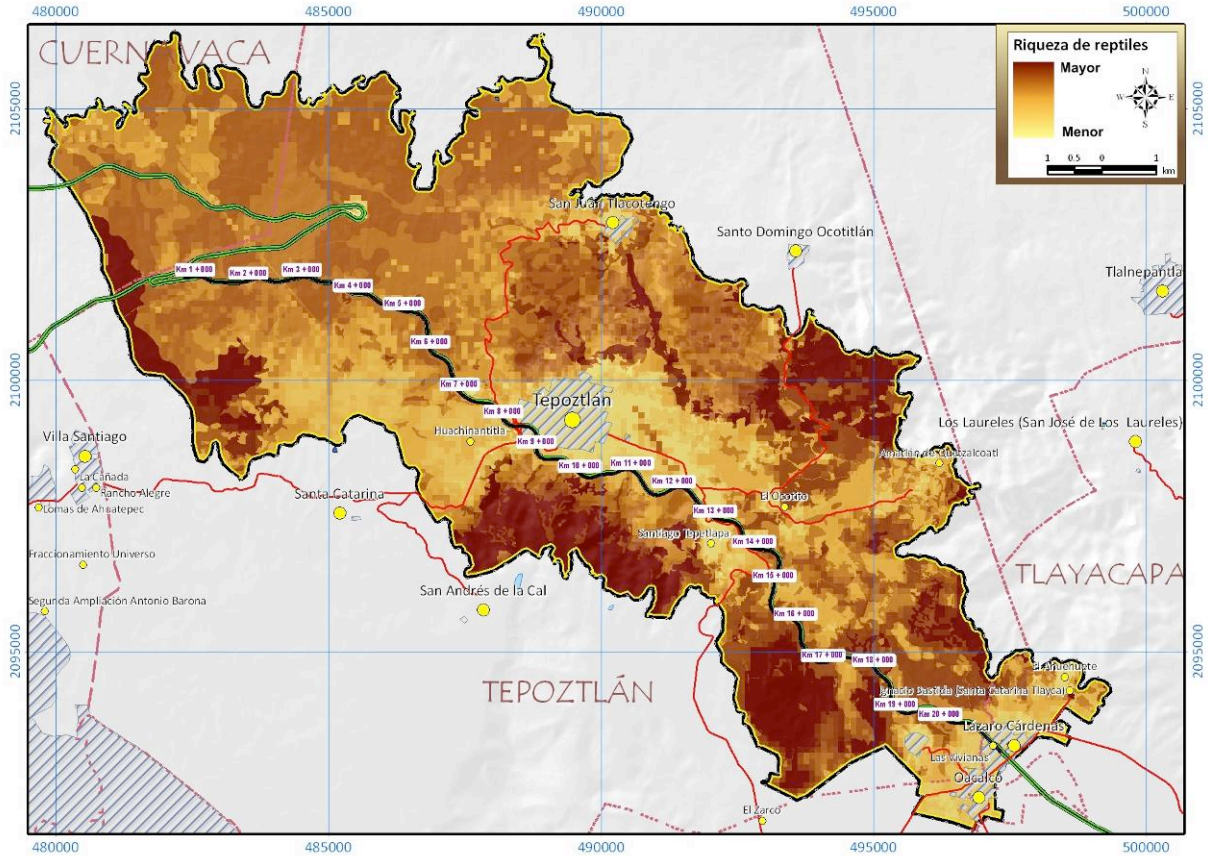


Figura IV.77. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de los Reptiles dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Tal y como lo señalan Castro-Franco y Bustos (1994), el mayor número de especies se asocia hacia los macizos de Selva baja caducifolia presentes al Sur y Suroeste del sistema, sitios donde existe una mayor cantidad de alimentos y sitios seguros donde puedan refugiarse.

Aves

La avifauna representa uno de los recursos zoológicos más importantes, ya que estos organismos superan en número de especies a los demás vertebrados terrestres. Las aves que existen en el mundo suman alrededor de 10 mil especies y en México las registradas alcanzan casi las mil, es por esto, que algunos autores han calificado a nuestro país como el "reino de las aves". Para el SAR se registraron 225 especies, de estas 7 se encuentran catalogadas bajo el estatus de protección especial (Tabla IV.28). De acuerdo a datos consultados en la CONANP (2008), el 9.77% son consideradas como endémicas a México o Mesoamerica y con hábitos y hábitats muy específicos, como el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi)* y la gallinita de monte *(Dendrortyx macroura)*, estas especies solo se distribuyen en hábitats específicos (en este caso, Pastizales y bordes de Bosques templados) del Noroeste del SAR. El resto de las especies (90.03%) son organismos abundantes, con amplios rangos de distribución y capaces de soportar presiones antrópicas.

Tabla IV.28. Especies de Aves con distribución potencial en el SAR listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2001	Endémica
Ortalis poliocephala	Chachalaca	-	E
Nyctiphrynus mcleodii	Pochuaca orejón	Pr	E
Streptoprocne semicollaris	Vencejo nucablanca	Pr	E
Chlorostilbon auriceps	Colibrí esmeralda	-	E
Cynanthus sordidus	Chupamirto prieto	-	E
Atthis heloisa	Chupaflor violeta	-	E
Melanerpes chrysogenys	Carpintero cariamarillo	-	E
Picoides stricklandi	Carpintero	-	E
Xenotriccus mexicanus	Papamoscas pardo	-	E
Vireo brevipennis	Vireo gusanero	-	E
Vireo hypochryseus	Vireo dorado	-	E
Campylorhynchus megalopterus	Sonaja parda	-	E
Campylorhynchus gularis	Matraca manchada	-	E
Campylorhynchus jocosus	Matraca alacranera	-	E
Thryothorus felix	Saltapared reyezuelo	-	E
Ridgwayia pinicola	Mirlo pinto	-	E
Toxostoma ocellatum	Cuitlacoche pinto	-	E
Melanotis caerulescens	Mulato	-	E
Atlapetes pileatus	Saltón hierbero	-	E
Melozone kieneri	Zorzal llanero	-	E
Oriturus superciliosus	Zacatonero rayado	-	E
Xenospiza baileyi	Gorrión serrano	-	E

En relación a las asociaciones con los diferentes tipos de vegetación, se identificó que la mayor abundancia de especies se registra hacia la Selva baja caducifolia, con 159 especies potenciales, de estas, 5 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la segunda asociación más diversa es la Vegetación riparia, esto se debe a que este tipo de ecosistema funge como corredor biológico de diversas especies, entre las porciones Norte del sistema (áreas donde se desarrollan Bosques de encino y de coníferas) y la porción Sur. Para la Vegetación ripiaria se asoció (de acuerdo a los hábitos, rangos de distribución y gradiente altitudinal) 134 especies de aves. La región que menos diversidad representó fueron los Asentamientos humanos, en estos sitios se pudieron encontrar pocas especies (32) en comparación a otros ecosistemas del SAR, sin embargo, el grado de abundancia de estas, lo ubican entre los primeros tres ecosistemas mas abundantes, esto se debe a que en

estas zonas existe mayor disponibilidad de alimento y por consecuencia mayor cantidad de individuos; entre las especies mas abundantes se encuentran *Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Columbina inca, Molothrus aeneus, Carpodacus mexicanus, Hirundo rustica, Toxostoma curvirostre, Pitangus sulphutarus y Pyrocephalus rubinus* (Figura IV.78).



Figura IV.78. Especies de aves encontradas durante los muestreos. Arriba de izquierda a derecha: *Passer domesticus, Hirunda rustica, Pitangus sulphuratus*. Abajo de izquierda a derecha, *Amazilia violaceps, Molothrus aeneus y Toxostoma curvirostre*

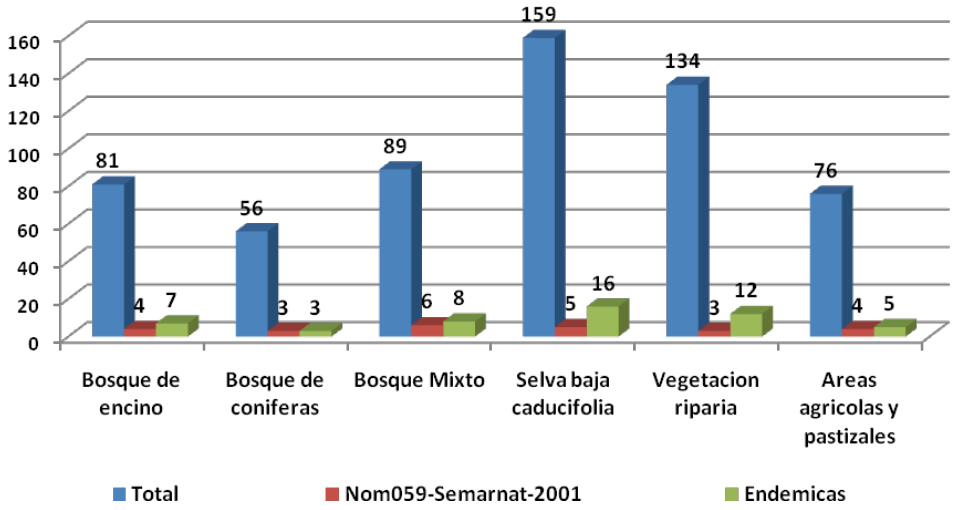


Figura IV.79. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Aves reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el caso de las Aves, la implementación del algoritmo de predicción GARP, asocio la mayor riqueza y distribución de especies hacia los Bosques conservados de Selva baja caducifolia, la matriz de probabilidad estuvo influenciada principalmente por la distribución de los campos de cultivo que circundan a las regiones de Selva baja, lo cual aumento el potencial de distribución de la aves, este factor determino que los mayores gremios utilicen

estas regiones como sitio de crianza y de descanso.

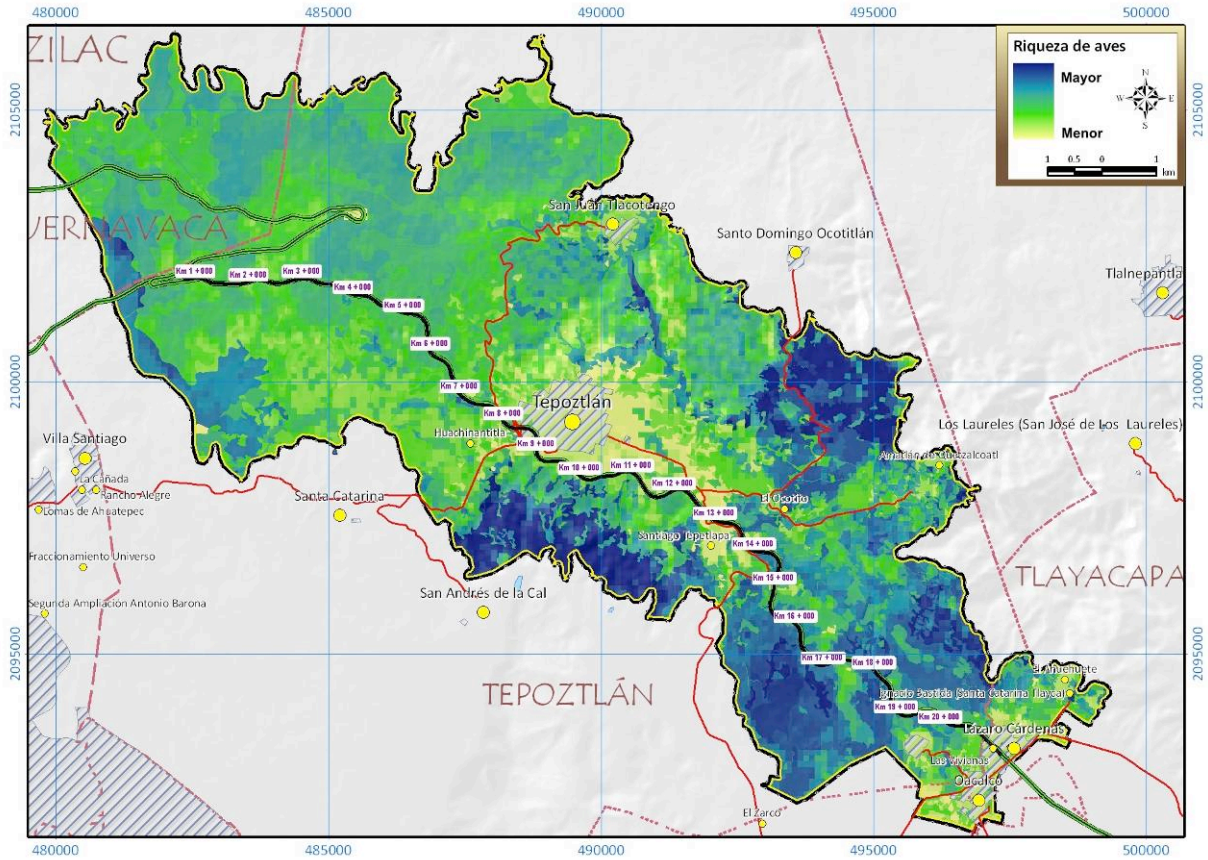


Figura IV.80. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de las Aves dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Los resultados obtenidos por la utilización del algoritmo, coinciden con los datos proporcionados por Ubina (en Contreras, 2006), en el que asocia la mayor diversidad y riqueza de especies de aves hacia la Selva baja caducifolia y áreas de transición entre este tipo de vegetación y las regiones agrícolas.

Mamíferos

México ocupa el segundo lugar en cuanto a la riqueza de mamíferos, ya que dentro del territorio se desarrollan cerca de 450 especies de hábitos terrestres (CONABIO, 1998). Para el SAR hay un registro potencial de 62 especies, de estas el 61.29% presenta amplios rangos de distribución. Entre el grupo de las especies más abundantes se puede mencionar a los roedores y murciélagos, así como los didelphidos. De la diversidad potencial que hay para la región, solo 2 especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Choeronycteris mexicana, Leptonycteris curasoae*, ambas catalogadas como amenazadas).



Figura IV.81. Especies de Mamíferos identificados durante los muestreos en campo

De acuerdo a datos recabados muchas de las especies de Mamíferos se distribuyen en zonas Neotropicales, resaltando la alta riqueza para la SBC (Figuras IV.82). La región Neártica (porción Noreste del SAR) se encuentra representada por especies de talla mediana, principalmente carnívoros y artiodactylos, sin embargo, también existen registros de especies con hábitos Neotropicales (Murciélagos, armadillos, tlacuaches, etc), esta diversidad se encuentra representada por aproximadamente 30 especies, siendo los Bosque mixtos (Pino, Encino) los que mayor riqueza reportan; entre las especies de mayor valor biológico de la zona se encuentran los linces (*Lynx rufus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), ambas especies son indicadoras de la estabilidad de estos ecosistemas (Barrera, 1953, 1963 y 1968). Dentro del SAR existen muchas especies que han modificado sus hábitos, que han dejado la seguridad que les brinda las masas boscosas para acercarse a los sitios de actividad humana; un ejemplo típico son el mapache (*Procyon lotor*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*), entre otras, todas ellas han encontrado en las orillas de las zonas urbanas la disponibilidad de ciertos recursos para su sobrevivencia. Algunas especies han logrado convertirse en “plaga” para los humanos, ya que en la búsqueda de alimento han causado la destrucción de sembradíos y en algunos casos han provocado zoonosis.

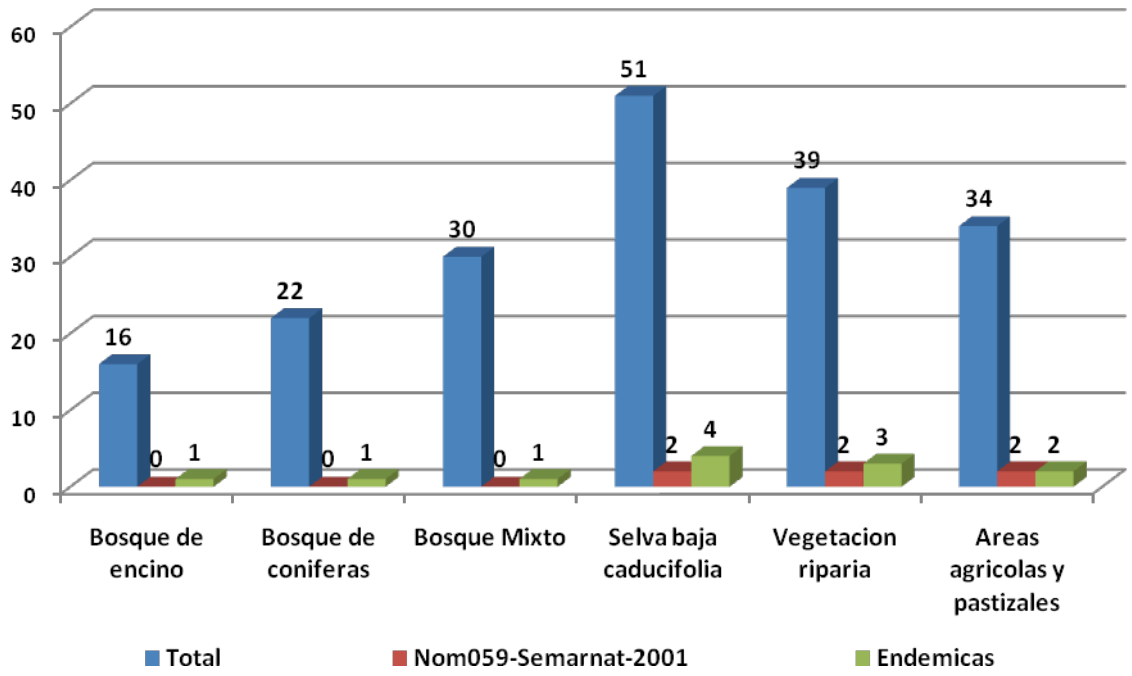


Figura IV.82. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Mamíferos reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Para el grupo de Mamíferos la generación del GARP, se asoció principalmente a diferentes condiciones ambientales, tales como precipitación, temperatura, elevación sobre el nivel del mar, geología y las diferentes localidades de muestreo obtenidas durante la estancia en campo, así como datos de colecta del CIB-UAEM, como resultado se obtuvo que los mayores centros de diversidad y riqueza se encuentran en la porción Sur y Sureste del SAR, en estas áreas se distribuyen los principales centros de cultivo y macizos de vegetación caducifolia, que ven su interconexión a través de los corredores naturales generados por los escurrimientos perenes e intermitentes. Esta riqueza se encuentra conformada principalmente por roedores y murciélagos, seguido por carnívoros, marsupiales y lagomorphos.

En el caso de los Bosques templados, la riqueza esta representada principalmente por roedores, y carnívoros, sin embargo, la baja diversidad de especies se encuentra influencia por el gradiente altitudinal y las condiciones de clima y precipitación, estos factores determinan en gran medida la distribución de las especies de Mamíferos dentro del SAR.

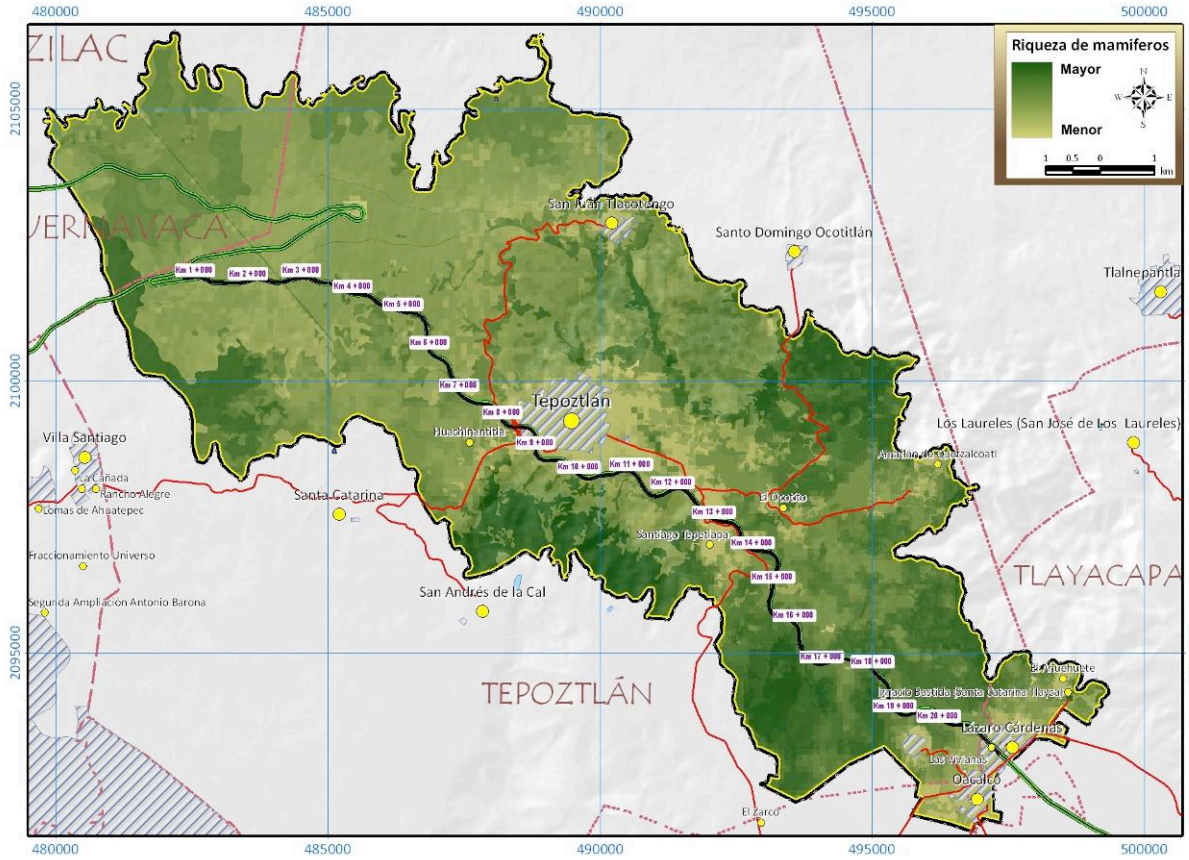


Figura IV.83. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de los Mamíferos dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Distribución de la fauna por Asociación vegetal

La flora influye en gran medida en los patrones de distribución y en la abundancia de la fauna silvestre. Esto se debe a que los cambios en los tipos de vegetación inciden en la disponibilidad de alimento y refugios. Cada tipo de vegetación presenta características fisonómicas y estructurales propias como diversidad, formas dominantes, estructura, estacionalidad y productividad.

En el caso de la asociación fauna–vegetación se realizó el estudio minucioso de los patrones de distribución potencial de las 352 especies de vertebrados registradas para el SAR. Debido a que el sistema se encuentra representado por 5 tipos de vegetación[4] primaria (Bosque de encino, Bosque de coníferas, Bosques Mixtos, Selva baja caducifolia y Vegetación ripiaría) y asociaciones secundarias (Agricultura y Pastizales) se idéntifico la distribución potencial de cada una de las especies sobre los ecosistemas antes

[4] Cabe señalar que parte del SAR se ubica en la zona Norte del estado de Morelos, mismo que presenta elementos florísticos de afinidad Neártica (*Quercus, Pinus, Arbutus, Arctostaphylos, Castilleja y Penstenon*; Monroy y Taboada, 1990). Este tipo de vegetación se encuentra asociada a la provincia denominada Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978), en dicha provincia se presentan parte de las mayores elevaciones montañosas del país (5,000 m) mismas que propician la diferenciación de especies y al mismo tiempo el desarrollo de endemismos.

mencionados. En las siguientes líneas se describe el número de especies asociadas a cada uno de los ecosistemas, la importancia de los grupos faunísticos, así como el grado de endemismo y el estatus de riesgo que guardan de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Bosque de Encino (Incluye Bosque de Encino Perturbado y Zona de transición entre Matorral rosetófilo crasicaule y Bosque de encino)

Este tipo de vegetación se distribuye principalmente en la parte Noreste del SAR y se caracteriza por la dominancia del género *Quercus*; que es una comunidad densa, cuyos componentes forman un dosel de altura uniforme, las copas de las especies del estrato dominante cubren entre un 50 y 60% de la superficie. Su distribución ocupa 3,263.18 Ha dentro del SAR. Los Encinares además de presentarse como vegetación dominante, a menudo pueden verse asociados a otros tipos de plantas, que permiten el desarrollo de distintas comunidades, ya sean vegetales o faunísticas; en este caso, se asociaron los elementos de Matorral rosetófilo crasicaule, que se encuentran al Norte del Sistema. Durante los muestreos de fauna se ubicaron Manchones de Encinares perturbados por acción de las actividades humanas, mismas que propiciaron una pérdida de la riqueza faunística. En cuanto a las zonas conservadas es posible apreciar un amplio espectro de diversidad, la cual no se compara con la existente en las zonas perturbadas, sin embargo, se consideró la biodiversidad de ambas zonas. En total para las asociaciones de Bosque de encino con elementos de Matorral rosetófilo se obtuvo una distribución potencial de 131 especies, en este caso, se consideraron aquellas con hábitos mas especialistas, esto se debe a que en la diversidad calcula para el SAR es considerada en un 78% de hábitos generalistas y abundantes. De las 131 especies con distribución potencial 15 son anfibios, 19 son reptiles, 81 son aves y 16 son mamíferos, del total 23 especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (6 como amenazadas, 16 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción, Tabla IV.29).

Tabla IV.29. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en los Bosques de encino y en las asociaciones de Matorral rosetófilo y Bosque de encino

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	3	5	-	7	15
Reptiles	3	7	1	8	19
Aves	-	4	-	77	81
Mamíferos	-	-	-	16	16
Total	6	16	1	108	131

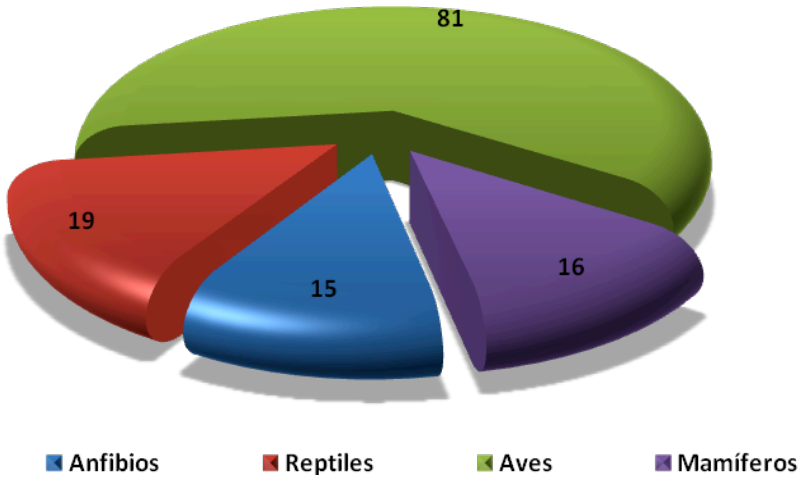


Figura IV.84. Número de especies con distribución potencial sobre los Bosques de encino y Matorral rosetofilo

La herpetofauna presente en el Bosque de encino suma un total de 34 especies, pertenecientes a 11 familias y 2 órdenes; del total de especies 19 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 como amenazadas, 12 bajo protección especial y 1 una en peligro de extinción (Tabla IV.30). En el caso de los anfibios las comunidades se encuentran distribuidas principalmente donde la humedad es elevada debido a que la cobertura vegetal brinda la capacidad de retención de agua, en este tipo de vegetación se distribuyen salamandras (*Pseudoeurycea leprosa*), ranas arborícolas (*Hyla arenicolor*), que son especies con extrema especialización ecológica y marcadas preferencias en cuestión de hábitat; en la zona Norte del SAR se distribuye una de las mayores zonas de recarga de mantos freáticos, que provee de la humedad necesaria para el desarrollo de este grupo de animales.



Figura IV. 85. *Pseudoeurycea sp. e Hyla arenicolor*

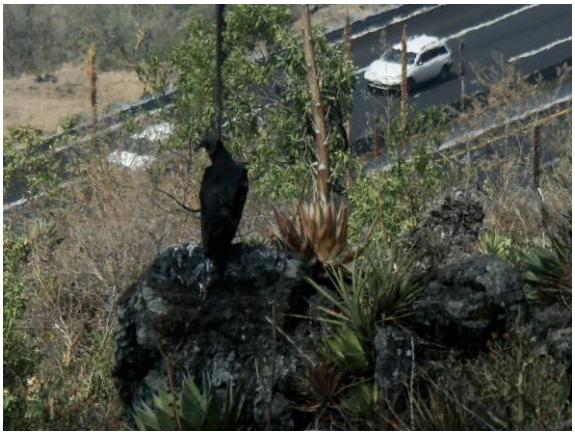
En cuanto a Reptiles, a diferencia de los Anfibios, son un grupo faunístico con amplia distribución como es el caso de *Sceloporus aeneus* (lagartija escamosa) y algunas especies de la familia Viperidae. Este grupo se encuentra conformado por 19 especies, agrupadas en 13 familias. El grado de endemismo para este grupo se encuentra representado por 11 especies, de estas 6 están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, por la distribución potencial de las 19 especies, el registro total de especies protegidas es de 11 especies (3 Amenazadas, 7 proteccion especial y 1 en peligro de extinción, Tabla IV.30)

Tabla IV.30. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial en los Bosques de encino y el Matorral rosetófilo crasicaule y que se encuentran sujetos a protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Hyla plicata	E	A
Pseudoeurycea belli	E	A
Pseudoeurycea leprosa	E	A
Chiropterotriton orculus	E	Pr
Hyla smaragdina	E	Pr
Pseudoeurycea altamontana	E	Pr
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Reptiles		
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Phrynosoma taurus	E	A
Crotalus transversus	E	P
Barisia imbricata	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Eumeces copei	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Sceloporus grammicus	-	Pr

El Bosque de encino es el tipo de vegetación más idóneo para la distribución de un gran número de Aves, ya que muchas de las especies se mueven a través del dosel y se alimentan de los frutos de una gran variedad de arboles, para esta asociación se identificó la distribución potencial de 81 especies, todas ellas agrupadas en 16 familias y 5 órdenes.

Durante los muestreos de campo se identificaron 34 especies de Aves, siendo las especies más abundante el zopilote (*Cathertes aura),* el copeton (*Ptilogonys cinereus*), el papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*) y el tirano (*Myiarchus tuberculifer*). De las 81 especies de Aves con distribución potencial, 4 se encuentran catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo el estatus de protección especial (Tabla IV.31). En lo que respecta a las especies con distribución sobre el Matorral rosetófilo solo se identificaron algunas Aves de talla grande, en este caso 24 individuos de zopilote negro (*Coragyps atratus*) y 4 gavilanes (*Buteo nitidus*)



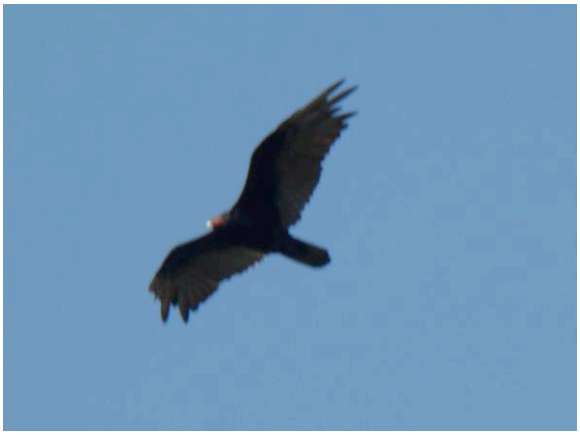


Figura IV.86. *Cathartes aura y Coragyps atratus*, especies más abundantes dentro de los Bosques de encino y Matorral rosetofilo. El *Coragyps* fue fotografiado en la región Noreste del SAR, cerca de la Pera

Tabla IV.31. Especies de aves catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010y que presentan distribución potencial dentro del Bosque de encino y el Matorral rosetofilo

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
Dendrortyx macroura	Pr
Accipiter striatus	Pr
Buteo platypterus	Pr
Streptoprocne semicollaris	Pr

Para el caso de los Mamíferos; se identificó la distribución potencial de 16 especies, que se agrupan en 6 órdenes y 8 familias. Para este grupo no se registraron especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Durante el trabajo de campo, se observaron en distintos puntos excretas de zorra gris (*Urocyon cineroargenteus,* Lámina 62, Anexo 2), tlacuache (*Didelphis virginiana*), Ardilla (*Spermophilus variegatus*) y Coyote (*Canis latrans*), de este último se pudieron tomar muestras de pelo, las cuales fueron sometidas a diferentes procesos para realizar la identificación de especies, en este caso se obtuvo el registro de la presencia de *Peromyscus melanophrys*, estos resultados fueron comparados con los proporcionados por Jaramillo (2009).

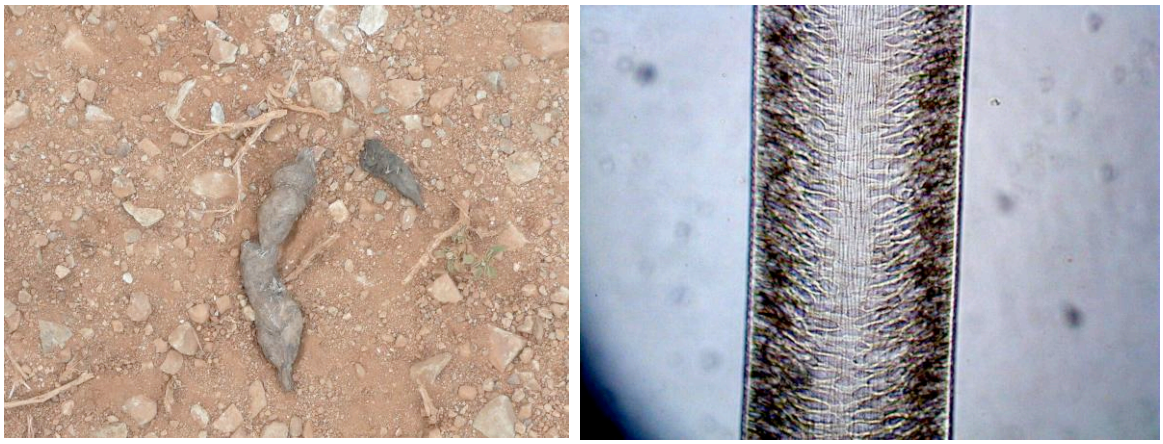


Figura IV.87. Izquierda. Excreta de *Canis latrans* encontrada sobre un camino dentro de los Bosques de encino del SAR. Derecha, pelo de *Peromyscus melanophrys* encontrado en la excreta de coyote y procesada bajo las técnicas de aclarado propuestas por Jaramillo (2009)

Durante los muestreos en campo se pudo identificar a través de diferentes transectos[5] la abundancia de *Sciurus aerogaster*, esto se realizó a través del conteo de letrinas, de los 10 sitios muestreados se obtuvo el registro de 44 letrinas, esto arroja la presencia de una ardilla cada 22.72 m. Sin embargo, durante los muestreos prospectivos sobre el derecho de vía se identifico la presencia de 12 individuos de esta especie atropellados.



Figura IV.88. Identificación *de Sciurus aerogaster* atropellado en distintas localidades sobre el trazo entre el Km 0+800 al 6+400

La identificación de esta especie se realizó a través de los cadáveres encontrados durante los días de muestreo, en algunos casos los individuos los restos no permitían realizar dicha identificación, sin embargo, a través del método de aclarado y observación al microscopio del pelo de guardia, se logró identificar a diversas especies de mamíferos que se encontraron atropelladas.

[5] Cada transecto tenia una longitud de 100m



Figura IV.89. Identificación de especies atropelladas a través de las técnicas de aclarado de pelo de guarda propuestas por Jaramillo (2009)

En resumen de las 131 especies de vertebrados con distribución potencial dentro de los Bosques de encino y Matorral rosetófilo, se identificó a través de distintos métodos la presencia de 49 especies, siendo el grupo más abundante el de los Reptiles, seguido por el grupo de las Aves.

Bosque de Coníferas (Incluye Bosque de Pino, Bosque de Abies).

Los Bosques de coníferas que se distribuyen dentro del SAR están constituidos por especies de Pinos, Abies que ocupan un total de 206.79 Ha, es decir, 1.79% del sistema. Este tipo de vegetación se distribuye en la región Norponiente del SAR, sus rangos altitudinales oscilan entre los 1,800 y 3,000 m, que presentan comunidades mixtas en diferentes zonas del polígono. Dentro de este tipo de vegetación se pudo observar zonas perturbadas que han sido modificadas por las diferentes actividades antropogénicas originando asociaciones con diferentes estratos vegetales. Estas condiciones han sido aprovechadas por diferentes grupos de vertebrados, por lo que la distribución esta conformada de la siguiente forma; 8 especies de Anfibios, 12 especies de Reptiles, 56 de Aves y 22 especies de Mamíferos (Figura IV.90).

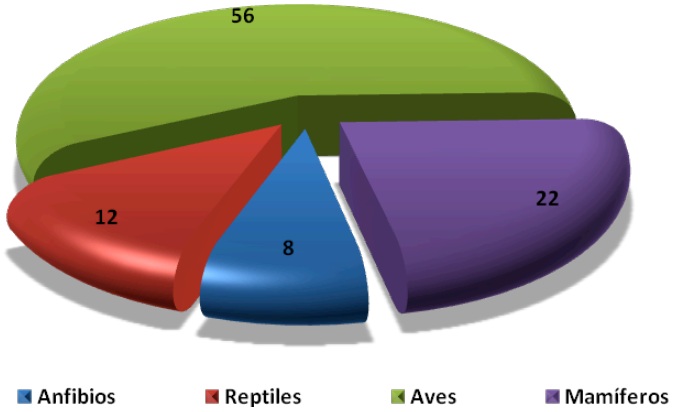


Figura IV.90. Número de especies con distribución potencial sobre los Bosques de coníferas

Del total de especies con distribución potencial se obtuvo que 17 especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 5 como amenazadas, 10 bajo protección especial y 2 en peligro de extinción (Tabla IV.32).

Tabla IV.32. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010con distribución potencial en los Bosques de coníferas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	2	4	-	2	8
Reptiles	3	3	2	4	12
Aves	-	3	-	53	56
Mamíferos	-	-	-	22	22
TOTAL	5	10	2	81	98

Herpetofauna

La Herpetofauna se encuentra representada por 20 especies, que por su potencial de distribución se pueden encontrar en otros tipos de vegetación (Bosque mixto y pino-encino). Entre las especies abundantes para estos ecosistemas destacan los micruridos y viperidos, así como una gran variedad de ranas (generos *Hyla* y *Rana*) y lagartijas de estas últimas se registraron una gran cantidad, especialmente del género *Sceloporus* y *Basiria*.



Figura IV.91. Individuos del genero *Basiria* y *Sceloporus* encontrados dentro de los Bosques de coníferas

Del total de reptiles y anfibios con distribución potencial en los Bosques de coníferas se identificaron 14 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de estas 5 están amenazadas, 7 bajo protección especial y 2 en peligro de extinción (Tabla IV.32).

Tabla IV.33. Especies de Reptiles y Anfibios con distribución potencial en los Bosques de coníferas y se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Pseudoeurycea belli	E	A
Pseudoeurycea leprosa	E	A
Hyla smaragdina	E	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Chiropterotriton orculus	E	Pr
Pseudoeurycea altamontana	E	Pr
Reptiles		
Phrynosoma taurus	E	A
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Crotalus transversus	E	P
Barisia imbricata	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr



Figura IV.92. *Crotalus transversus*, especie catalogada bajo el estatus de peligro de extinción

De acuerdo al listado de distribución potencial se identificó que en estos tipos de bosques se distribuyen un potencial de 56 especies de Aves, la mayoría de ellas arraigadas a este tipo de ecosistema, esto se debe a que muy pocas de las Aves Neotropicales pueden adecuarse a las condiciones de estos ecosistemas, ya que la altitud y el clima dificultan mucho su distribución. De las 56 especies con distribución potencial, se identificó que el 5.35% de las especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.34. Especies de Aves con distribución potencial en los Bosques de coníferas y que se encuentran sujetas a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Dendrortyx macroura	Gallinita de monte	Pr
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
Buteo platypterus	Gavilán aludo	Pr

Durante los muestreos en campo, solo se lograron identificar 21 especies de Aves, 5 de ellas pertenecen al orden de los falconiformes, 1 al grupo de los galliformes, 14 a los paseriformes y 1 al grupo de los piciformes. Este numero de registros representa el 37.5% de la riqueza estimada para las Aves en este tipo de ecosistema.

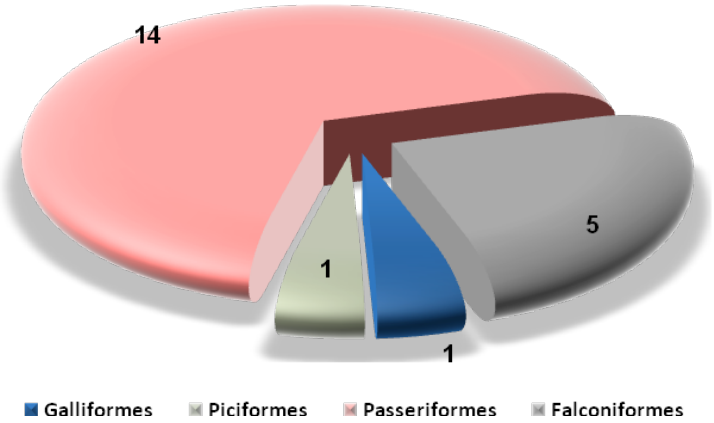


Figura IV.93. Número de especies de los distintos ordenes de Aves registradas en los Bosques de coníferas.

En cuanto a los Mamíferos, solo se identificaron 7 especies, esto a través de los rastros encontrados, excretas, madrigueras, restos óseos. De acuerdo a la estimación de diversidad regional para estos ecosistemas, la riqueza de la mastofauna se estima en 22 especies, ninguna de las especies potenciales se encuentran catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre las especies mas comunes que se registraron se encuentran los tlacuaches (*Didelphis virginiana*), el Mapache (*Procyon lotor*), la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), el tejon y la ardilla (*Sciurus aerogaster*).



Figura IV.94. Excretas y huellas de distintas especies de mamíferos

Bosque Mixto (Encino-Pino, Pino – Encino, Oyamel - Encino)

El Bosque mixto se encuentra constituido por diferentes especies del genero *Pinus, Abies* y *Quercus*, que están restringidos a diferentes puntos del SAR, con una extensión de 1,351.43 Ha es la tercera asociación mas importante del sistema. La distribución de este tipo de vegetación se encuentra muy dispersa; en ella es posible observar interacción con especies arbóreas y arbustivas secundarias, que derivan de las distintas actividades antrópicas de la zona. Al igual que los Manchones de Coníferas, estos bosques son macizos continuos que se encuentran al Norte del sistema, porque la diversidad de especies se encuentra muy limitada, esto obedece a las condiciones abióticas donde se distribuyen, ya que el gradiente altitudinal es la principal limitación para la distribución y colonización de estas áreas.

La información obtenida durante los muestreos en campo y el análisis en gabinete arrojó la distribución potencial de 144 especies, siendo el grupo de las Aves el mejor representado con 89 especies, seguida de los Mamíferos con 30 especie, los Reptiles con 18 y los Anfibios con 7. De las 144 especies registradas se identificó un potencial de 20 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, además de la presencia de 25 especies endémicas.

Tabla IV.35. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en los Bosques de coníferas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	2	3	-	2	7
Reptiles	3	5	1	9	18
Aves	-	6	-	83	89
Mamíferos	-	-	-	30	30
TOTAL	5	14	1	124	144

La herpetofauna que habita este tipo de vegetación es de gran interés (Contreras *et al*. 2006), pues en ella se distribuyen especies que se comparten directamente con el Bosque de coníferas, así pues, se distribuyen especies como *Hyla eximia* (Lámina 52, Anexo 2), ya que sus hábitos la reducen a los afluentes presentes en estas zonas, debido a que las condiciones presentes son idóneas para su desarrollo, cabe hacer mención que algunas especies de la familia Ranidae son muy abundantes. Para el caso de los reptiles 18 especies se encuentran asociadas al Bosque mixto, destacando la presencia de algunas especies del género *Crotalus* (*C. durisus, C. transversus)* y algunas especies de lagartijas como *Sceloporus grammicus*, *Anolis nebolosus* y *Sceloporus aeneus*, entre otras.

Tabla IV.36. Especies de Reptiles y Anfibios con distribución potencial en los Bosques de mixtos y que se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Barisia imbricata	E	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Phrynosoma taurus	E	A
Eumeces copei	E	Pr
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Micrurus laticollaris	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Crotalus transversus	E	P

Según datos del Laboratorio de Ornitología de la UAEM y con base a la consulta bibliográfica, se determinó que en este tipo de vegetación habitan 89 especies de Aves; que se encuentran representadas por avifauna del eje Neovolcánico. Entre ellas destacan la primavera real, *Turdus migratorius*), primavera huertera, el capulinero gris (*Ptilogonys cinereus*), la monjita de capucha azul (*Euphonia elegantissima*). Se distribuyen también especies de la familia Accipitidae (*Buteo swainsoni, Parabuteo unicinctus*). Durante los trabajos en campo se obtuvieron los registros visuales de 78 individuos, identificando en total 43 especies de Aves (1 Coraciforme, 4 Apodiformes, 1 Strigiforme, 2 Columbiformes, 3 Falconiformes y 32 Passeriformes).

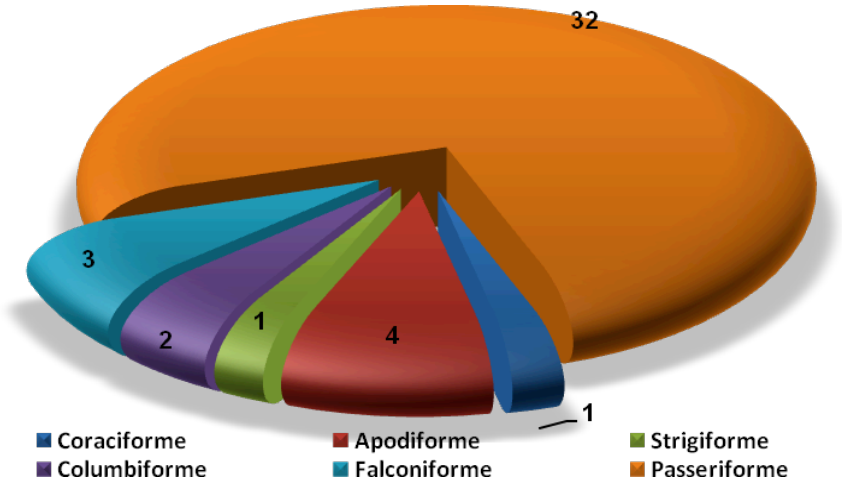


Figura IV.95. Número de especies de los distintos ordenes de Aves registradas en los Bosques mixtos

La diversidad de Aves registrada en este ecosistema representa el 19.11% del total de Aves para el SAR, esto ayuda a concluir que aunque la superficie de este tipo de ecosistemas es bajo, la calidad de hábitat provee de buenos nichos para las distintas especies de Aves del SAR.

Tabla IV.37. Especies de Aves con distribución potencial en los Bosques mixtos y se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endémica
Dendrortyx macroura	Pr	-
Accipiter striatus	Pr	-
Buteo platypterus	Pr	-
Falco peregrinus	Pr	-
Nyctiphrynus mcleodii	Pr	E
Streptoprocne semicollaris	Pr	E

La mastofauna que se distribuye en este tipo de ecosistemas esta conformada por 30 especies. Así como en los otros tipos de hábitat se puede encontrar especies poco conspicuas (*Leptonycteris curasoae, Choeronycteris mexicana*), y presencia de especies generalistas, tal es el caso de la zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*), del coyote (*Canis latrans*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), entre otros. Durante la prospección se encontraron excretas de zorra y algunas ardillas.

Vegetación riparia

Este tipo de vegetación es característica de los afluentes perennes, su distribución dentro del SAR suele ser discontinua, debido a las condiciones del relieve. Desde el punto de vista faunístico, es importante, ya que es hábitat de numerosas especies, además de servir como corredores biológicos entre diferentes asociaciones vegetales que las rodean. Estos ecosistemas se han ido perdiendo paulatinamente, ya que su suelo es muy fértil y en su mayoría es utilizado para la expansión de las zonas agropecuarias, factor que propicia su degradación. Dentro del SAR se cuantifican cerca de 42.75 Ha de estos ecosistemas.

La Vegetación riparia provee de alimento y refugio a una elevada diversidad faunística. Para el SAR se tienen identificadas un total de 202 especies, que se encuentran divididas en 9 anfibios, 20 reptiles, 134 aves y 39 mamíferos (Figura IV.96).

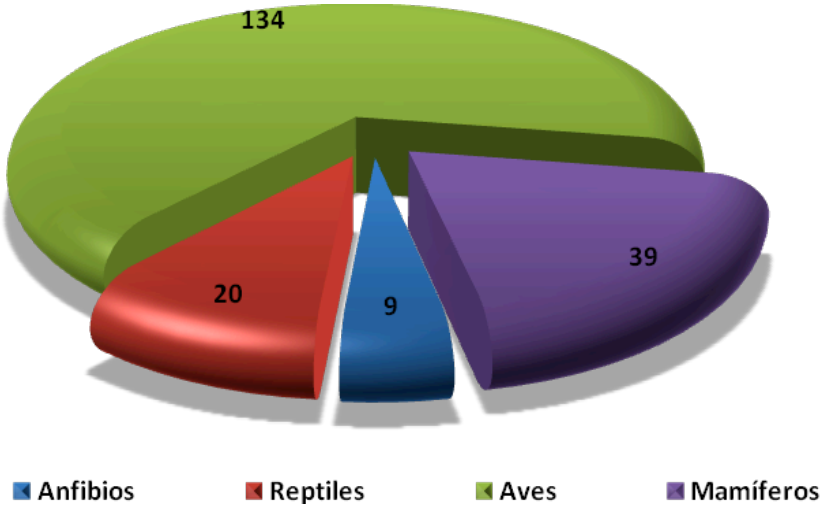


Figura IV.96. Diversidad faunística asociado a la Vegetación acuática del SAR

De las 29 especies de Herpetos que se distribuyen en este tipo de ecosistemas destaca la presencia de los Anfibios; debido a que estas zonas son la principal región de abundancia y diversidad, aunque dentro del SAR existen canales de riego, estas áreas son las más idóneas para el desarrollo de este grupo de animales. En cuanto a los Reptiles se observaron diversas especies, destacando *Ctenosaura pectinata,* los lugareños reportan la presencia de *Boa constrictor* y *Kinosternon integrum*; estas especies tienen gran plasticidad. Del total de Herpetos registrados para esta asociación, 8 especies se encuentran bajo el estatus de protección especial y 2 como amenazadas, NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.38).

Tabla IV.38. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial sobre los Bosques de galería y que se encuentran catalogados en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Reptiles		
Abronia deppei	E	Pr
Sceloporus grammicus	-	Pr
Boa constrictor imperator	-	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Kinosternon integrum	E	Pr

Dadas sus características, la vegetación riparia representa un hábitat idóneo para la distribución de un gran número de Aves, se registraron 134 especies, 3 se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de protección especial. Las condiciones temporales y espaciales de este tipo de vegetación determinan la presencia de especies capaces de adaptarse a diferentes cambios tanto de humedad como de disponibilidad de alimento, las especies más representativas de esta asociación son las que pertenecen a la familia Tyrannidae (*Pyrocephalus rubinus, Empidonax minimus* y *Myiarchus tuberculifer*), además de especies como *Aratinga canicularis, Buteo nitidus, Parabuteo unincictus* y algunos granívoros que buscan resguardo en algún momento del día.

Para los Mamíferos constituye un importante hábitat; se tienen reportadas un total de 39 especies. Es posible encontrar en estas zonas a especies de canidos (C*anis latrans y Urocyon cineroargenteus*), que utilizan estos parches como corredores hacia otros tipos de vegetación. Muchas de las especies presentan hábitos nocturnos y generalistas, como los Procyonidos o Didelphidos, que se caracterizan por presentar hábitos omnívoros y amplios patrones de distribución (*Procyon lotor*, *Mustela frenata* y *Didelphis virginiana*, entre otros). Esta diversidad se caracteriza por la influencia de las regiones biogeográficas y sistema de montañas que rodea al SAR.

Tabla IV.39. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a la Vegetación acuática del SAR

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	2	-	7	9
Reptiles	2	5	-	13	20
Aves	-	3	-	131	134
Mamíferos	2	-	-	37	39
Total	4	10	0	188	202

Selva Baja Caducifolia (Incluye Selva Baja Caducifolia Perturbada)

La extensión de la SBC en el SAR es de 2,075 Ha, este tipo de ecosistema se distribuye principalmente hacia la región Sur y Sureste del polígono. En la SBC del SAR es posible encontrar a mas de 260 especies de elementos faunísticos de origen Neotropical, La composición de este tipo de vegetación es diversa, dentro de la zona de influencia del SAR se identificaron 2 tipos de Selva baja caducifolia conservada, que se desarrolla en Cerros de la región Centro del Sistema (Chalchipetl y las faldas del volcán Suchiooc) y la perturbada (en la región Centro y Centro-Sur del SAR), misma que presenta variaciones, estas se generan por la presencia de actividad antropogénica dando lugar a un Matorral secundario constituido por algunas especies de los géneros *Acacia, Salvia* y *Mimosa*, entre otros.

La Selva baja representa un importante refugio para muchas especies de animales, algunas sobreviven exclusivamente en este tipo de vegetación. En este ecosistema existe un potencial de distribución de 259 especies; de las que 9 especies pertenecen al grupo de los Anfibios, 40 a Reptiles, 159 Aves y 51 Mamíferos (Figura IV.97).

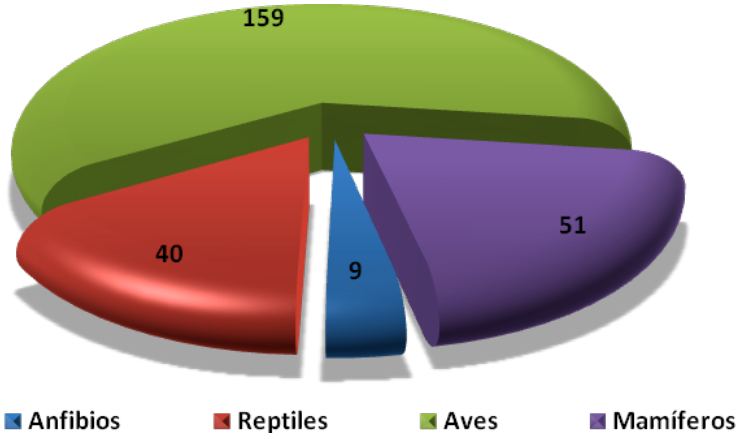


Figura IV.97. Diversidad Faunística presente dentro del Bosque Tropical Subcaducifolio

La diversidad de Anfibios y Reptiles que se desarrollan dentro de la SBC se encuentra conformada por 3 órdenes, 16 familias y 49 especies, de las que 18 se encuentran bajo algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.40). En este tipo de vegetación es común encontrar una mayor diversidad de Herpetos debido a las condiciones que se presentan y a la gran cantidad de hábitats disponibles; residen tanto especies generalistas con amplios rangos de distribución como algunas lagartijas como las *Sceloporus Horridus, S. grammicus, Urosaurus bicarinatus*, sapos (*Chaunus marinus*) entre otras; así como especies con rangos de distribución mas restringidos y con marcadas preferencias en lo que se refiere a la elección de su hábitat como es el caso de la rana esmeralda (*Hyla smaragdina*), y la boa (*Boa constrictor*).

Tabla IV.40. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial sobre la Selva baja caducifolia y que se encuentran catalogados en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Reptiles		
Abronia deppei	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Ctenosaura pectinata	E	A
Phrynosoma asio	E	Pr
Phrynosoma taurus	E	A
Sceloporus grammicus	-	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Heloderma horridum	-	A
Boa constrictor imperator	-	A
Imantodes gemnistratus	-	Pr
Lampropeltis triangulum	-	A
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Tantilla calamarina	E	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Crotalus transversus	E	P
Kinosternon integrum	E	Pr
Anfibios		
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr

La distribución de la Selva baja caducifolia que se presenta en el SAR es de importancia para la ornitofauna, debido a que este tipo de vegetación constituye un área de gran diversidad y endemismos; para estas áreas se tienen reportadas 159 especies divididas en 15 órdenes y 36 familias; de las que 5 especies se encuentran bajo el estatus de Protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.41). Esta franja de vegetación se caracteriza por la presencia de varias especies indicadoras de hábitat primario. En la parte Central del SAR este tipo de vegetación presenta pequeñas asociaciones con el Bosque de encino, que provee condiciones optimas para el traslape de la ornitofauna. De las especies observadas dentro de la SBC se puede mencionar al gavilán chapulinero, *Buteo swainsoni*, el quebrantahuesos (*Caracara plancus*), así como aves carroñeras, *Cathartes aura* y *Coragyps atratus*.

Tabla IV.41. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a la Vegetación acuática del SAR

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	2	-	7	9
Reptiles	5	10	1	24	40
Aves	-	5	-	154	159
Mamíferos	2	-	-	49	51
TOTAL	7	17	1	234	259

La interacción Mamífero-Planta, desempeña una importante función en la dinámica de la selva y de las comunidades de animales, debido a que los mamíferos son importantes polinizadores, dispersores y depredadores de las plantas, así que los patrones de distribución, abundancia y coexistencia de las especies están dados por las comunidades asociadas a dicha flora. Dentro del polígono de SAR se encuentran distribuidas comunidades muy variadas de Mamíferos, es fácil observar a individuos del orden Rodentia, así como a distintos miembros del orden Chiroptera. La gran diversidad mastofaunística está representada por 51 especies, que están distribuidas en 12 Familias y estos a su vez en 5 órdenes. Como se ha señalado el orden Chiroptera es muy diverso y abundante, estos tipos de organismos son esenciales en los ciclos tróficos, y en particular para la distribución del polen y semillas dentro de la Selva baja, el 45.5% de los registros obtenidos para este tipo de vegetación corresponde a este grupo. Dentro de este tipo de ecosistemas se encontraron rastros de diversas especies, como el caso del conejo castellano (*Silvilagus floridanus*), que fueron observados cerca de la caseta de Oacalco, además, se encontraron pellas (excretas) en sitios abiertos; cabe señalar que en esta área se encontraron diferentes tipos de casquillos de rifle, lo que hace suponer que esta especie es aprovechada por los pobladores de la comunidad. La diversidad de la mastofauna que se distribuye en la SBC está dada por la amplia disponibilidad de recursos, lo que permite un ciclo trófico entre las diferentes comunidades de vertebrados presentes en estos Ecotonos. Entre ellos destacan los roedores, ya que presentan una fácil adecuación, además de que sus poblaciones son muy numerosas, entre ellos están el ratón de abazones, *Liomys irroratus*, los ratones de campo (*Oryzomys couesi, Reithrodontomys sp Peromyscus sps, entre otras*), así como algunos carnívoros como la zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el mapache *Procyon lotor*, (Lámina 62, Anexo 2), el coatí *Nasua nasua*, (Lámina 62, Anexo 2) y algunos zorrillos (*Mephitis macroura, Conepatus leuconotus, Spilogale putorius*).

Durante los muestreos se obtuvieron registros de fauna atropellada, principalmente integrantes del grupo de los mamíferos, sin embargo, también se tienen registros de diferentes especies de Reptiles y Aves. La mayoría de las especies encontradas son de hábitos generalistas y de amplia distribución.



Figura IV.98. Especies de vertebrados encontrados atropellados sobre la carretera La Pera-Cuautla, en zonas donde se distribuye la Selva baja caducifolia

Agrosistemas y Pastizales. (Incluye zonas agrícolas de temporal y perennes, así como pastizales)

La distribución de las Zonas agrícolas en el SAR comprenden el 14.58% (1,717.63 Ha), estas asociaciones conforman la matriz en la que se encuentran embebidos algunos fragmentos de vegetación natural del SAR, la presencia de estos ecosistemas deriva de las actividades antrópicas que se han realizado en la región. Este factor ha originado que diversas comunidades sufran un reacomodo hacia las zonas más conservadas, otras tantas han logrado adaptarse y especializarse a los recursos presentes, Sin embargo, la suma de estos factores es una condicionante para la riqueza faunística de la zona. Con base en la consulta bibliográfica, colectas y entrevistas con los pobladores se llegó a cuantificar la

posible incursión de 123 especies de vertebrados terrestres, que se dividen de la siguiente manera: 13 especies de Herpetos; 76 especies de Aves y 34 de Mamíferos. De acuerdo a la consulta se determinó que dentro de estas zonas incursionan 11 especies con algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.42).

Tabla IV.42. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a los Agrosistemas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	-	-	1	1
Reptiles	1	4	-	7	12
Aves	-	4	-	72	76
Mamíferos	2	-	-	32	34
Total	4	7	0	112	123

De la anfibiofauna, se tienen registros de la ranita de las rocas (*Hyla arenicolor*) y de el sapo común (*Bufo marinus*), este último se observó atropellado en varios puntos a lo largo de la carretera; diversos estudios han demostrado que la abundancia de esta especie alcanza los 20 Individuos/100m^2 y su principal área de distribución son zonas con alto grado de perturbación[6], en especial aquellas con actividad antrópica; como ejemplo, destacan las Zonas de cultivo que se encuentran entre la comunidad del Oacalco y Tepoztlan. De acuerdo a la información obtenida, se identificó la distribución potencial de 3 especies de anfibios, ninguno de ellos bajo categoría de riesgo.

Los Agrosistemas y Pastizales son uno de los tres hábitats más importantes para la herpetofauna en la región en donde se ubica el SAR. Especies como *Sceloporus gadovia, S. Horridus, Urosaurus bicarinatus, Anolis nebulosus* y *Lampropeltis triangulum* son características de estos ecosistemas. Con la integración del listado faunístico y la asociación de las especies a los diferentes ecosistemas que se distribuyen en el SAR se identificó que para los agrosistemas y pastizales habitan 5 especies de herpetos bajo algún estatus de riesgo (*Abronia deppei, Phyosoma asio, Lampropeltis triangulum, tantilla calamarina y Ctenosaura pectinata*). Las Aves avistadas fueron, *Buteo nitidus, Falco sparverius, Molothrus aeneus, Turdus rufopalliatus, Passer domesticus, Columbina passerina, Quiscalus mexicanus, Bubulcus ibis y Caracara plancus*. La diversidad está integrada por 46 especies de las que 7 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.43)

[6] Lampo, M; De Leo, G.A. (1998). "The invasion , Ecology of the toad *Bufo marinus*: From South America to Australia". Ecological Applications. 8(2): 288-296.

Tabla IV.43. Especies de Aves que incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en las Zonas agrícolas y Pastizales

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
Buteo platypterus	Gavilán aludo	Pr
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr
Aratinga canicularis	Periquillo común	Pr

La diversidad mastofaunística que habita en este tipo de ecosistemas tiene valores reducidos, debido a que las especies originales fueron desplazadas por aquellas que presentan hábitos generalistas y de fácil adaptación, como el grupo de los roedores (con hábitos granívoros y beneficiados por la agricultura), los murciélagos (la mayoría frugívoros, con excepción de *Desmodus rotundus*), o aquellos carnívoros de talla mediana (*Urocyon cineroargenteus, Procyon lotor* y *Didelphis virginiana*, entre otros) que encontraron en estos ecosistemas alimento en abundancia. Con la información bibliográfica de la zona y la recabada en campo se obtuvo la distribución potencial de 34 especies de Mamíferos, el grupo de los murciélagos resultó el más diverso (47.05% de las especies registradas), seguido del grupo de los carnívoros (33.33%), roedores, marsupiales, lagomorfos y edentados conforman el 19.61% restante. Para esta asociación vegetal solo se registran 2 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.44).

Tabla IV.44. Especies de Mamíferos que incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en las Zonas agrícolas y Pastizales

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Choeronycteris mexicana	-	A
Leptonycteris curasoae	-	A

Estado de conservación de la Fauna

De las 352 especies de vertebrados con distribución potencial en el SAR el 11.36% de estas especies presentan algún estado de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), durante la identificación de los hábitos y ecosistemas de cada una de las especies enlistadas se identifico que el grupo de los herpetos son los más susceptibles (10 especies de Anfibios y 21 de Reptiles), seguidos por el grupo de las Aves (7 especies) y los Mamíferos (1 especie). De acuerdo a los rangos de distribución altitudinal tipo de vegetación, hábitos y estado de conservación de los ecosistemas se cuantifico que la mayor cantidad de especies en riesgo se distribuye en la Selva baja caducifolia (con 25 especies), seguida del Bosque de encino y del Matorral rosetófilo (con 23 especies), el Bosque mixto (con 20 especies), el Bosque de coníferas (con 16 especies), la Vegetación riparia (con 14 especies) y los Agrosistemas (con 11 especies) (Figura IV.99).

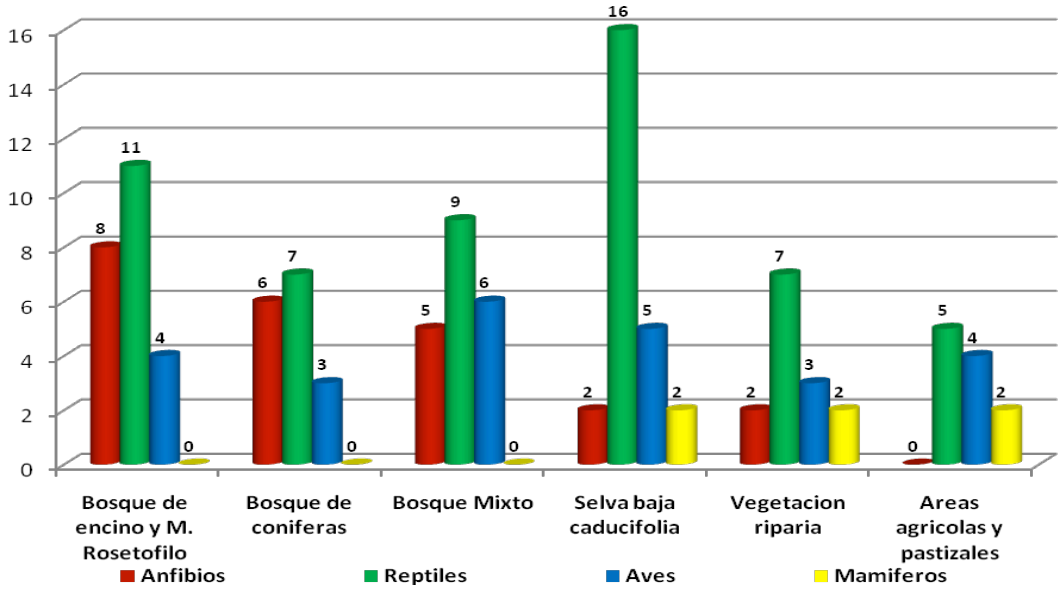


Figura IV.99. Número de especies potenciales catalogadas en la NOM059-SEMARNAT-2001 con distribución en los diferentes tipos de vegetación del SAR

Este análisis pudo comparar que las especies más susceptibles por cada uno de los tipos de vegetación son los Reptiles, esto se debe a que gran parte de las especies catalogadas pertenecen al grupo de las serpientes, estos organismos son considerados como no deseados y durante largo tiempo han sembrado miedo sobre la población humana, sin embargo, también existen especies que han sido utilizadas como alimento, tal es el caso Ctenosaura pectinata (Iguana prieta), esta especie ha sido explotada por los lugareños durante mucho tiempo, logrando reducir su hábitat a zonas muy especificas.



Figura IV.100. Captura de iguana para consumo humano (Imágenes de internet)

El segundo grupo que mayor afectación reportó es el de los Anfibios, esto se debe a que la pérdida de hábitat ha reducido significativamente la distribución de estas especies, restringiéndolas hacia las zonas más conservadas de los Bosques templados y de la Selva baja caducifolia. De acuerdo a los rangos de distribución, humedad relativa y tipo de vegetación, la mayor concentración de especies bajo estatus de conservación se ubica en los Bosques de encino, seguida de los Bosques de coníferas y Selva baja caducifolia.

Las Aves representan el tercer grupo con más especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (7 especies, lo que representa el 1.98% de la diversidad potencial del SAR), siendo el principal hábitat los Bosques mixtos, en ellos se distribuyen 6 de las 7 especies catalogadas, en ellos podemos encontrar distintos gavilanes y halcones, así como tapa caminos y pequeños gorriones. La segunda zona con mayores especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 es la Selva baja caducifolia, seguida del Bosque de encino y Vegetación riparia.

En lo que respecta al grupo de los Mamíferos solo se tienen identificadas 2 especies, ambas pertenecen al grupo de los quirópteros, estos organismos son considerados de acuerdo a sus hábitos y rangos altitudinales de distribución como especies Neotropicales, distribuyéndose principalmente sobre la Selva baja caducifolia y Vegetación ripiaría (Ceballos y Oliva 2005), presentando una distribución potencial sobre las áreas Agrícolas y Pastizales.

Tabla IV.45. Número de especies potenciales en cada uno de los ecosistemas del SAR y que se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Tipo de Vegetación	Número de Especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010				Total
	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	
Bosque de encino y M. Rosetófilo	8	11	4	-	**23**
Bosque de coníferas	6	7	3	-	**16**
Bosque Mixto	5	9	6	-	**20**
Selva baja caducifolia	2	16	5	2	**25**
Vegetación riparia	2	7	3	2	**14**
Áreas agrícolas y pastizales	-	5	4	2	**11**

Corredores biológicos dentro del SAR

Los estudios enfocados sobre la distribución de especies se concentran en identificar factores que influyen en ésta, con el objeto de identificar el área de distribución. Los métodos que se utilizan para modelar la distribución de especies han sido diversos y se consideran desde simplemente delimitar el contorno del área de distribución a partir de puntos de recolecta marginales hasta el uso de métodos cuantitativos (Rappoport, 1975; Sánchez Cordero et al 2001). La implementación de estas metodologías da como resultado la cuantificación de la riqueza en una determinada región. De acuerdo a Villa (2005), se pueden

clasificar a las especies según la extensión de su área de distribución, por ejemplo, aquellas que tienen una amplia distribución (son especies que fueron recolectadas o identificadas en más de un sitio con características fisiográficas y ambientales diferentes) y las locales (aquellas que presentaron registros en lugares más específicos, lo que permite caracterizar su reducida área de distribución y preferencias a ciertos ambientes).

La distribución de especies de vertebrados dentro del SAR se encuentra asociada principalmente a las condiciones fisiográficas de la región (altitud, latitud, topográfica, clima e historia geológica) y a la diversidad y heterogeneidad de los hábitats. De acuerdo a los parámetros biogeográficos para México (CONABIO; 1998), en el SAR convergen 2 regiones biogeográficas (la Neártica y la Neotropical), esta zona de contacto forma parte de la cuenca superior del Rio Balsas y se caracteriza por un elevado nivel de endemismo que se asocia de manera directa a los diferentes tipos de vegetación presente en la región (Ceballos y Oliva; 2005). En el caso del SAR, se distribuyen 4 tipos de vegetación primaria dominante, estas son los Bosques de encino (2,986 Ha), los Bosques mixtos (1,355 Ha), los Bosques de coníferas (206 Ha) y la Selva baja caducifolia (1,327.42 Ha); esta última se caracteriza por la pérdida de hojas y frutos durante la época de estiaje, lo que promueve a que gran parte de las especies que se habitan estas regiones en temporada de lluvias, se desplacen hacia la porción Norte del sistema donde encuentran hábitats con mayor cobertura vegetal (tanto en el estrato arbóreo como en el sotobosque) que les provee resguardo y sitios donde alimentarse (especies herbívoras y frugívoras).

Lo anterior se traduce en la disponibilidad de alimento para aquellas especies que se alimentan de esta producción primaria (plantas y frutos); dentro de estos gremios se encuentran una gran variedad de Aves y Mamíferos, entre ellos los venados (*Odocoileus virginianus*), conejos (*Silvilagus sp*), tlacuaches (*Dildelphis virginiana*), tejones (*Nasua nasua*) y diversas especies de murciélagos (*Artibeus hirsutus, Artibeus jamaicensis, Glossophaga soricina, Sturnira lilium*, entre otros). Por lo tanto, al ser las hojas, frutos y semillas un recurso indispensable, estas especies realizan movimientos entre la Selva baja caducifolia y los Bosques perennes al Norte del SAR y sitios donde existen cultivos de riego y temporal (maíz, frijol, calabaza, jitomate, caña, arroz, sorgo, durazno, ciruela, guayaba, capulín, nopal, entre otros). Estos desplazamientos pueden ser en forma diaria o estacional; aquí se incluyen los animales muy vágiles como las Aves y murciélagos, o estacionales como algunos Mamíferos medianos; como por ejemplo, la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), zorrillos (*Mephitis macroura y Conepatus leuconotus*), tejones (*Nasua nasua*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*) y mapaches (*Procyon lotor*).



Figura IV.101. Izquierda a derecha; *Nasua nasua, Urocyon cineroargenteus y Glossophaga soricina*, son especies de origen Neotropical con amplios rangos de desplazamientos dentro del SAR

Como resultado de estas interacciones se puede observar que durante la época de estiaje existe una mayor concentración de estos gremios (herbívoros y frugívoros) hacia las zonas con mayor cobertura vegetal y sitios donde existen agricultura de riego y de temporal, estas concentraciones promueven la vagilidad de especies carnívoras, entre ellas el coyote (*Canis latrans*), el lince (*Lynx rufus*), la comadreja (Mustela frenata) y diversas especies de Aves de rapiña (*Buteo swainsoni, Buteo albicaudatus, Buteo jamaicensis, Caracara cheriway, Falco sparverius, Falco columbarius* y *Falco peregrinus*); como resultado estos depredadores van siguiendo a las presas y tienen los mismos desplazamientos durante la época de estiaje.

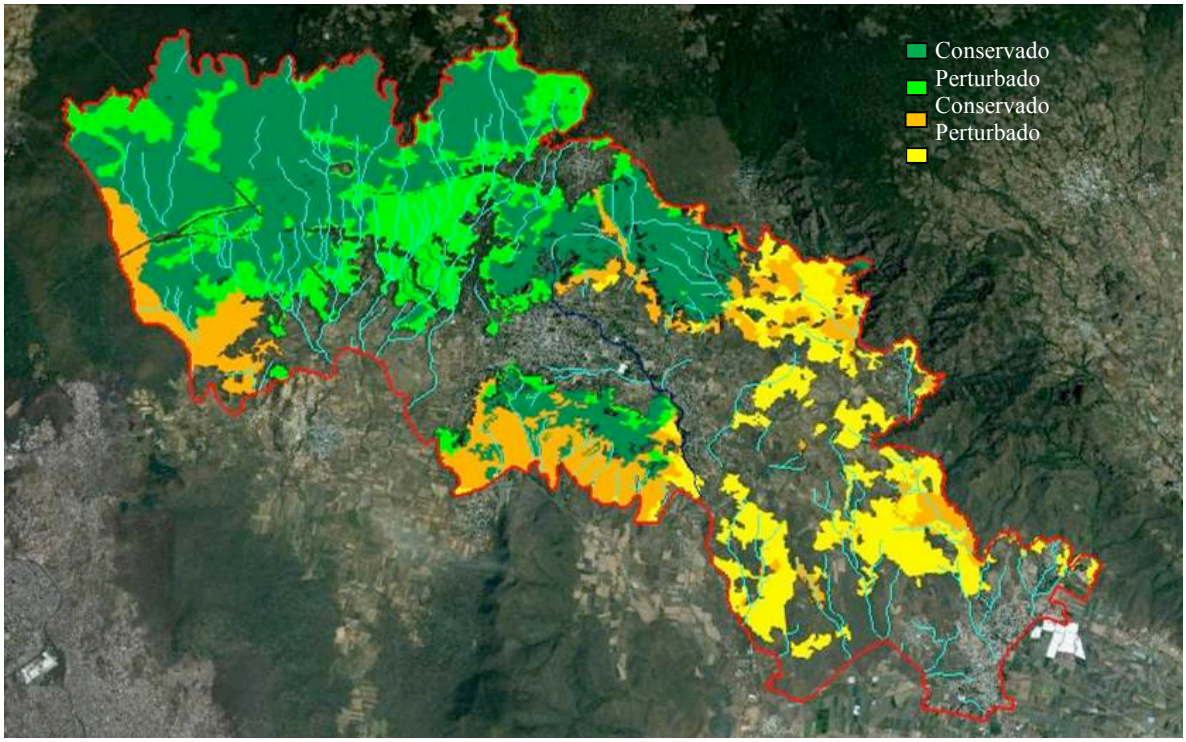


Figura IV.102. Principales corredores biológicos dentro del SAR, en tono verde se pueden apreciar los Bosques templados, en tono amarillo, la Selva baja caducifolia, estos sistemas presentan conexión entre la porción Norte y Sur a través de sistemas de escurrimientos superficiales

Cuando llegan las lluvias hay una producción masiva de los recursos alimenticios vegetales y los animales se vuelven a dispersar hacia la Selva baja para reducir la competencia y aprovechar los recursos. Por otra parte, también hay movimientos horizontales dentro de un mismo tipo de vegetación en las distintas estaciones del año. En la época de estiaje, debido a que el alimento escasea, es necesario recorrer mayores distancias para cubrir las necesidades de forrajeo. En la época lluviosa en cambio, cuando hay mayor disponibilidad y variedad de alimento, los desplazamientos horizontales son realizados para buscar mayor calidad de forrajeo.

En este caso destaca el venado colablanca (*Odocoileus virginianus*), que busca frutos más grandes y árboles con hojas más fáciles de digerir, así como muchos murciélagos y Aves

buscan semillas y frutas más ricas en proteínas como los frutos del capulín, ciruela y guayaba.



Figura IV.103. Izquierda a derecha; ***Procyon lotor, Falco sparverius, Buteo albicaudatus,* especies de hábitos carnívoros que se desplazan de acuerdo a la distribución del alimento**

Por otro lado hay que hecer notar que las unidades hidroforestales del SAR (asociaciones de Vegetación ripiaría y sitios con escurrimientos superficiales intermitentes) corren como franjas que cruzan de Norte a Sur el sistema, estas franjas se encuentran sujetas a inundaciones estacionales (época de lluvias), por lo cual, es utilizada por especies que se asocian a este tipo de ecosistemas como rutas de dispersión, colonización, reproducción y alimentación durante la época de lluvias

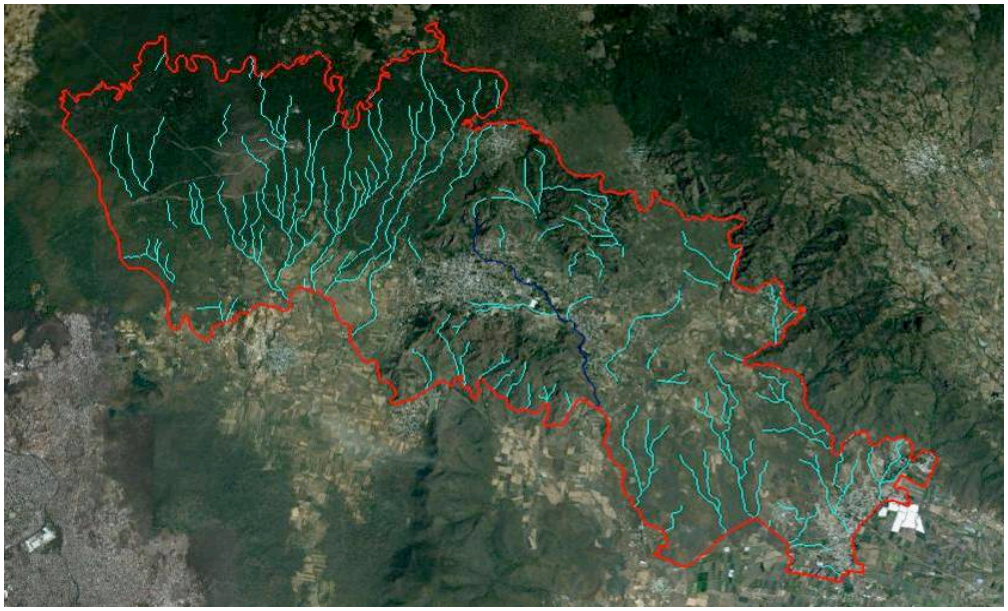


Figura IV.104. Escurrimientos superficiales del SAR, los cuales son utilizados como corredores biológicos entre la zona Norte y Sur del Sistema

Durante la estancia en campo se identificaron 22 zonas como pequeños corredores que utilizan los animales para cruzar el trazo en operación de la carretera La Pera–Cuautla; estas

se distribuían principalmente sobre asociaciones secundarias de Bosque de encino y Selva baja, en estas partes se identificaron como pasaderos entre los Bosques fragmentados por la carretera actual, en ellos se encontraron rastros de 9 especies de Mamíferos y 2 especies de Reptiles, la identificación de dicho rastros se realizo a través de guías especializadas (Tabla IV.46).

Tabla IV.46. Ubicación de las rutas de distribución de especies sobre el derecho de vía de la carretera actual identificadas a partir de huellas, excretas o avistamientos

Punto	Coordenadas	Punto	Coordenadas
1	14Q 483064 2101803	14	14Q 493256 2096602
2	14Q 486087 2101365	15	14Q 493160 2096264
3	14Q 486530 2101243	16	14Q 493124 2096034
4	14Q 486771 2100770	17	14Q 493349 2095644
5	14Q 487185 2100048	18	14Q 493594 2095506
6	14Q 487382 2099726	19	14Q 493649 2095186
7	14Q 487831 2099564	20	14Q 494290 2094877
8	14Q 488939 2098558	21	14Q 494833 2094885
9	14Q 489465 2098423	22	14Q 495208 2094567
10	14Q 490504 2098359	23	14Q 495386 2093952
11	14Q 491868 2097634	24	14Q 496155 2093981
12	14Q 492554 2097228	25	14Q 496473 2093731
13	14Q 493147 2096838		

Afinidad biogeografica

Según Goldman y Moore (1946) y de acuerdo al análisis de los datos del sistema de información geográfica, el SAR se encuentra enclavado en la porción Sur de la región Neártica (Provincia del eje Volcánico Transversal) y al Norte de la región Neotropical (Provincia de la cuenca del Balsas), lo que le confiere una serie de características ecológicas que aunadas a las fisiográficas, propician que se tengan una amplia diversidad de especies de vertebrados, muchas de estas encontrando las condiciones límites de su distribución.

Del listado generado a través de las bases de datos consultadas y los registros obtenidos en campo, se identificaron (144 especies con habitos Neárticos y 208 Neotropicales, se incuyen Anfibios y Reptiles) que los grupos mejor representados fueron el de las Aves y los Mamíferos, siendo este ultimo (en proporción al 45% de las especies potenciales de este grupo) el que presentó mayor afinidad hacia la región Neártica, sin embargo, ambos grupos presentaron elementos con afinidad Neotropical dentro de esta región (37.5% de las especies). Este traslape se debe principalmente a que un gran número de especies de hábitos Neotropicales se han adaptado a las condiciones de perturbación que existen dentro del SAR y han aprendido a dispersarse a través de estas unidades (Áreas agrícolas, Zonas de pastizal inducido, Bordes de áreas urbanas, Viveros, etc) logrando alcanzar diferentes latitudes (Figura IV.105).

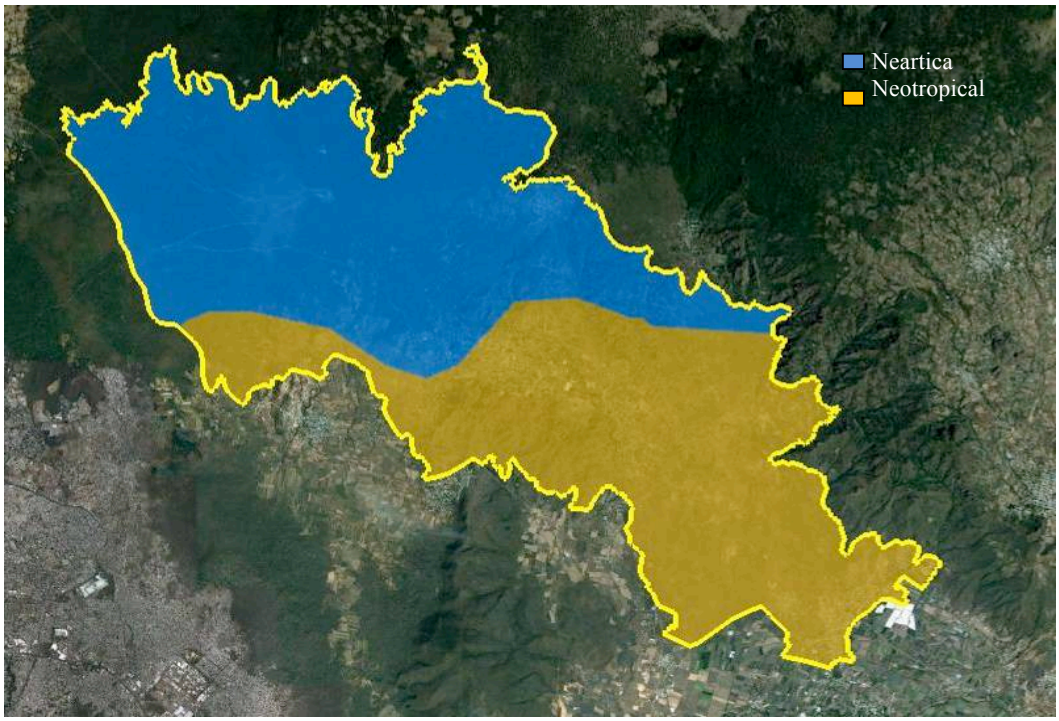


Figura IV.105. Distribución de las regiones biogeograficas dentro del SAR

Los corredores artificiales han permitido la propagación de especies generalistas, principalmente de origen Neotropical hacia los sitios más conservados del Norte del SAR (región Neártica), este efecto ha derivado en el desplazamiento de especies especialistas hacia regiones fuera del SAR, originando presiones inter/intraespecifica sobre el resto de las comunidades. En la Figura IV.106 se presenta los corredores creados por los habitantes del SAR que han favorecido el movimiento de especies generalistas; también en dicha imagen se nota la fuerte fragmentación para especies de hábitos restringidos que ha tenido el SAR en su parte Central y Sur.

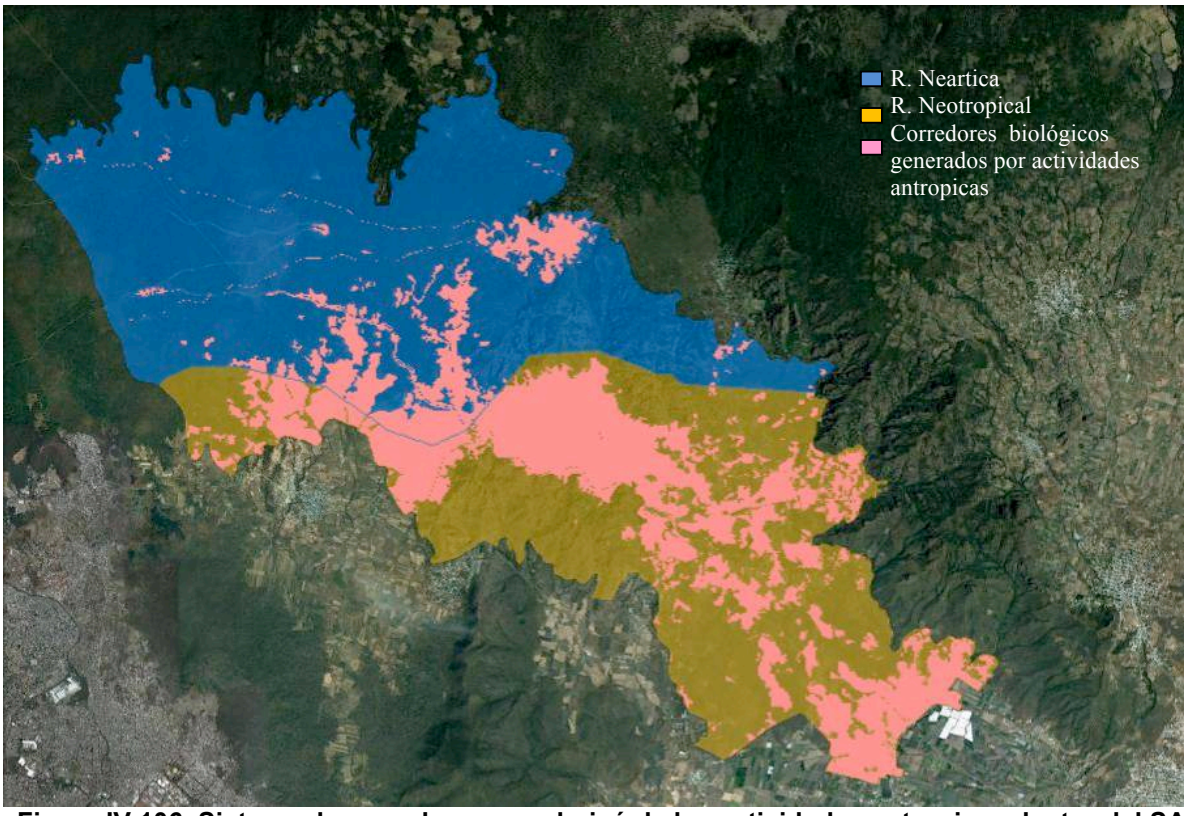


Figura IV.106. Sistema de corredores que derivó de las actividades antropicas dentro del SAR para especies generalistas, lo que ha permitido que muchas especies de origen Neotropical y hábitos generalistas hayan invadido y desplazado a especies de origen Neartico hacia zonas más conservadas dentro y fuera del SAR

Entre las especies de origen Neotropical que presentan registros y distribución sobre las áreas Neárticas, se pueden mencionar a 44 especies de Aves, 8 especies de Reptiles, 3 especie de Anfibios y 10 especies de Mamíferos (45.13% de la diversidad potencial para las regiones Neárticas), es decir, el 18.46% de la diversidad de especies potenciales que presenta el SAR. Entre estas especies podemos destacan *Bufo marinus, Hyla sp, Sceloporus horridus, Micrurus laticolaris, Crotalus* sp., *Ctenosaura pectinata, Didelphis virginiana, Bassariscus astutus, Nasua nasua, Mephitis macroura, Conepatus leuconotus, Procyon lotor, Odocoileus virginianus, Artibeus hirsutus, Artibeus jamaicensis, Glossophaga soricina, Sturnira lilium, Buteo swainsoni, Buteo albicaudatus, Buteo jamaicensis, Falco sparverius, Falco columbarius, Falco peregrinus*, entre otros.

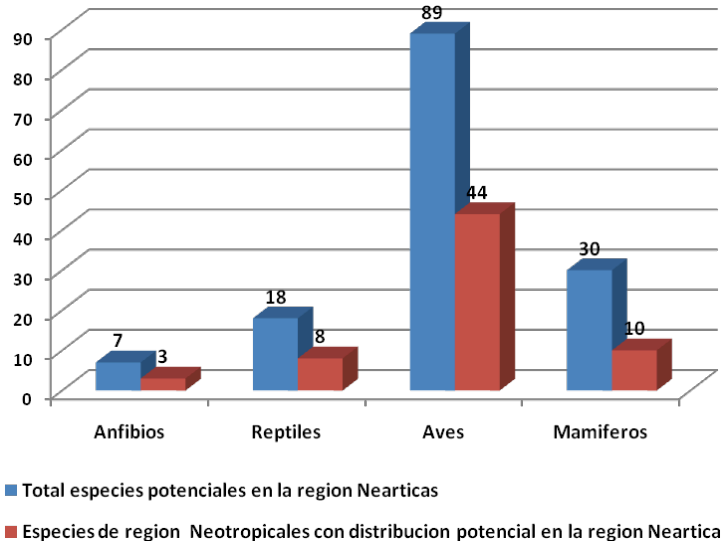


Figura IV.107. Grafico de la distribución especies en la región Neártica, se puede observar que el 45.13% de las especies son de hábitos Neotropicales

En lo que respecta a las especies con distribución en la región Neotropical, se tiene un potencial de 259 especies, de esta diversidad se identificaron a 39 especies de origen Neártico (2 Anfibios, 5 Reptiles, 18 Aves y 14 Mamíferos), entre las especies que destacan se encuentran los roedores y murciélagos, estos organismos se caracterizan por formar parte de la dieta de una gran variedad de carnívoros, especialmente de las Aves de presa y Mamíferos medianos. La proporción de especies de origen Neártico con distribución sobre las regiones Neotropicales equivalen al 11.07% de la diversidad potencial del SAR.

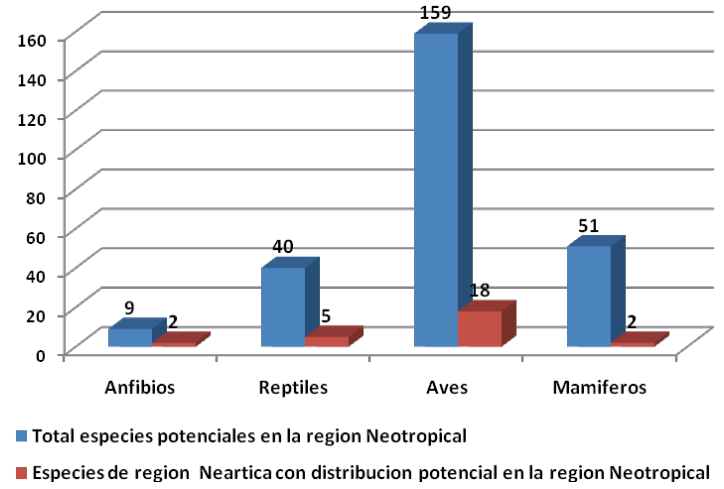


Figura IV.108. Grafico de la distribución de especies en la región Neotropical, se puede observar que el 10.42% de las especies son de hábitos Neárticos

Como resultado del análisis anterior se puede identificar que las especies de origen Neotropical son mas ávidas para poder colonizar nuevos territorios, esto se debe a que la

principal fuente de cambio es la presencia de actividades humanas, lo que le permite aumentar poco a poco sus rangos de distribución; como consecuencia existe el desplazamiento de aquellas especies autóctonas de la región Neártica hacia otras regiones. Se hace hincapié, que los limites en la distribución de especies Neotropicales estaba limitada hasta hace unos años, por el gradiente altitudinal y el tipo de vegetación, sin embargo, al desaparecer esta última se han obtenido regiones que son susceptibles a ser colonizadas (efecto borde).

Patrones de distribución de Aves

La distribución espacial de una comunidad de Aves y sus niveles de solapamiento[7] dentro del SAR se asocian principalmente a los ecosistemas perturbados (Bosque de encino, Selva baja caducifolia, Bosque mixto y Agrosistemas). Durante el trabajo de campo se detectó un uso amplio y heterogéneo de estos ecosistemas y sus recursos, principalmente en relación a dos actividades: alimentación y descanso. Para descanso, la mayoría de las especies se mostraron gregarias y compartieron ramas de árboles o Vegetación ribereña, mostrando solapamiento entre ellas; mientras que en actividad de alimentación hubo un solapamiento de nichos menos evidente, este efecto se obervó principalmente sobre los Bosques templados al Norte del SAR. Las principales regiones de alimentación y descanso se registraron hacia la porción Centro del SAR, en sitios donde dominan las áreas Agrícolas, Pastizales y Huertos, en estas regiones se pudo observar que la competencia trófica es mas evidente en individuos pertenecientes al grupo de los Halcones (falconidae) y Aves granívoras (Passeriformes). Los registros obtenidos mostraron que la repartición en el uso del hábitat es importante para actividades como descanso, además de la alimentación.

En lo que respecta a los sitios de crianza, los parámetros pueden depender de la especie, como ejemplo se presentan a *Hirundo rustica*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, y *Columbina passerina*; que prefieren anidar dentro de las regiones urbanas. En el caso de las especies con requerimientos específicos, los sitios de crianza se ubican principalmente en los ecosistemas conservados, en este caso destacan *Dendrortyx macroura, Accipiter striatus, Campylorhynchus gularis, Melanotis caerulescens* y *Buarremon virenticeps*, entre otras.

[7] Se refiere al recurso particular por el cual dos o más especies compiten

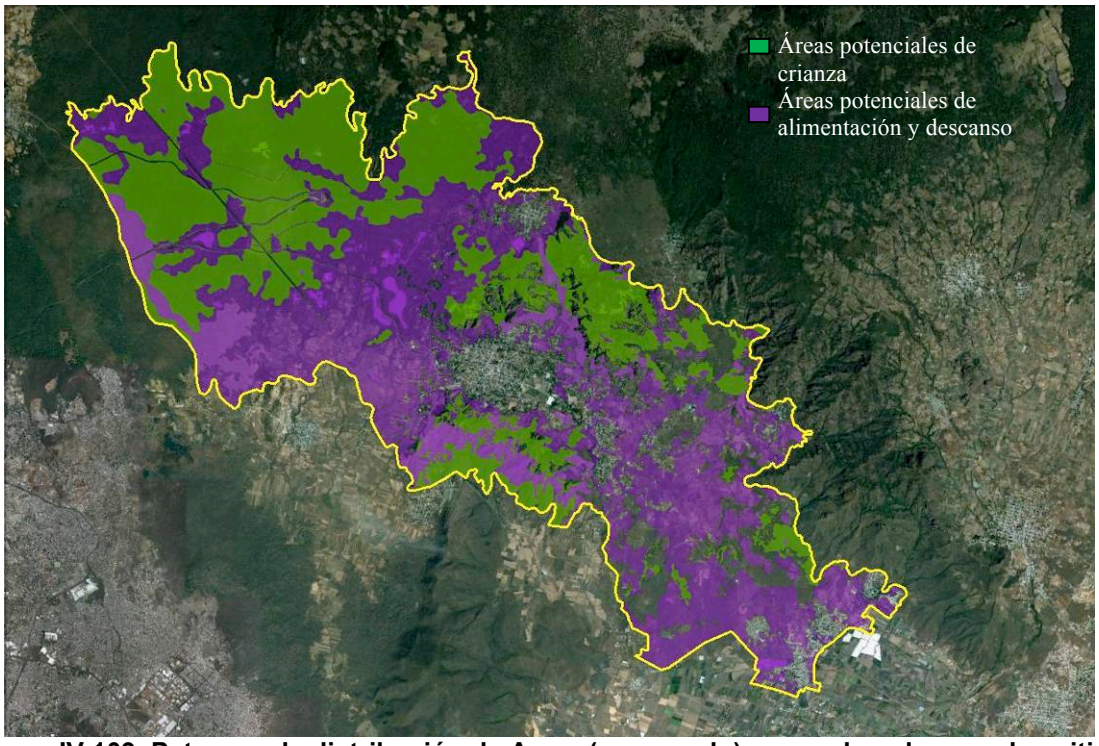


Figura IV.109. Patrones de distribución de Aves, (en morado) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y descanso, (en verde áreas) potenciales áreas de crianza

Como se puede observar, la región Norte del SAR, puede albergar una gran variedad de sitios para crianza, esto se debe principalmente al estado de conservación que guardan estos ecosistemas, hacia la porción Sur del sistema se observa pocas regiones que pueden ser utilizadas para este fin, sin embargo, fuera del SAR se logran apreciar (Porción Sur y Este) macizos boscosos con buen estado de conservación.

Patrones de distribución de Mamíferos

La distribución de Mamíferos dentro del SAR, debe su comportamiento a la accidentada topografía, dada la confluencia del Eje Neovolcánico y la depresión del Balsas que proveen de gran heterogeneidad ambiental y climática permitiendo, la presencia de diferentes factores-barreras geográficas, latitud (Fa y Morales, 1993; Kaufman, 1995; Badgley y Fox, 2000; Hawkins et al., 2003; Iñiguez y Santana, 2005), productividad (Rosenzweig, 1992; Hawkins et al., 2003), clima (Porter et al., 2000; Hawkins et al., 2003) y elevación (Fa y Morales, 1993; Badgley y Fox, 2000; Lomolino, 2001) que influyen en los patrones de distribución de los mamíferos a grandes escalas, mientras que los factores locales de competencia, depredación, mutualismo, disponibilidad de alimento (Rose y Polis, 1998), temperatura (Graham, 1983; Virgós et al., 2001), heterogeneidad del hábitat, y la cobertura, densidad y estructura de la vegetación se registran como responsables de los patrones de riqueza (Ceballos y Miranda, 1986; Kelt et al., 1999; Bakker y Kelt, 2000; Williams et al., 2002). Así, la heterogeneidad de hábitat que produce el relieve y la presencia de especies de origen Neártico y Neotropical dan como resultado que el sistema tenga una alta diversidad de Mamíferos (Guerrero *et al*, 1995; Escalante *et al*., 2002; Guerrero y Cervantes, 2003;

Contreras, 2006, Jaramillo, 2009). Además de la diversidad, existen en el SAR regiones con un alto endemismo en Mamíferos; tal es el caso de la porción Norponiente del SAR (Ceballos y Rodríguez, 1993; Fa y Morales, 1993; Guerrero et al., 1995; Ceballos et al., 1998).

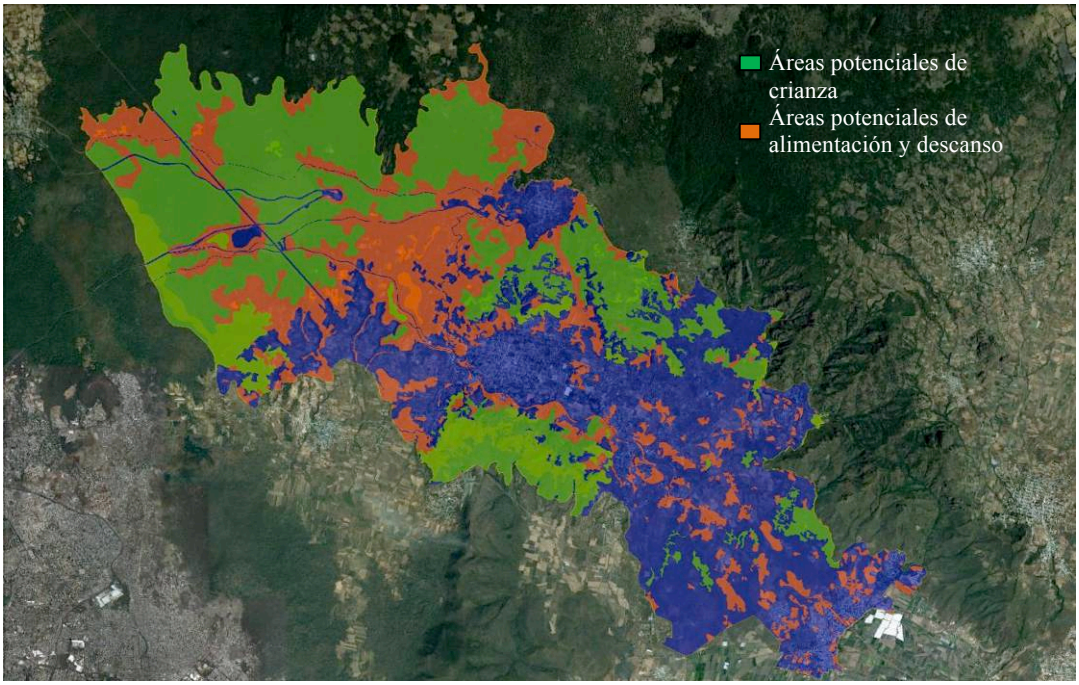


Figura IV.110. Patrones de distribución de Mamíferos, (en anaranjado) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y resguardo, (en verde áreas) potenciales áreas de crianza

Durante la etapa de análisis de los datos recabados, se identificaron a las principales áreas de distribución de Mamíferos hacia el Centro del SAR, así como los sitios de crianza y alimentación ubicados al Norte. Estos sitios se identificaron a partir de los rastros obtenidos (huellas, excretas, rascaderos, madrigueras, muda de pelo y restos oseos), la mayor cantidad de especies se registró hacia la porción Centro del sistema, identificando 19 especies en total; estos sitios corresponden a las zonas de alimentación y resguardo, entre las especies más comunes que se identificaron, se encuentran los ratones, ardillas, conejos, carnívoros y quirópteros.

Patrones de distribución de Anfibios y Reptiles

Debido a la falta de información y a la poca cantidad de registros obtenidos, los patrones de distribución de estas especies no se encuentran bien establecidos, sin embargo, por los hábitos que estos tienen y los requerimientos de humedad y sitios con buena cobertura vegetal se identificaron 2 regiones potenciales para la distribución de estos organismos, la primera se ubica hacia la porción Norte del sistema, entre los Bosques templados y Áreas perturbadas, la segunda refiere a la Vegetación riparia y Selva baja caducifolia, estas áreas son idóneas para la distribución de Reptiles, debido a las características de la cobertura vegetal y la disponibilidad de alimento.

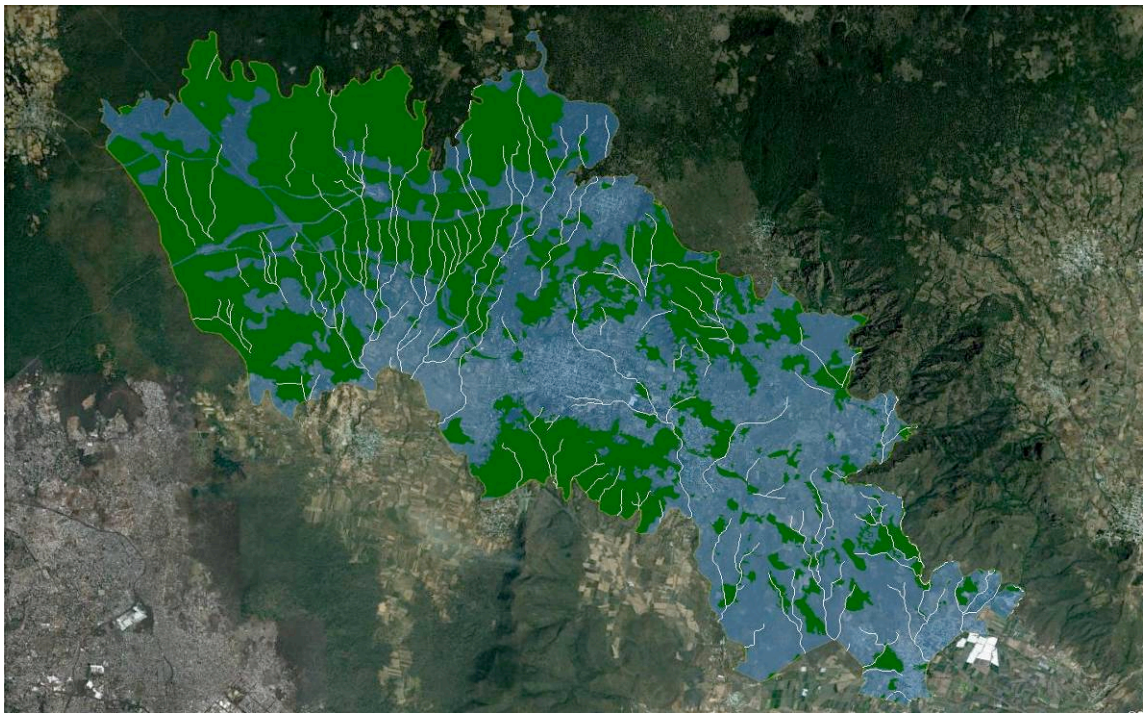


Figura IV.111. Patrones de distribución de Anfibios y Reptiles, (en verde) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y crianza, los ríos perennes e intermitentes promueven el desplazamiento de los anfibios

Se debe resaltar que estos grupos presentan patrones de distribución restringidos, es decir, son organismos que considerados de hábitos hogareños, que no requieren da más de unos cuantos metros para realizar sus funciones.

IV.2.3 Paisaje

La evaluación visual del paisaje representa cierta dificultad, debido principalmente a la integración de los diferentes factores que influyen en su percepción; por tal motivo para este estudio se tomaron en cuenta tres (3) elementos: Potencial estético, Deterioro ambiental e Identificación de los componentes visuales favorables. Debido a la relación tan estrecha que existe entre ellos, permitiendo de esta manera realizar una evaluación global del área de influencia del proyecto.

Específicamente, para esta apreciación paisajística se consideró a la geomorfología, la hipsometría y el uso de suelo y vegetación del área, los cuales son los elementos que determinan la calidad paisajística del Sistema Ambiental, pues para el caso del SAR, los suelos, las corrientes de agua superficiales y el clima no tienen valor paisajístico alguno, ya que no diferencian zonas del sistema por sí mismas, a diferencia de las rocas, el relieve y la geomorfología.

1.- Para la valoración del primer componente, *potencial estético* del SAR fue necesario dividir a la zona en tres a partir del sistema geomorfológico y con apoyo del mapa hipsométrico; de esta forma se encontró como primer grupo a las zonas altas, conformadas por el sistema de

derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y al sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, también comprende a las laderas del relieve moldeado por la última erupción del Volcán Chichinautzin, así como las paredes de los Cerros Tepozteco y Zematzin. Las zonas medias se encuentran conformadas por los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico, ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm (Figura IV.112), y finalmente las zonas bajas, que comprenden a las depresiones interlavicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm.

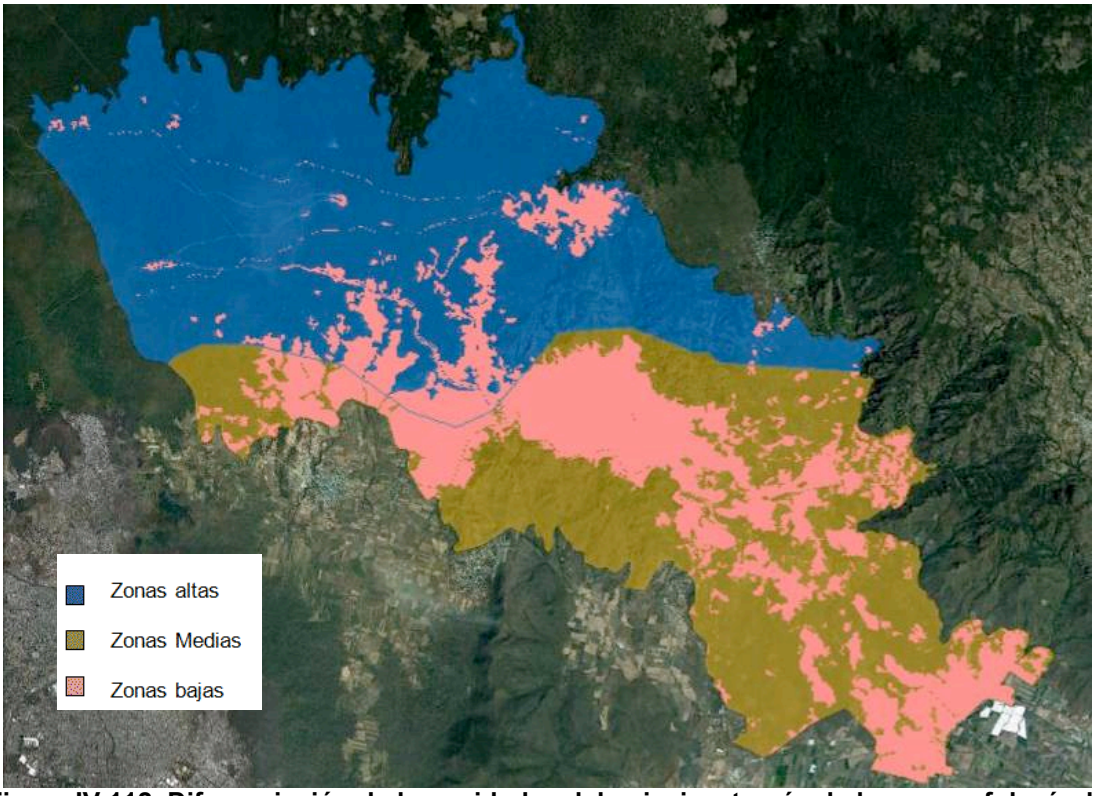


Figura IV.112. Diferenciación de las unidades del paisaje a través de la geomorfología, la hipsometría y el uso de suelo y vegetación presentes en el SAR

Los sistemas que corresponden a las zonas altas cubren alrededor del 49% y se ubican al Norte y Noroeste del SAR. La cubierta vegetal es típicamente Neártica de Bosque de oyamel, de pino, pino-encino, Encino y algunos remanentes de Bosque templado con elementos mesófilos (este Ecotono es poco común en el Centro de México). La zona boscosa de las partes altas del SAR, tiene poca o nula perturbación generando una zona con grandes servicios ecosistémicos como la recarga del acuífero y la fijación de carbono. Asimismo, la actividad antropogénica es relativamente poca y de bajo impacto, esto es, que está muy localizada, como se presenta sobre lo que antes fueran las vías de ferrocarril (Noroeste), por lo que estas zonas presentan un potencial estético alto, pues la espectacularidad de sus áreas boscosas resaltan por el buen estado de conservación. La conectividad en esta zona es muy buena, y las interrupciones que hay, son de tipo natural

como pendientes abruptas con disecciones severas; no hay una diferenciación notoria de parches a nivel paisajístico que demerite el atractivo de esta zona.

En lo que respecta a las zonas medias, cubren un total de 32% del área del SAR, con una cubierta vegetal que representa una zona de transición entre la parte Neártica (Norte) y la Neotropical (Sur). Por ello, la vegetación comparte ambas características, en esta zona se encuentran representados todos los Ecotonos descritos en el apartado de flora; sin embargo, debido a la expansión de la frontera agrícola y a la intrusión humana, se presenta con evidencias de disturbio, probado por la presencia de Vegetación secundaria y perturbada, además estas zonas también están ocupadas por Pastizales inducidos para el sostenimiento del ganado y por extensos terrenos dedicados al Cultivo, lo que ha demeritado enormemente su potencial estético; no obstante, estas zonas representan cierta importancia, pues se encuentran franqueadas por un sistema fluvial conformado por diferentes cañadas y barrancos de disección moderada, con Vegetación riparia que aunque se encuentra en estado de perturbación, son de gran importancia para las especies que requieren de conexión con otros sitios del SAR al Noreste dentro de las zonas altas. Por lo que las zonas medias del SAR pueden ser consideras con potencial estético medio, pues la intrusión humana ha ocasionado además de su fragmentación diferentes afectaciones, tales como la contaminación por la mala disposición de residuos sólidos.

Finalmente las zonas bajas que abarcan el 19% del SAR distribuidas en la Región Centro y Sur, tienen un uso de suelo principalmente urbano y suburbano, entreverado con usos agrícolas y pecuarios, y aunque pueden identificarse pequeños manchones de vegetación, esta corresponde en su gran mayoría a Vegetación exótica introducida, como es el caso de la jacaranda y remanentes de Vegetación secundaria. En estos sitios dominan las actividades del sector terciario, dentro del cual sobresale el turismo y en segunda instancia se encuentran las actividades del sector primario. La actividad humana ha incrementado con el paso de los años, de tal manera que ha generado una interrupción total entre el Norte y Centro del SAR con el Sur, y como es de esperarse con efectos importantes en la fauna, actualmente en el área solo se desarrollan especies de hábitos generalistas y oportunistas, favorecidas por las condiciones de perturbación en las que se encuentra. Por otro lado, las barrancas que cruzan los diferentes poblados que se concentran en estas zonas, se encuentran con importantes daños ocasionados por la mala disposición de residuos sólidos y por la inadecuada disposición de aguas residuales, por lo que las zonas bajas del SAR presentan el más bajo potencial estético, no obstante por ser de las partes más bajas del Sistema Ambiental presentan impresionantes vistas de los Cerros Tepozteco y Zematzin hacia el Norte.

2.- En cuanto al deterioro visual en el SAR, se presenta en categorías bajas hasta altas, pues esto depende de la zona de afectación a la que se refiera. Los factores que intervienen en su evaluación son principalmente de tipo antrópico, sobre todo las actividades agropecuarias y el desarrollo de asentamientos humanos; en cuanto a esto, las principales evidencias se tienen en las zonas bajas, en donde se inscriben diferentes comunidades como Tepoztla, Oacalco, Ixcatepec, Huilotepec, entre otras, y en donde además se mantienen gran parte de las actividades económicas del SAR; estas regiones han perdido su valor escénico, debido en gran medida, a la pérdida de su cobertura vegetal natural, esta dinámica ha modificado por completo el paisaje natural, por lo que son hábitat de fauna generalista; consecuentemente son descritas como las zonas menos frágiles.

Un aspecto importante del deterioro ambiental que refleja el SAR, es la disminución de la conectividad entre los parches de vegetación natural, este caso está representado en la

Selva baja caducifolia de la región Centro-Sur, en lo que corresponde a las zonas medias, que a causa de las actividades humanas que involucran un cambio de uso de suelo, los parches de vegetación han ido cambiando de tamaño y forma, lo que ha generado un aislamiento en las poblaciones que en ellos habitan por falta de conectividad, que en este caso son las especies de hábitos restringidos asociadas a los Bosques tropicales. Como indicador más evidente se tiene la presencia del 48% de especies secundarias, entre las que sobresalen *Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula*.

En lo que se refiere a las zonas altas, en la región Norte y Noreste del SAR, se desarrollan Bosques templados de encino, pino y oyamel, así como Matorral rosetófilo. Estas asociaciones vegetales son muy importantes, para el equilibrio sistémico del SAR, porque generan una gran cantidad de *servicios ambientales*; como la recarga del acuífero, captura de carbono, favorecen el ciclo hidrológico, y por sus características son el hábitat ideal de especies de fauna silvestre Neártica con requerimientos específicos de hábitat. Por otro lado en estas zonas existen algunas laderas y cañadas, caracterizadas por su relieve accidentado y pendientes fuertes, que sostienen un Bosque templado con elementos mesófilos de gran valor escénico, y también de gran importancia por los beneficios ambientales que proporciona, pues ayudan a la conservación del suelo ya que por la topografía escarpada estos sitios son los más susceptibles de erosión y deslaves, también incrementan la captura de carbono, además de que la biomasa del bosque es importante para suelo debido a que siempre está muy húmedo, por lo que no permite la oxigenación de la materia orgánica y por tanto su mineralización; aunque es un ecosistema escaso alberga una gran diversidad de especies, y es considerado de alto valor como reservorio de especies faunísticas con rangos de distribución limitados y requerimientos de hábitats específicos, en tanto estos sitios son considerados los más frágiles del Polígono. En general las actividades antrópicas más degradantes del sistema no se ubican en esta región, por lo que son estas áreas las que presentan mejores condiciones de conservación y mantienen su conectividad hacia adentro y afuera del SAR.

3.- La identificación de los elementos visuales favorables dentro del SAR, dependen principalmente del grado de conservación de la vegetación, identificando de esta manera a las zonas altas como un elemento favorable, por el excelente grado de conservación de la zona Norte y Noreste del SAR (entre 100 y 74% de especies primarias) que no solo proporcionan una gran calidad escénica, desde las zonas bajas del Sistema Ambiental, sino además una gran cantidad de servicios ecosistémicos (fijación de carbono y recarga del acuífero); siendo los puntos con mayor valor estético, cuyas vías de acceso son limitadas, con características de accesibilidad escasa y con pendientes fuertes que dificultan el uso de sus tierras. Entonces los sistemas de relieve derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos y sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm mantiene el mejor estado de conservación del SAR, lo que lo constituye como un elemento visual favorable, que proporciona calidad escénica al paisaje donde se ubican, favorecido aun más por las laderas y cañadas que se ubican en estas, con desarrollo de elementos mesófilos, donde destaca la presencia de especies características como *Clethra mexicana*, *Ternstroemia pringlei* y *Styrax ramirezii*, de gran valor escénico y de suma importancia para su conservación, pues ademas de albergar a especies con requerimientos especificos de habitat, tienen un papel importante a manera de corredores biológicos entre las zonas externas del SAR, constituyendo pasos de fauna para los animales de amplio desplazamiento.

Por otra parte, las regiones medias, que corresponden a los sistemas derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico,

ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm, donde la vegetación original (Ecotono entre Encinar y Selva baja caducifolia) se limita a manchones irregulares, en muchos de los casos circundados por Vegetación secundaria o perturbada y por amplios terrenos consignados a tareas Agropecuarias, generando con ello la escases de elementos visuales favorables. El daño que las actividades humanas ocasionan al paisaje y la posibilidad de que los asentamientos humanos se incrementen, favorecerá sin lugar a duda su mayor alteración, por lo que dicha dinámica seguirá provocando la antropización del paisaje y la pérdida del valor escénico de un paisaje que en un principio fuera natural.

Finalmente las zonas bajas, representadas por las depresiones interlavicas de carácter acumulativo y la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm, orientadas principalmente a las actividades humanas, han perdido su vegetación original, y con ello se exhiben como las zonas más antropizadas, sin embargo, por tratarse de las zonas bajas del SAR exhiben una extraordinaria vista de los Cerros Tepozteco y Zematzin hacia el Norte, pues es conocido el valor paisajístico de la llamada Sierra de Tepoztlán y del Cerro del mismo nombre, que aunque teniendo el mismo relieve que el municipio vecino, al Oriente, de Tlayacapan, la vegetación lo hace aún más apreciado. La litología, relieve y geomorfología resumen su atractivo en una sola variable, que concentra su valor en los Cerros Tepozteco, Zematzin y Chalchiltepetl.

Esta percepción del paisaje puede ser demostrada de forma ponderada; pues tomando en cuenta que un paisaje tiene mayor calidad en tanto contiene más áreas con vegetación natural distribuidas en fragmentos de vegetación más grandes y poco aislados. Sin embargo, no existe una fórmula única para definir la calidad del paisaje o la matriz adyacente a un sitio determinado[8]. La ponderación del uso de suelo y vegetación se relaciona con la facilidad que presentará para su uso intensivo o aprovechamiento directo en actividades antropogénicas, como la ganadería, agricultura, extracción de tierra, madera, fauna, flora, leña, etc.; o en otras palabras, la dificultad que presentará para ser desintegrada de la naturaleza (artificialización). Las comunidades Vegetales más conservadas, tendrán un valor ponderado alto, mientras que los Pastizales y Asentamientos humanos tendrán valores bajos[9] (Tabla IV.47).

[8] Manson y otros. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz Biodiversidad, Manejo y Conservación*, **INECOL-INE-SEMARNAT, México, 2008**

[9] Cotler, Helena (compiladora). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT-INE, 1ª edición, 2004

Tabla IV.47. Ponderación del uso de suelo y vegetación para paisaje

Uso de suelo y vegetación	Valor paisajístico
Bosque templado con elementos mesófilos, Bosque de encino, Rocas, Bosque de oyamel, Bosque mixto de pino-encino, Bosque de pino, Bosque mixto de pino-encino, Zona arqueológica	10
Bosque de pino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado, Bosque de oyamel perturbado, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado, Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado, Bosque de encino perturbado, Bosque inducido de especies exóticas	9
Selva baja caducifolia, Vegetación riparia	8
Matorral rosetófilo cracicaule, Selva baja caducifolia perturbada, Vegetación riparia perturbada	7
Vegetación secundaria, Derecho de vía (CFE)	5
Pastizal inducido	4
Zona sin vegetación aparente	3
Zona agrícola	2
Terracería	1
Carretera pavimentada, Infraestructura mixta, Invernaderos, asentamientos humanos	0

En la Figura IV.111 se observan los componentes cartográficos utilizados para la evaluación del paisaje. El uso de suelo y vegetación tiene valores altos debido a que dominan comunidades de Bosques templados bien conservados entre ellos: Bosque de encino, Bosque de pino, Bosque de oyamel y elementos Mesófilos, de igual manera las variables topográficas como la pendiente, donde se puede diferenciar que a mayores magnitudes de esta, menor accesibilidad.

IV.2.4. Medio Social

El SAR involucra a 5 municipios del estado de Morelos, Tepoztlán, Yautepec, Tlayacapan, Huitzilac y Tlalnepantla (Figura IV.112), sin embargo, sólo se asientan comunidades en los primero 3 y siendo este el apartado dedicado al medio social se consideró necesario centrarse en el análisis partícular de las comunidades correspondientes a esos municipios. La caracterización del medio social se realizó a escala municipal, debido a que la mayor parte de los indicadores de información socioeconómica se presentan a ese nivel. Sin embargo, para el ámbito demográfico se logró mayor precisión, ya que se pudo detallar la aportación poblacional del SAR a nivel de localidad. En todos los casos el análisis de la información bibliográfica se contextualizó con lo observado en campo.

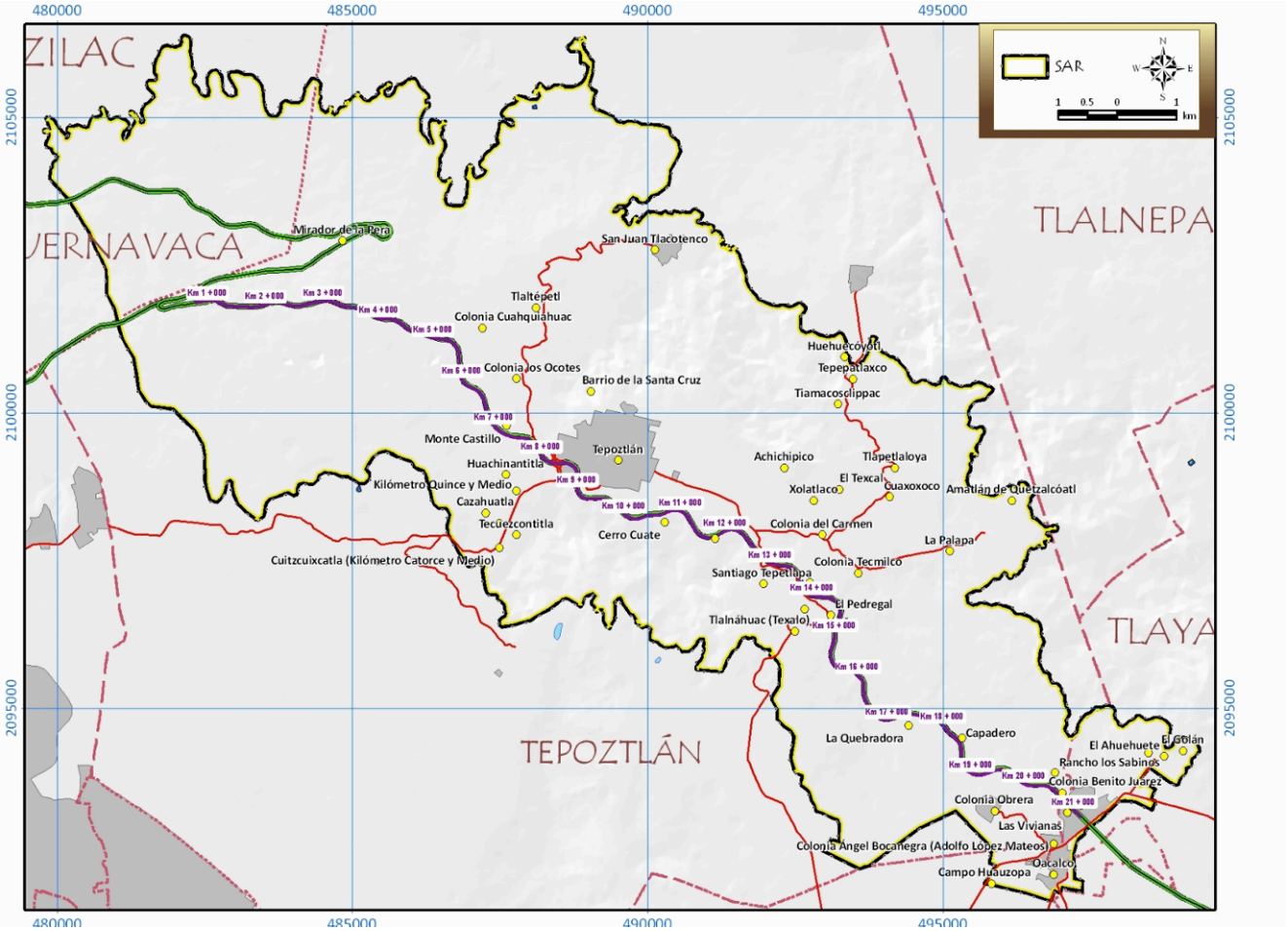


Figura IV.113. Principales localidades en el SAR

Demografía

El gobierno de Morelos se compone por 33 municipios, para fines de ordenamiento y planeación del desarrollo urbano y económico de la entidad, han sido divididos en 7 regiones, el SAR se ubica dentro de 2 que son: la Norte y la Cuautla. Dentro de la primera se ubica Tepoztlán y en la segunda Yautepec y Tlayacapan

En el SAR se ubican 41 poblados en los que habitan un total de 27,717 habitantes, lo que representa el 1.71% de la entidad. El municipio que concentra mayor población en el SAR es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%); tan sólo su cabecera municipal cuenta con 15,245 habitantes. En segundo lugar se ubica Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 hab (5.53%).

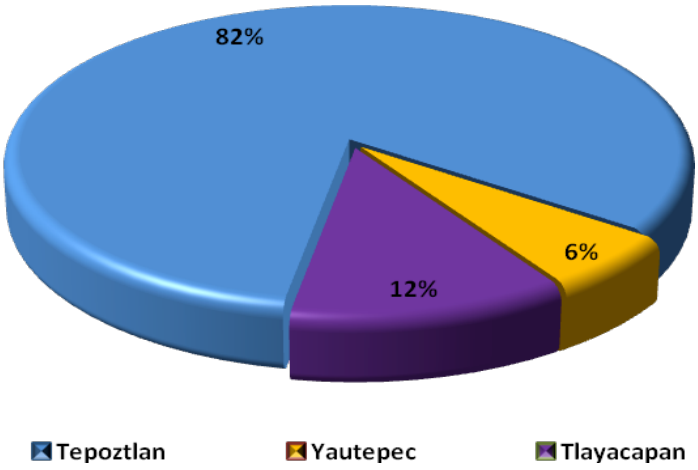


Figura IV.114 Distribución de la población en el SAR

En el Sistema destacan las localidades menores de 100 habitantes, se registran 22, le siguen 8 comunidades que se ubican en el rango de más de 100 hab y hasta 300; 7 que cuentan con más de 300 y hasta 500 y sólo 3 entre mil y dos mil habitantes. Solo Tepoztlán (cabecera) se puede clasificar como una población urbana, ya que de acuerdo INEGI, se considera como tal aquella que tienen más de 2,500 habitantes y de los 41 poblados en el SAR, sólo está, cumple el requisito, las demás poblaciones son consideradas rurales (Tabla IV.48).

Tabla IV.48. Población en el SAR y distribución por tamaño de localidad

Municipio	Población Total	% Población en el SAR	Localidades habitadas				
			Entre 1 y hasta 100	Entre 100 y hasta 300	Más de 300 y hasta 1000	Más de 1000 y hasta 2000	Más de 15,000
Tepoztlán	22,739	82.04	22	6	3	2	1
Yautepec	1534	12.43	0	1	3	1	0
Tlayacapan	3444	5.53	0	1	1	0	0
Total	27,717	**100.00**	**22**	**8**	**7**	**3**	**1**

Fuente: Conteo de Población y Vivienda 2005. INEGI.

La tasa de crecimiento es el promedio porcentual anual del cambio en el número de habitantes, como resultado de un superávit (o déficit) de nacimientos y muertes, y el balance de los migrantes que entran y salen. El porcentaje puede ser positivo o negativo. La tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo en cuestión de infraestructura

(por ejemplo, escuelas, hospitales, vivienda, carreteras), recursos (por ejemplo, alimentos, agua, electricidad), y empleo.

Para el caso del SAR la tasa de crecimiento alcanzó sus niveles más altos en el periodo de 1990 a 1995, con excepción de Tepoztlán, cuya situación socioeconómica en ese tiempo se veía afectada por movimientos sociales que impidieron la construcción de infraestructura turística y habitacional por considerar que afectaba su medio ambiente, esto creó un clima que inhibió el crecimiento poblacional llegando a registrar tasas decrecientes, en promedio de menos 0.84%, esta tendencia se revirtió en el quinquenio siguiente en donde se alcanzó un 4.43% de crecimiento, el último censo de 2005 señala una tasa positiva del 1.88%, los municipios de Yautepec y Tlayacapan se mantienen en tasas por debajo del crecimiento nacional.

Tabla IV.49. Tasa de crecimiento por municipios

Municipio	Tasa de crecimiento promedio (%)			
	80-90	90-95	95-00	2000-2005
Tepoztlán	3.75	-0.84	4.43	1.88
Yautepec	3.18	5.59	1.30	0.02
Tlayacapan	2.18	3.75	3.14	0.87

Fuente: Elaborado por el Consejo Estatal de Población con base en los censos y conteos nacionales

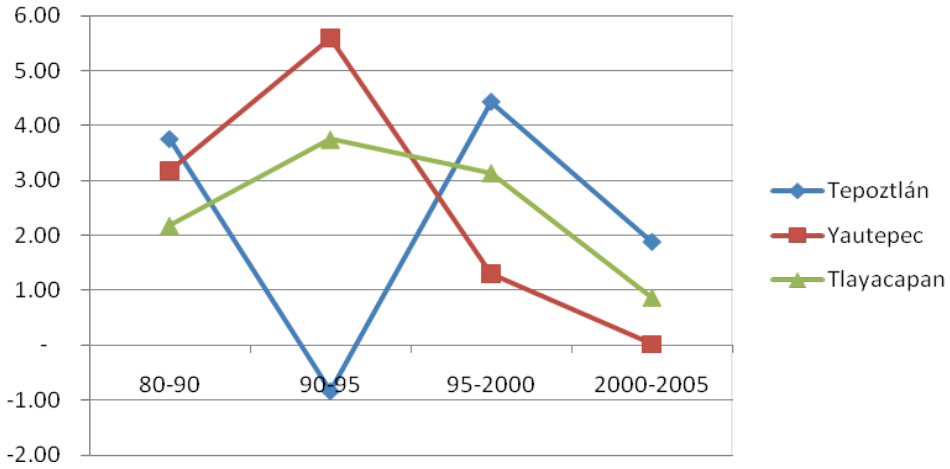


Figura IV.115. En la gráfica se percibe como disminuyo drásticamente el crecimiento de la población en el quinquenio 90-95 que coincide con el movimiento social que impidió la construcción del campo de golf en Tepoztlán. En contraste con la tendencia de crecimiento que presentaron los otros municipios en el SAR

La población en el SAR se compone mayoritariamente, en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años lo que refleja un potencial de aportación económica, al encontrarse en edad productiva y también este grupo es propenso a crear nuevos hogares, y por lo tanto demandar nuevas viviendas, servicios, y fuentes de empleo. En segundo lugar está la

población menor de 14 años que requiere de centros educativos y servicios de salud, finalmente se tiene en menor porcentaje a la población mayor de 60 años, que ronda el 15% en promedio.

Tabla IV.50. Distribución poblacional por rango de edad

Municipio	% Población 2005		
	0-14 años	15-59 años	60 años y más
Tepoztlán	28.96	57.92	8.94
Yautepec	30.35	55.20	8.54
Tlayacapan	31.69	58.26	9.52

Fuente: Consejo Nacional de Población

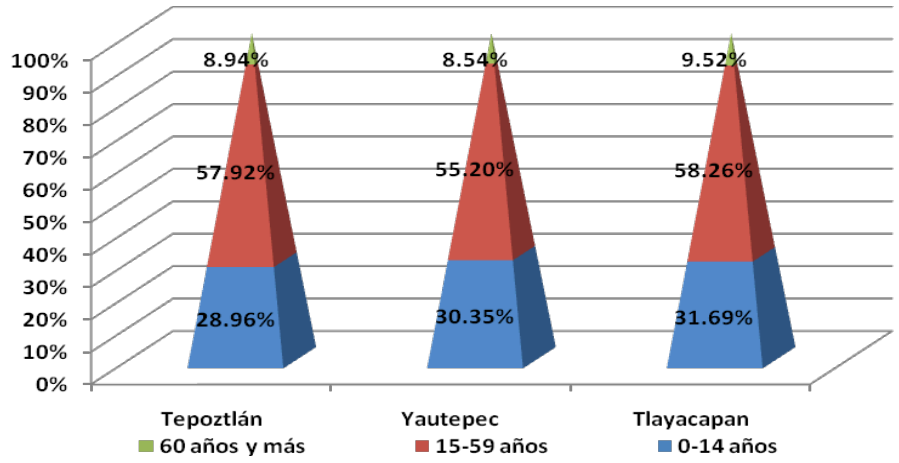


Figura IV.116. Distribución de la población por rango de edades, más del 50% se encuentran en edad productiva y reproductiva. Los rangos poblacionales son similares en los 3 municipios que componen el Sistema

Desarrollo Social

Marginación y Población Indígena

El índice de marginación que el Consejo Nacional de Población (CONAPO), emite es un indicador que permite diferenciar entidades federativas, municipios y localidades según el impacto global de las carencias que padece la población y mide su intensidad espacial como porcentaje de la población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas.

La construcción del índice para los municipios y regiones considera 4 dimensiones estructurales de la marginación: *falta de acceso a la educación* (población analfabeta de 15 años o más y población sin primaria completa de 15 años o más), *residencia en viviendas*

inadecuadas (sin disponibilidad de agua entubada, sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo, con piso de tierra, sin disponibilidad de energía eléctrica y con algún nivel de hacinamiento), *percepción de ingresos monetarios insuficientes* (ingresos hasta 2 salarios mínimos) y *residir en localidades pequeñas con menos de 5,000 habitantes*.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población y Vivienda, el municipio de Tepoztlán presenta un grado de marginación bajo, al igual que Yautepec, no así Tlayacapan que registra un grado medio (Tabla IV.51).

Tabla IV. 51. Índice y grado de marginación que ocupan los municipios en el SAR

Municipio	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Lugar que ocupa a nivel nacional
Tepoztlán	Bajo	-1.058	2,050
Yautepec	Bajo	-1.173	2,128
Tlayacapan	Medio	-0.559	1667

Fuente: Conapo 2000

Población Indígena

En Tepoztlán de acuerdo a los resultados que presento el II Conteo de Población y Vivienda en el 2005, en el municipio habitan un total de 1,721 personas que hablan alguna lengua indígena, mismos que representan un 5.99% del total del municipio. En cuanto a las lenguas indígenas se tiene que la primera y más importante es el náhuatl, mientras que la segunda es el mixteco. Para el caso de Yautepec, se tiene registro de 661 hablantes de lengua indígena, el porcentaje del total del municipio que representan es de 1.21%, mientras que sus dos principales lenguas indígenas son la náhuatl y mixteco. En Tlayacapan en el 2005 la presencia de lenguas indígenas en el municipio corresponde a 488 habitantes hablantes (Tabla IV.52).

Tabla IV.52. Población indígena en los municipios del SAR

Municipio	Población Indígena/habitantes	% Población municipal	Lengua Indígena
Tepoztlán	1721	4.76	
Yautepec	661	0.78	Náhuatl / Mixteco
Tlayacapan	488	3.37	

Vivienda

Las viviendas en el SAR, cuentan en su mayoría con electricidad, y drenaje o fosas sépticas, en menor proporción con agua entubada. El tipo de construcción es de losa de concreto, bóveda de ladrillo, lámina de asbesto o teja en los techos, y tabique, tabicón, block o adobe en los muros (Tabla IV.53).

Tabla IV.53. Características de las viviendas en el SAR

Municipio	Viviendas 2005	Con agua entubada	Con Drenaje	Con Energía eléctrica	con hacinamiento	con piso de tierra
Tepoztlán	9,041	5,236	7,464	8,498	41.65%	728
Yautepec	21,364	17,801	19,087	19,627	51.50%	1,924
Tlayacapan	3,230	2,470	2,518	3,108	37.19%	448

Tepoztlán y Yautepec tienen un grado de desarrollo humano alto[10], incluso mayor de los valores promedio estatal y nacional. En el caso de Tlayacapan registra un grado de desarrollo medio y se manifiesta en un menor índice de PIB *per cápita;* menor porcentaje de alfabetos; menor esperanza de vida y mayor mortalidad infantil.

Tabla IV.54. Características del Índice de Desarrollo Humano y Social de los municipios en el SAR

Municipio	% personas de 15 años o más alfabetas	Índice de PIB per cápita	Índice de desarrollo humano (IDH)	Índice de esperanza de vida	Tasa de mortalidad infantil	Grado de desarrollo humano
Tepoztlán	94.2	0.76	0.846	0.91	13.30	alto
Yautepec	91.5	0.76	0.828	0.89	15.30	alto
Tlayacapan	90.9	0.70	0.795	0.85	19.70	medio

Educación

La cobertura educativa es definida como el porcentaje de alumnos atendidos por el sistema educativo en relación a la población que representa la edad en cursar el nivel de formación correspondiente. En Tepoztlán operan 21 escuelas de nivel preescolar que atienden a 65 grupos; 20 primarias que cuentan con 155 grupos y 9 secundarias con 48 grupos escolares y solo un bachillerato que atiende a 5 grupos. En Yautepec son 49 planteles de preescolar con 146 grupos; 62 primarias, con 454 grupos; 19 secundarias con 152 grupos; 6 bachilleratos, con 59 grupos; 3 centros de capacitación para el trabajo con 12 grupos y instituciones de profesional medio que atienden a 1 grupo. Para el caso de Tlayacapan se tienen 9 escuelas de nivel preescolar que atienden a 26 grupos; 10 primarias que cuentan con 75 grupos y 4 secundarias con 18 grupos escolares y solo un bachillerato que atiende a 5 grupos. Para el caso de la educación profesional Yautepec y Tlayacapan cuentan con universidades privadas que imparten carreras profesionales como Derecho, Diseño Gráfico y Turismo, entre otras, para acceder a planteles profesionales públicos se tiene que desplazar a otras localidades como Cuernavaca o Cuautla.

[10] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2006), Informe sobre Desarrollo Humano México 2006–2007, Migración y Desarrollo Humano, México, p.23. Este índice provee una medida compuesta de tres dimensiones de desarrollo humano: vivir una vida larga y saludable (medida de esperanza de vida); tener educación (medida por la tasa de alfabetización de adultos y de matriculación en la enseñanza primaria, secundaria y terciaria), y gozar de un nivel de vida digno (medido por el ingreso según la paridad del poder adquisitivo).

Salud

Uno de los puntos fundamentales para conocer la situación que guarda la población en el sector salud, es el tema de la Derechohabiencia a servicios de salud, que de acuerdo con el INEGI puede definirse como el "derecho de las personas a recibir atención médica en instituciones de salud públicas y/o privadas, como resultado de una prestación laboral al trabajador, a los miembros de las fuerzas armadas, a los familiares designados como beneficiarios o por haber adquirido un seguro facultativo (voluntario) en el Instituto Mexicano del Seguro Social" (IMSS).

En el SAR sólo se cuenta con unidades de primer nivel de la siguiente manera: en Tepoztlán hay 9 unidades, Yautepec tiene 12 y Tlayacapan 7, por lo que para la atención especializada se tiene que trasladar a otras localidades, en este caso las más cercanas que ofrecen estos servicios se encuentran en Cuernavaca, Cuautla o el Distrito Federal, por lo que se requiere de vialidades de altas especificaciones que permitan un ágil y seguro traslado en caso de emergencias.

Accesibilidad y telecomunicaciones

El municipio de Tepoztlán está integrado por una red carretera, donde las principales vías son: Carretera de cuota México-Cuautla, vía la Pera; carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán, y carreteras estatales Tepoztlán-Yautepec y Tepoztlán-Santo Domingo-Ocotitlán-Amatlán; también cuenta con carreteras vecinales que unen la cabecera municipal con las localidades del municipio. Para el caso de Yautepec, las vías más importantes son la autopista México-Cuautla y las carreteras estatales Yautepec-Tlayacapan y Yautepec-Tepoztlán. Para Tlayacapan se cuenta con una carretera libre pavimentada de México, D. F. a la ciudad de Cuautla que pasa por Tlayacapan y otra carretera pavimentada de Yautepec al kilómetro 88 de Atlatlahucan, que a su vez también pasa por Tlayacapan.

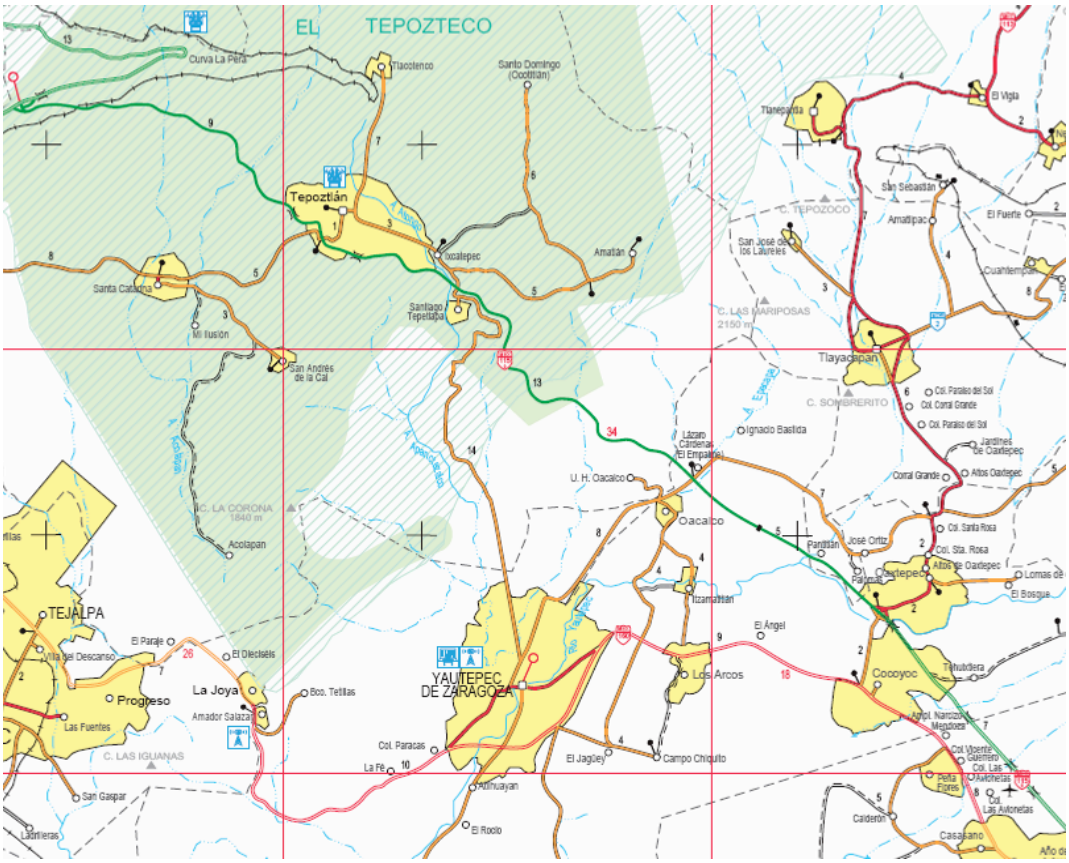


Figura IV.117. Vías de comunicación en el SAR

Desarrollo económico

Empleo

En Tepoztlán la población económicamente activa (PEA), es de 12,115 personas, su tasa de ocupación es del 98.72%, de los pobladores ocupados el 53.58% se dedica a actividades del sector terciario; el 26.63% al secundario y el 17.66% al primario. Para el caso de Yautepec, la PEA es de 29,313, con una tasa de ocupación del 98.62%. El 55.81% se dedican al sector terciario; el 29.87% al secundario y el 12.12% a actividades primarias. En Tlayacapan la población económicamente activa es de 4,984 personas, su tasa de ocupación es del 99.27%, de los pobladores ocupados el 39.08% se dedica a actividades del sector terciario; el 39.00% al primario y el 20.31% al secundario.

Tabla IV.55. Distribución de la PEA por actividad económica

Municipio	PEA	% Sector Primario	% Sector Secundario	% Sector Terciario
Tepoztlán	12,115	17.66	26.63	53.58
Yautepec	29,313	12.12	29.87	55.81
Tlayacapan	4,984	39.00	20.31	39.00

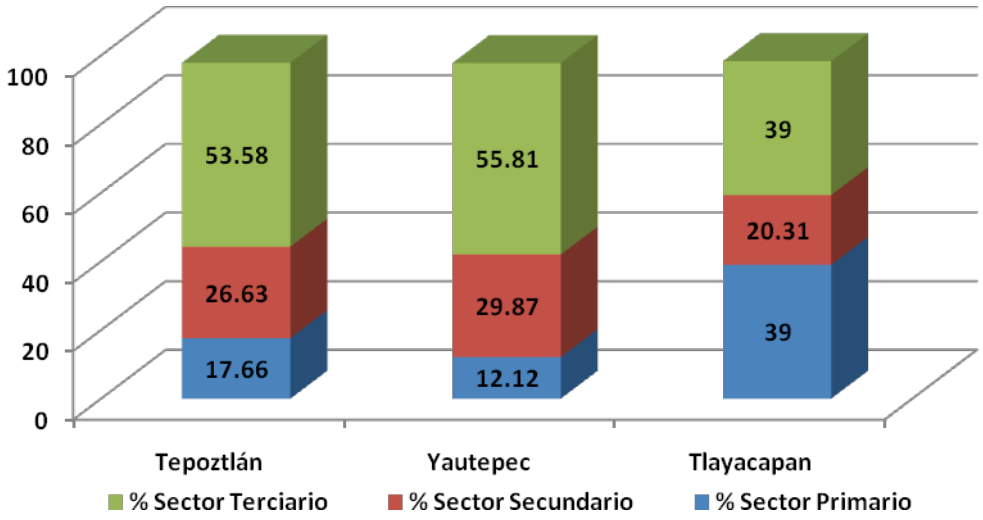


Figura IV.118. Distribución de la PEA por sector económico. Destaca Tepoztlán y Yautepec en actividades del sector terciario.

En Tepoztlán la PEA se ocupa en 50.62% como empleado u obrero; el 25.71% trabaja por su cuenta; el 13.69% como jornalero o peón y el 9.96% como patrón o en un negocio familiar. Para el caso de Yautepec el 57.63% se ocupa como empleado u obrero; el 21.31% trabaja por su cuenta; el 12.65% como jornalero o peón y el 8.39% como patrón o en un negocio familiar. En Tlayacapan el 34.17% se ocupa como empleado u obrero; el 29.16% trabaja por su cuenta; el 24.37% como jornalero o peón y el 12.28% como patrón o en un negocio familiar.

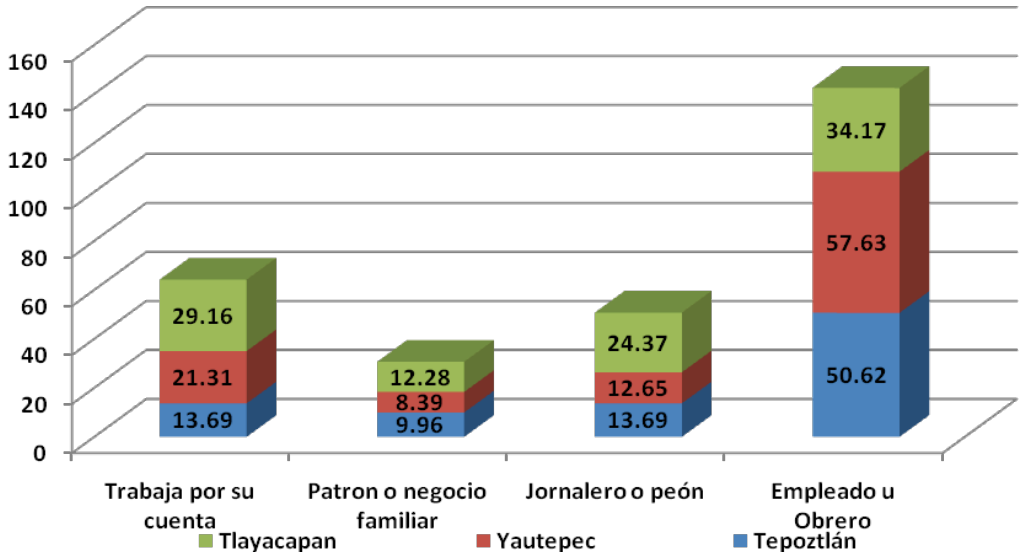


Figura IV.119. Distribución de la PEA por ocupación

Con respecto a sus ingresos, el 31.85% de la PEA de Tepoztlán percibe más de 1 y hasta 2 salarios mínimos; el 30.12% más de 2 y hasta 5 salarios mínimos; el 10.44% menos de un salario mínimo. Para Yautepec se tiene que, el 38.18% percibe de 1 y hasta 2 s. m; el 32.30 más de 2 y hasta 5 salarios mínimos, el 13.55% menos de un salario mínimo. Tlayacapan registra que el 38.84% percibe más de 1 y hasta 2 salarios mínimos; el 25.99% más de 2 y hasta 5 salarios mínimos; el 18.06% menos de un salario mínimo (Figura IV.120).

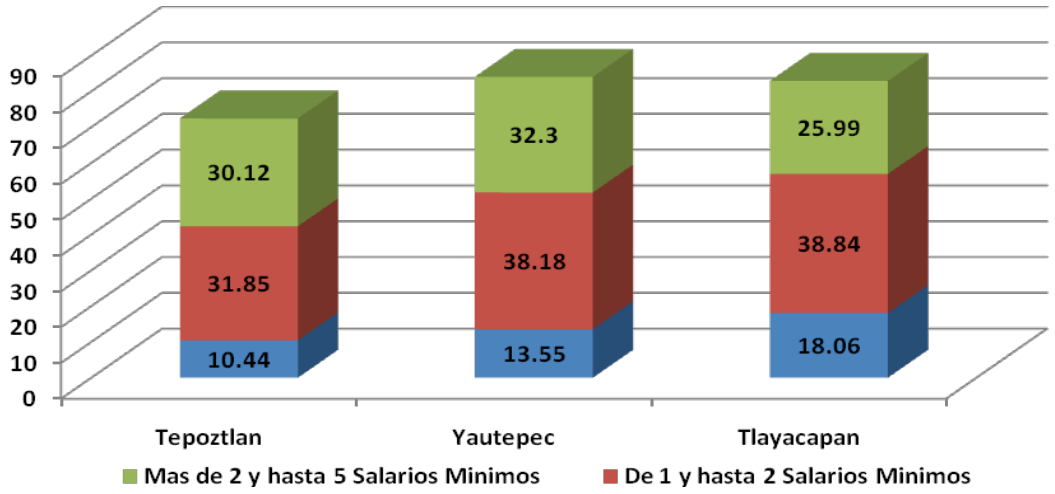


Figura IV.120. Percepciones económicas de la PEA en el SAR

Actividades económicas

En el SAR la ocupación de la PEA en las actividades del sector terciario domina, donde destaca el comercio y los servicios turísticos para los tres municipios en el SAR que son destinos turísticos importantes a nivel estatal. Tepoztlán se caracteriza por sus condiciones naturales, como son: el clima, flora y fauna, sus zonas arqueológicas, así como las montañas que lo rodean y que son consideradas parte de estas como zonas de reserva, también se cuenta con iglesias que representan el arte colonial. Una de principales atracciones es el museo. “México por la paz” el cual fue fundado por el poeta, Carlos Pellicer el 6 de junio de 1966 y ha sido considerado dentro del programa federal de Pueblos Mágicos. En el caso de Yautepec su riqueza turística descansa en sus condiciones naturales; en sus balnearios y su riqueza gastronómica. Tlayacapan destaca como pueblo artesano y actualmente busca ser considerado para incluirse en los Pueblos Mágicos, cuenta con dos museos uno de arte religioso y la casa de la cultura “Cerería” con exposiciones temporales. Se cuenta además con posadas turísticas y restaurantes. Cabe señalar que este último municipio además presenta cierto equilibrio entre las actividades primarias y secundarias.

Tepoztlán presenta además actividades agropecuarias de baja producción sólo se cultivan algunas parcelas para consumo personal entre los principales cultivos se encuentran el maíz, frijol, calabaza y chiles. Cabe mencionar que existen dos tipos de cultivos agropecuarios significativos hablando de producción económica, estos son: La flor de gladiola y el jitomate. Tanto en la cabecera municipal como en las localidades de este

municipio existen actividades ganaderas que van desde establos lecheros hasta granjas porcícolas y avícolas que tienen una gran importancia para el consumo propio de este municipio.

Los principales cultivos en Yautepec son la caña de azúcar, arroz, cebolla, jitomate, sorgo, maíz y frijol. También existen viveros de árboles frutales, plantas y flores de ornato. Se cría ganado bovino, porcino, caprino y caballar en pequeña escala, también se explota la avicultura y la apicultura. Las actividades agropecuarias en Tlayacapan, son tan importantes como el turismo y los servicios, se cultiva nopal, jitomate, frijol y hortalizas. El 2% de la población se dedica a la ganadería.

IV.3. Diagnóstico regional sobre los recursos naturales y la conservación ambiental del SAR

IV.3.1 Funcionamiento general del SAR

El Sistema Ambiental Regional corresponde a un fragmento del extremo Norte del estado de Morelos, ubicado dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, correspondiente a la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. La región presenta un relieve complejo, dominado por una sección muy amplia de relieve volcánico en las regiones Norte y Noroeste, formado por materiales extrusivos, principalmente basaltos y brechas volcánicas, con la intrusión de depresiones interlavicas de carácter acumulativo en la zona Centro y de una Llanura aluvial al Sur, ambas correspondientes al sistema fluvial, constituidas de aluvión y materiales residuales. El clima en la zona está determinado principalmente por la altitud y la orografía del SAR; pues la Sierra del Chichinautzin constituye una barrera para el paso de la humedad proveniente del Pacífico, por lo que acelera los cambios climáticos con respecto a las partes bajas del SAR, interviniendo en la diferenciación de 3 tipos climáticos tanto de tipo cálido, como semicálido y templado. La conjugación de todas estas características ha ocasionado que en el Sistema Ambiental, se diferencie una buena diversidad edáfica, conformada por 9 tipos edáficos, clasificados en 7 unidades; los Andosoles, Acrisoles y Leptosoles en las zonas de Sierra o partes altas del relieve volcánico, los Feozems, Luvisoles, Regosoles y los Vertisoles en los Valles y zonas bajas del relieve fluvial. La interacción de estos tipos edáficos con los tipos climáticos ha favorecido la existencia de un complejo mosaico de vegetación, donde sobresalen los Bosques templados de pino, encino y oyamel, hasta los templados con elementos mesófilos, así como también el Matorral rosetófilo en las partes Norte y Noroeste del área; estos ecosistemas se presentan con buenas condiciones de conservación, y en caso de presentar disturbio este es incipiente, pues se observa en la buena conectividad que presentan.

Al Centro del sistema se desarrollan comunidades de transición, básicamente de Bosque de encino con Selva baja caducifolia, y al Sur se desarrolla la Selva baja caducifolia entremezclada con Pastizales inducidos y extensas Zonas de cultivo. La intervención humana ha ocasionado la alteración de la vegetación, de esta forma se presenta en su mayoría una Selva baja perturbada. Desde el punto de vista ecológico, los diferentes ecosistemas tanto perturbados como conservados, así como las Zonas agrícolas y Pastizales que se desarrollan dentro del SAR, son refugio permanente y estacional de alrededor de 352 especies de vertebrados, dentro de los que destaca la presencia de diferentes especies de transición entre la región Neártica con la Neotropical compartidas

tanto en los Bosques templados como con los Bosques tropicales, así también como las de hábitos generalistas sobre todo en zonas perturbadas.

Considerando estas características, para la evaluación del diagnostico regional ha sido necesario analizar la estructura y función del SAR desde la interacción de 3 componentes; el medio biótico, es decir, la flora y la fauna, el medio físico o biótico (clima, suelo, agua, geomorfología) y el socioeconómico que involucra las actividades antrópicas desarrolladas en el entorno del proyecto. Considerando la interrelación de estos 3 componentes, el medio físico funciona como el sustrato principal que provee sostén, materias primas y energía al sistema biológico, el cual a su vez provee una capacidad de sustentación al medio social, que obtiene alimentos y materias primas tanto del sistema físico como del biológico.

Con base en esto, y a lo descrito en el apartado de paisaje, para la elaboración del diagnostico ambiental del SAR, fue necesario dividir a la zona en 3 categorías a partir del sistema geomorfológico y con apoyo del mapa hipsométrico, dando también peso importante al uso de suelo y vegetación; de esta forma se ha agrupado al sistema en 3 categorías: a) zonas altas, conformadas por el sistema de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y al sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, es decir, comprende a las laderas del relieve moldeado por la última erupción del Volcán Chichinautzin, así como las paredes de los Cerros Tepozteco y Zematzin. b) zonas medias, que agrupan a los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cineritico, ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm, y c) zonas bajas, que comprenden a las depresiones interlávicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm.

En este contexto, las zonas altas conformadas por el sistema de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y el sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, representa cerca del 58% del SAR, corresponden a la zona Noroeste, ocupadas por extensos bosques típicamente Neárticos, con desarrollo de comunidades de pino, encino, oyamel así como Matorral rosetófilo cracicaule y Bosques templados con elementos mesófilos, con poca o nula perturbación, desarrollados sobre suelos de tipo Andosol y Leptosol muy susceptibles a la erosión en caso de desmonte, por tratarse de zonas con relieve pronunciado; sobreyacen a rocas ígneas, que son materiales extrusivos básicos (basalto) y brecha volcánica. Estas características permiten que las zonas altas sean consideradas muy importantes, por la cantidad de servicios ambientales que prestan al medio, tales como la recarga de acuíferos a través de fracturas y la fijación de carbono, en este sentido, estas zonas altas tienen una fijación de más de 200 mg C/ha lo cual cae entre los valores altos, además son el hábitat predilecto para muchas especies de hábitos restringidos. Asimismo, la actividad antropogénica es relativamente poca y de bajo impacto, son localizadas las zonas en donde se desarrollan Pastizales inducidos y Actividades agrícolas, por lo que la importancia de estas zonas boscosas resalta por el buen estado de conservación (Figura IV.121).

En conjunto de las zonas altas, con desarrollo de Bosques templados y Matorral rosetófilo, son hábitat de un total de 108 especies de vertebrados, de las cuales 10 corresponden a Anfibios y Reptiles, 75 Aves y 23 Mamíferos; de las que 11 se encuentran listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en algún estatus de riesgo. La conectividad en esta zona es muy buena, y las interrupciones que hay son de tipo natural como pendientes abruptas con disecciones severas; no hay una diferenciación notoria de parches a nivel paisajístico que demerite el atractivo de esta zona.



Figura IV.121. Aspecto general de las zonas altas, conformadas por los sistemas de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y el sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm con las mejores condiciones de conservación del SAR

Las zonas medias están conformadas por los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico, que cubren cerca del 34% del SAR. Al Centro-Suroeste se distribuye las geoformas de Derrame de lava con malpaís y laderas modeladas de disección profunda; mientras que al Sureste se distribuye el Sistema de edificio volcánico. Las partes medias presentan una cubierta vegetal que representa una zona de transición entre la parte Neártica (Norte) y la Neotropical (Sur). Por ello, la vegetación original comparte ambas características, presentándose tanto elementos de Encino como de Selva baja caducifolia. Desgraciadamente, en las partes medias, más del 28% de su superficie está ocupada por Zonas agrícolas y Pastizales inducidos para el sostenimiento del ganado; manteniendo únicamente remanentes de Bosque de encino y Selva baja caducifolia, en diferentes estados de perturbación. No obstante, las zonas del altitud media del SAR, siguen proporcionando diferentes beneficios ambientales debido a que aún mantienen bosques con buen estado de conservación; para la fijación de carbono presentan rangos de captura entre los 100 mg y en algunos casos hasta los 200 mg C/ha, lo que se considera como medio-alto.

Los Bosques de transición que se asientan en las partes medias, no presentan el optimo estado de conservación, debido a que la vegetación se han visto afectada en los últimos años por la expansión de la frontera agrícola, en estas zonas los pobladores han abierto senderos, lo que ha facilitado el paso para la utilización de las tierras en las actividades del sector primario, ocasionando la apertura de claros para cultivos, por lo que es común observar los terrenos en abandono, lo que se refleja en la ocupación por Pastizales inducidos (Figura IV.122). El desmonte de parcelas, ha generado la discontinuidad de

corredores de fauna por la modificación del hábitat; aunque, siguen siendo hábitat importante de cerca de 200 vertebrados, mucho de ellos con hábitos generalistas beneficiados por los campos de cultivo ubicados en estas zonas y otros compartidos entre las zonas de Bosques templados y Bosques tropicales por lo que se trata de fauna de transición, de la que cerca del 73% corresponde al grupo de las Aves, 22.5% al de los Mamíferos representados principalmente por pequeños roedores, murciélagos, conejos, entre otros y 4.5% al grupo de herpetofauna (Anfibios y Reptiles), compuesto principalmente por lagartijas y serpientes, que serian las más beneficiadas en cuanto a que en estos sitios pueden encontrar mayor disponibilidad de alimento.

Los tipos edáficos dominantes de las zonas medias son Feozem haplico y Vertisol pelico, cuya edafogénesis se dio por acumulamiento del material arrastrado de las zonas altas del SAR. Los suelos que sobreyacen a materiales litológicos de brecha volcánica y basalto (ígneas extusivas), se presentan zonas de media a alta filtración; además, estas zonas figuran otras condiciones favorables, pues se encuentran atravesadas por un sistema fluvial conformado por diferentes cañadas y barrancos de disección moderada, con Vegetación riparia que aunque se encuentra en estado de perturbación, son de gran importancia para las especies que requieren de conexión con otros sitios del SAR al Norte dentro de las zonas altas, por lo que forman parte de importantes corredores biológicos. Mientras que en el suelo residual la infiltración es nula o casi nula, lo que favorece el desarrollo de suelos de textura fina como los Vertisoles, donde se concentran las actividades del sector primario. Por su ocupación, estos sitios se constituyen en barreras ambientales para el movimiento de la fauna hacia las partes altas (Bosques templados) y hacia las bajas (Selvas caducifolias) y son una de las causas principales de la fragmentación del SAR en su parte Central donde se asienta parte de los poblados del municipio de Tepoztlán.

Las zonas mas bajas y planas del SAR las conforman las unidades de relieve depresiones interlavicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada ubicada en la cota inferior a los 1,500 msnm en las porciones Centro y Sur; en conjunto ocupan cerca del 8% del SAR; estas regiones son identificadas como las de mayor grado de disturbio, pues han perdido por completo su naturalidad, por lo que son consideradas dentro del Sistema Ambiental las zonas más resistentes a futuros disturbios (Figura IV.123). En las partes bajas se asienta la urbe del poblado de Tepoztlán y Oacalco, así como sus zonas aledañas, además de mantener todavía actividades del sector primario, es decir zonas agrícolas y pecuarias.

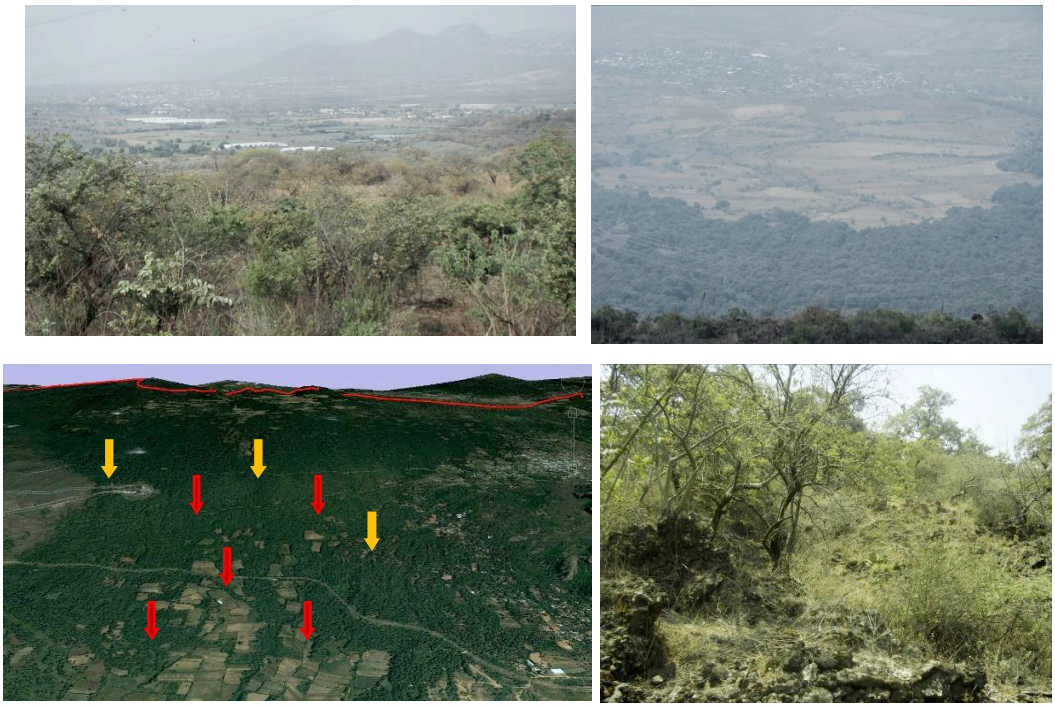


Figura IV.122. Aspecto general de las zonas medias del SAR. Imagen inferior izquierda, (flechas amarillas) representa las zonas de Bosque de encino con (flechas rojas) fragmentos dedicados al cultivo



Figura IV.123. Las zonas bajas corresponden a las unidades llanura aluvial dilatada y el relieve depresiones interlavicas de carácter acumulativo en donde se asientan los poblados de Tepoztlán y Oacalco, se trata de las zonas más alteradas dentro del SAR

En las partes bajas, se pueden identificar pequeños manchones de vegetación, sin embargo, esta corresponde a Vegetación exótica introducida y a remanentes de Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia. Aquí se presentan suelos de tipo Feozem y Vertisol, producto de la acumulación de los materiales arrastrados por el agua o la lluvia de las partes más altas del sistema, los cuales sobreyacen en aluvión y otros materiales residuales. La permeabilidad de estas áreas es nula o casi nula y el escurrimiento también es bajo.

En estos sitios se tiene un predominio de las actividades del sector terciario dentro del cual sobresalen el turismo y en segunda instancia se encuentran las actividades del sector primario es decir, las de tipo agrícola. La actividad humana se ha incrementado con el paso de los años, de tal manera que ha generado una interrupción total entre el Norte y Centro del SAR con el Sur, y como es de esperarse con efectos importantes en la fauna; pues aunque se desarrolla un buen número de especies faunísticas, cerca de 118 especies de vertebrados, de los que 34 corresponden a los Mamíferos, 76 a las Aves y 8 a los Anfibios y Reptiles, una parte significativa de esta diversidad presenta hábitos generalistas y de oportunismo, favorecidas por las condiciones de perturbación en las que se encuentra la zona Sur del SAR. Destacan por su número en las poblaciones, los zanates (*Quiscalus mexicanus*), gorriones (*Carpodacus mexicanus*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*) y algunas lagartijas de los géneros *Sceloporus*; aunque por estas zonas cruzan algunas barrancas principalmente por los poblados que se concentran en el Centro, se encuentran con importantes daños ocasionados por la mala disposición de residuos sólidos y por la inadecuada disposición de aguas residuales, por lo que son consideradas dentro del Sistema Ambiental las zonas más resistentes a futuros disturbios.

Una parte muy importante en la evaluación del diagnostico ambiental del Sistema es la accesibilidad, para lo cual, es necesario tomar en cuenta diferentes criterios, entre los que sobresale con mayor importancia el relieve, debido a que acostumbradamente para llevar a cabo diferentes actividades es preferente hacerlo sobre suelos planos, por lo que la apertura de caminos y la utilización de las tierras en zonas accidentadas se vuelve casi nula; de esta manera para el SAR la presencia de pendientes fuertes y la misma geoforma obstaculizan el uso de ciertos terrenos, no obstante, otra parte de relevancia que se consideró es la existencia de caminos, brechas, senderos, así como la proximidad a las poblaciones y el estado de la vegetación, que en muchos de los casos es lo que impide el acceso a terrenos conservados, pues al presentarse muy cerrada impide su libre tránsito.

De esta forma, los factores que favorecen la mayor accesibilidad de un lugar son la cercanía con vialidades o caminos que conduzcan hacia un sitio. Estos lugares de origen y destino, son las localidades y los puntos de infraestructura, considerados como sitios de trabajo o visita, tales como granjas avícolas, ranchos, viveros, gasolineras, casetas de peaje, bodegas y escuelas. Caminos como la terracería que ocupa la antigua vía del ferrocarril México-Cuernavaca, entre Coajumulco y San Juan Tlacotenco, y los caminos de acceso y salida sobre la carretera La Pera–Cuautla hacia distintas colonias incrementan la accesibilidad a su alrededor, tanto para el aprovechamiento de los bosques como la comunicación de los Asentamientos humanos respectivamente.

El SAR tiene en promedio una accesibilidad “Moderada”, que se representa con franjas de terreno que se ubican alrededor de los caminos de terracería y carreteras pavimentadas, así como asentamientos humanos (25.1% del SAR). Las regiones donde se marca esta clase de accesibilidad están en el Oriente del SAR, entre Santo Domingo y Amatlán de Quetzalcóatl, y entre Oacalco y Santiago Tepetlapa, ocupando la franja de ranchos, colonias y cultivos entre la carretera La Pera-Cuautla y la carretera federal Tepoztlán-Yautepec. Los sitios con la

categoría de accesibilidad “Muy baja” ocupan el 15.5% del SAR y se encuentran en el Norte del SAR y Norponiente de San Juan Tlacotenco (Sierra Chichinautzin), y en el Centro del SAR, justo en las cimas de los Cerros Tepozteco, Zematzin y Chalchiltepetl. Existen algunos senderos que permiten las caminatas sobre el C. Tepozteco, sin embargo, sus paredes verticales y topografía no permiten el uso de estas vías sino para el uso turístico (Figura IV.124).

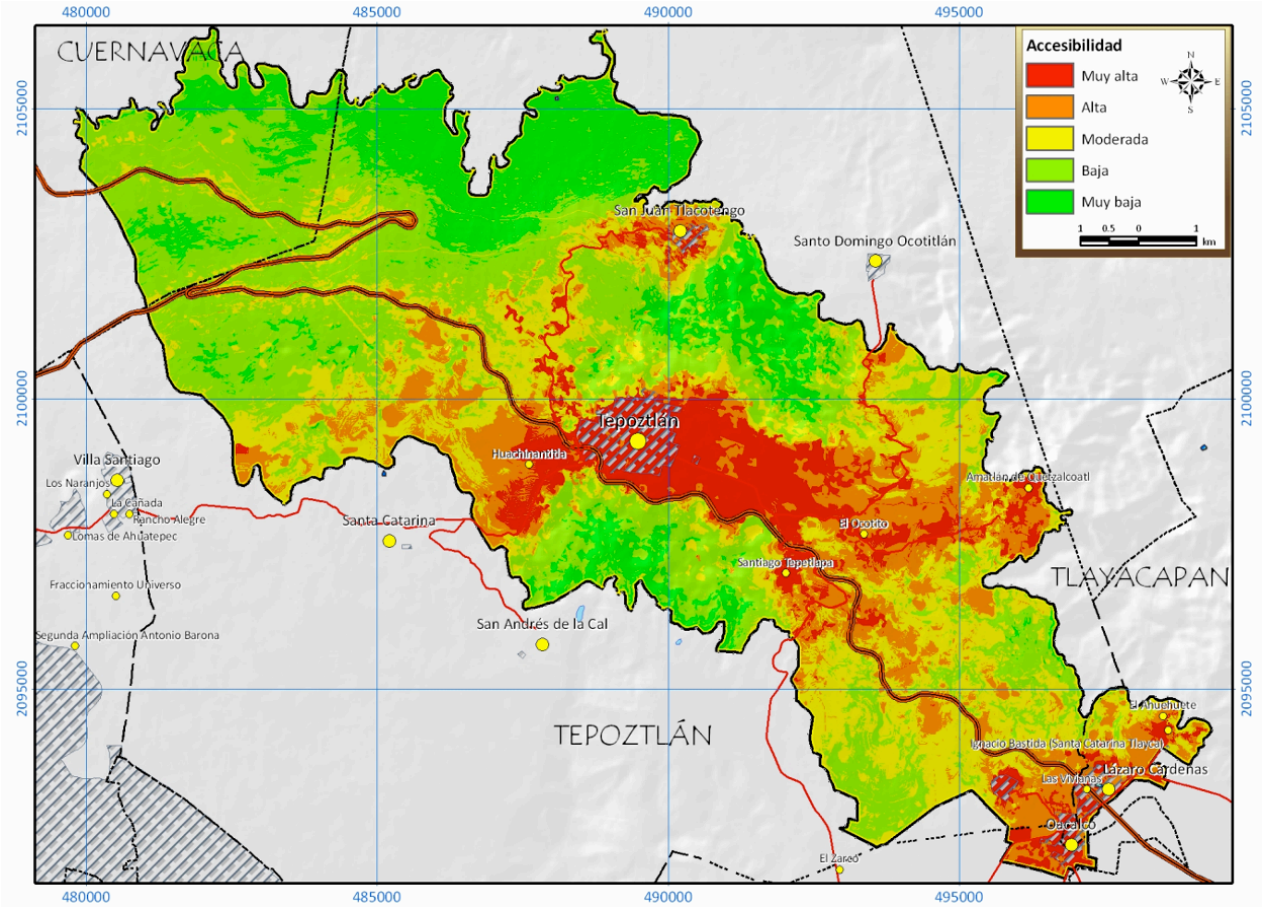


Figura IV.124. Mapa de accesibilidad (sin proyecto)

Es importante mencionar que el derecho de vía donde se llevará a cabo la modernización del proyecto comparte ciertas cualidades sobre todo físicas (edafología, geomorfologia y litologia superficial) con el exterior del derecho de vía; pero por la intrusión humana constante, las podas y deshierbes, la condición ambiental varía con el exterior del DV y en general se muestra más alterado que los ecosistemas vecinos, además de que no presenta continuos de vegetación autóctonos puros, sino que en todo caso se observaron mezclas con especies exóticas, sobre todo jacarandas.

IV.2.2.2. Fauna

La fauna de vertebrados tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) asociados al SAR, se encuentra representada por 352 especies potenciales (Figura IV.70), esta riqueza se obtuvo a través de la depuración[3] de los listados de especies potenciales que hay para la región Norte del estado de Morelos. En este caso, se consultaron diferentes referencias bibliográficas y documentos oficiales (registros del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Tepoztlán, así como del Plan de manejo del Parque Nacional el Tepozteco y del Corredor Biológico Chichinautzin, CONAP,2008). Además, se tuvo acceso a las bases de datos del Centro de Investigaciones Biológicas y del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, ambos dependientes de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con esta información.

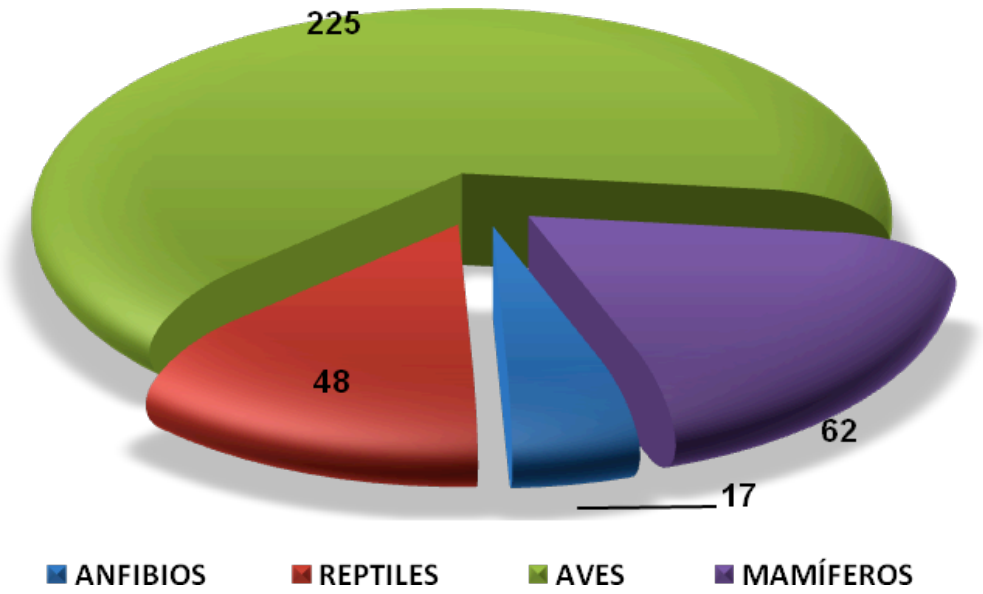


Figura IV.70. Distribución potencial de las especies de tetrápodos terrestres dentro del SAR

De las 352 especies con distribución potencial dentro del SAR, se identifico que el 8.23% de las especies se encuentran catalogadas bajo algún estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.23). Esta cuantificación incluye 9 especies de hábitos Neárticos y 20 de hábitos Neotropicales.

[3] Se obtuvo un listado preliminar de 462 especies, sin embargo, a través del procesamiento de información a través del SIG (utilización de rangos altitudinales, tipo de vegetación, geomorfologia) el listado se redujo a 352 especies potenciales.

Tabla IV.23. Número de especies de vertebrados con distribución potencial en el SAR y que se encuentran catalogados bajo algún estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010)

Grupos	NOM-059-SEMARNAT-2010			Total
	Amenazada	Protección especial	Peligro de extinción	
Anfibios	4	6	-	10
Reptiles	8	1	1	10
Aves	-	7	-	7
Mamíferos	2	-	-	2
Total	**14**	**14**	**1**	**29**

Del total de especies con distribución potencial dentro del SAR, se registró la presencia de 94 especies (2 anfibios, 9 reptiles, 64 aves y 19 especies de mamíferos) en 14 localidades diferentes, gran parte de los registros se obtuvieron sobre asociaciones de Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y Vegetación secundaria asociada al Bosque de encino. De las 94 especies registradas, 10 incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (1 amenazada y 9 bajo protección especial) (Tabla IV.24)

Tabla IV.24. Número de especies registradas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Grupos	NOM-059-SEMARNAT-2010		Total
	Amenazada	Protección especial	
Anfibios	-	-	0
Reptiles	1	3	4
Aves	-	6	6
Mamíferos	-	-	0
Total	**1**	**9**	**10**

De acuerdo a los datos proporcionados por Contreras (2006), y al análisis de la distribución potencial de especies de vertebrados sobre el SAR, la riqueza de tetrápodos corresponde al 61.32% de las especies registradas para el estado de Morelos, siendo las asociaciones de Selva baja caducifolia, Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y la Vegetación riparia los ecosistemas más diversos, ya que en ellos se registraron más del 50% del total de las especies. Es necesario resaltar que la afinidad de las especies de la fauna silvestre en el SAR está ligada a las regiones Neártica y a la Neotropical (Figura IV.71), siendo esta última, la que mayor diversidad de vertebrados puede albergar.

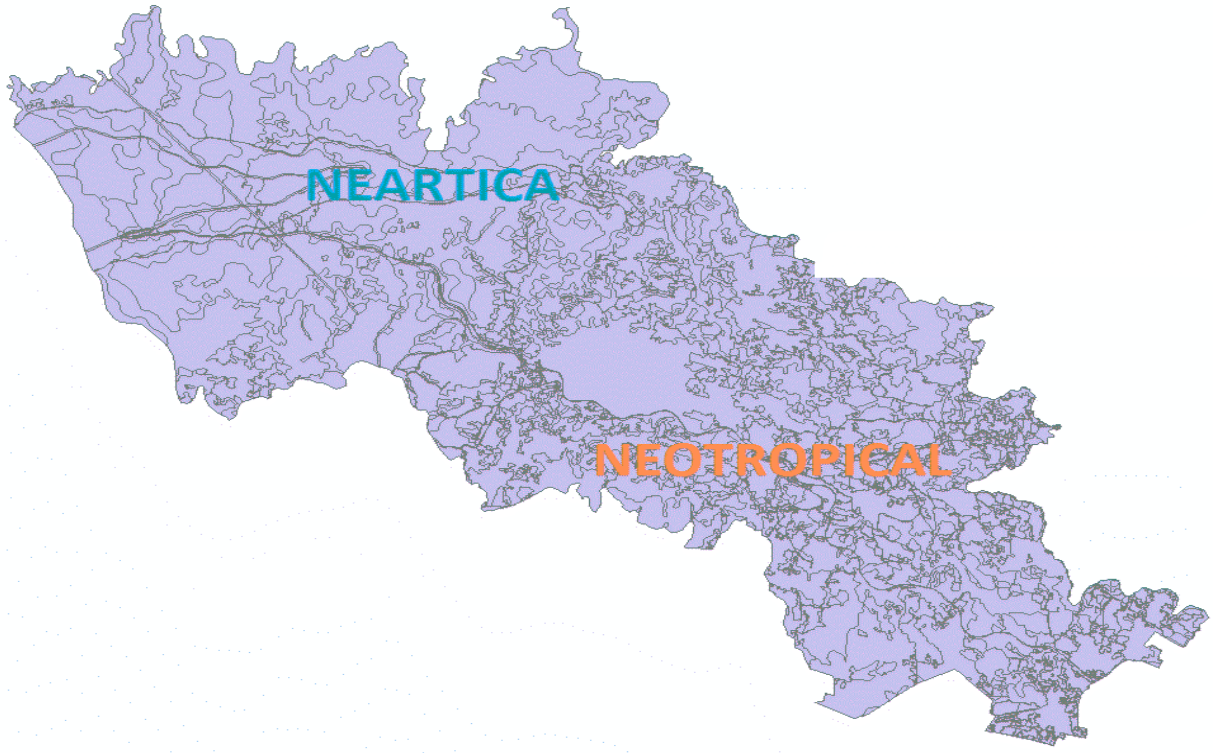


Figura IV.71. Distribución de las regiones Neártica y Neotropical dentro del SAR. Según Contreras (2006), la mayor riqueza de especies de vertebrados se registra hacia la región Neotropical

Anfibios y Reptiles

México como parte de los países mega diversos (Mittermier & Goettsch 1997, Flores-Villela 1993), ocupa el cuarto lugar mundial en diversidad de anfibios (CONABIO, 2000), sin embargo, muchas de sus regiones aún ofrecen oportunidades para la exploración herpetología. En lo que respecta al SAR, la riqueza de especies es baja comparada con otras regiones que tienen hábitats similares (Leopold, S. A., 1965), aunado a esto, el estudio se realizó durante la temporada de estiaje, razón por la cual el registro de anfibios, fue sumamente bajo, ya que se registraron 2 de 17 especies con distribución potencial para el SAR.

Taxonómicamente este grupo se encuentra integrado por 11 familias y 7 géneros, todos ellos pertenecientes al orden de los Anuros. De las 17 especies con distribución potencial en el SAR, la NOM-059-SEMARNAT-2010 cataloga a 8 bajo algún estatus de conservación (3 como amenazadas y 5 bajo protección especial), además, el 64.7% de las especies son consideradas endémicas a México.

Tabla IV.25. Especies de anfibios con distribución potencial en el SAR y se encuentran catalogadas bajo algún estatus de conservación de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Hyla plicata	Rana de árbol plegada	A
Pseudoeurycea belli	Salamandra	A
Pseudoeurycea leprosa	Salamandra	A
Hyla smaragdina	Ranita arbórea	Pr
Rana forreri	Rana café	Pr
Rana montezumae	Rana de moctezuma	Pr
Chiropterotriton orculus	Salamandra	Pr
Pseudoeurycea altamontana	Tlaconete morelense	Pr

En relación a los hábitats y requerimientos de las 17 especies de anfibios con distribución potencial, se identificó que los ecosistemas con mayor diversidad de estos tetrápodos son los Bosques de encino (con 15 especies potenciales), seguido de la Selva baja caducifolia y Vegetación riparia (ambas con 9 especies); esto obedece al grado de conservación que tienen estos ecosistemas, así como el grado de humedad de los que disponen. Estos ecosistemas reportaron el mayor grado de endemismo y de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Figura IV.72).

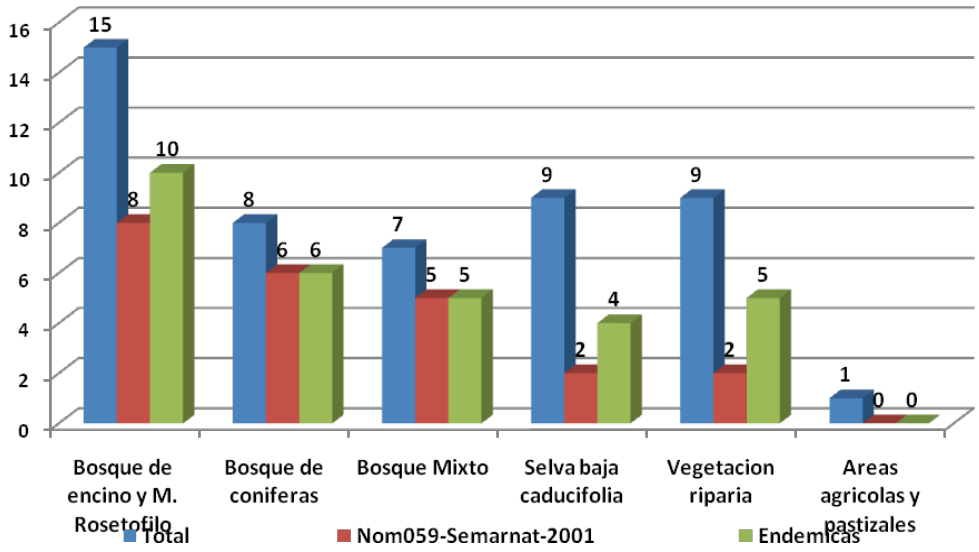


Figura IV.72. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Anfibios reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas or la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a los registros proporcionados por Castro-Franco y Bustos (2006), la Selva baja caducifolia es la región más rica en cuanto a diversidad de este grupo se refiere, sin

embargo, se debe considerar que dichos estudios fueron estimados sobre 56,000 Ha de Selva baja caducifolia (área total en el estado de Morelos), en contra punto el SAR ocupa solo 1,327 Ha de este tipo de vegetación (es decir, el 2.36% del total de SBC del estado de Morelos) estimando la diversidad en 9 especies y registrando el mayor numero hacia los Bosques de *Quercus* (estos ocupan 2,986 Ha del SAR).

De acuerdo a los datos proporcionados por estos investigadores los géneros más representativos dentro del SAR son *Bufo, Hyla y Rana* (Figura IV.74).

Para generar el modelo de distribución potencial de las distintas especies de Anfibios en la región se tomaron en cuenta diversos factores físicos y ambientales así como la asociación de los registros a los diferentes tipos de vegetación, a través de esta información se genero un modelo de nicho ecológico para este grupo, como resultado se puede apreciar que el mayor potencial de especies se distribuye sobre los Bosques de encino y Selva baja caducifolia. Este modelo coincide con la abundancia de registros y distribución obtenidos durante los muestreos de campo, así como los reportes que hay en la literatura, en donde se afirma que la mayor riqueza de este grupo se asocia a los Bosques deciduos y templados de la región (Contreras *et al* 2006).

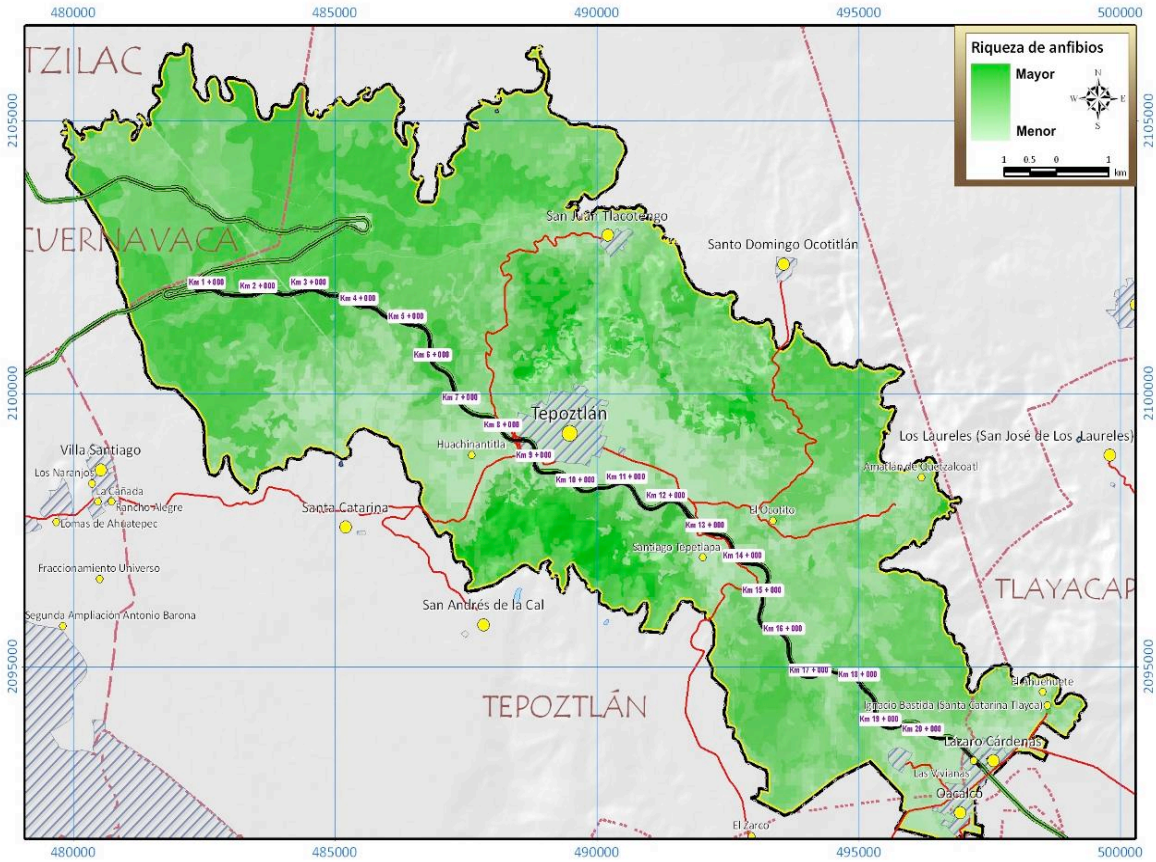


Figura IV.73. Modela especial de la distribución potencial del grupo de los Anfibios dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP



Figura IV.74. *Hyla eximia*, ranita, especie encontrada sobre un cauce intermitente en la porción Noroeste del SAR

En el caso de los reptiles algunos autores (Martin del Campo, 1940; Smith, 1949; Smith & Smith, 1976, Ramírez-Bautista, 1995.) describen una enorme diversidad de especies de reptiles para la región Norponiente del estado de Morelos, siendo esta, la zona principal donde se desarrolla el SAR. De acuerdo con los datos obtenidos en campo y en bibliografía, la mayor distribución de estos organismos se encontraron en la Selva baja caducifolia (Figura IV.75), reportando un total de 40 especies, de las cuales 16 se encuentran bajo algún estatus de riesgo. Cabe señalar que esta diversidad de herpetofauna se debe sobre todo a que son de afinidad Neotropical. En contraparte las zonas templadas que se desarrollan en la región Norte y Noroeste del SAR presentan rangos intermedios de diversidad, registrándose la mayor diversidad para las zonas de Bosque de Quercus en asociación con los Manchones de Matorral rosetófilo crasicaule.



Figura IV.75. Serpientes y lagartijas encontradas durante los proceso de colecta, Izquierda; *Crotalus transversus*, Derecha; *Barisia imbricata* (ambas catalogadas bajo estatus de Protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010)

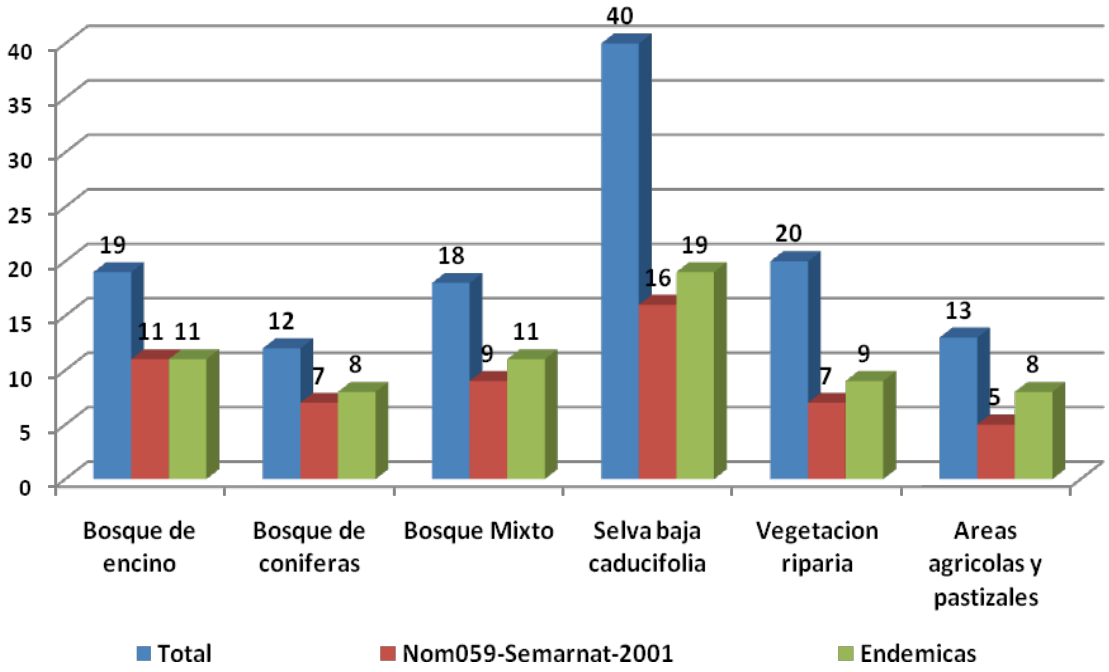


Figura IV.76. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Reptiles reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a los registros obtenidos y a los datos de distribución potencial que presenta la CONANP (2008), para la región Norte del estado de Morelos, la diversidad de especies de Reptiles se encuentra constituida por 48 especies, distribuidas en dos órdenes, 13 familias y 33 géneros. De las 48 especies con distribución potencial, 21 se encuentran catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 bajo el estatus de amenazadas, 14 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción (Tabla IV.26)

Tabla IV.26. Especies de Reptiles con distribución potencial en el SAR y con estatus de conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Boa constrictor imperator	Mazacuata	A
Conopsis biserialis	Culebra terrestre de dos líneas	A
Ctenosaura pectinata	Iguana	A
Heloderma horridum	Escorpión	A
Lampropeltis triangulum	Real coralillo	A
Phrynosoma taurus	Lagartija cornuda	A
Crotalus transversus	Víbora de cascabel	P
Abronia deppei	Lagartija	Pr
Agkistrodon bilineatus	Cantil enjaquimado	Pr

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Barisia imbricata	Lagartija	Pr
Crotalus durissus	Víbora de cascabel	Pr
Eumeces copei	Eslizón de cope	Pr
Gerrhonotus liocephalus	Lagarto serpiente, alicante	Pr
Imantodes gemnistratus	Culebra cordelilla	Pr
Kinosternon integrum	Tortuga casquito	Pr
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	Pr
Phrynosoma asio	Lagartija cornuda gigante	Pr
Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato	Pr
Salvadora mexicana	Culebra parchada	Pr
Sceloporus grammicus	Lagartija escamosa de mezquite	Pr
Tantilla calamarina	Culebra centipeda	Pr

En cuanto al grado de endemismo, se identificó que el 50% de las especies potenciales son endémicas a México o a Mesoamérica, y de estas 13 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.27).

Tabla IV.27. Especies de Reptiles catalogadas como endémicas con distribución potencial en el SAR

Especie	Nombre común	Endemismo
Abronia deppei	Lagartija	E
Barisia imbricata	Lagartija	E
Ctenosaura pectinata	Iguana	E
Phrynosoma asio	Lagartija cornuda gigante	E
Phrynosoma orbiculare	Lagartija cornuda	E
Phrynosoma taurus	Lagartija cornuda	E
Sceloporus horridus	Chintete común	E
Sceloporus torquatus	Lagartija	E
Urosaurus bicarinatus	Roñito de árbol	E
Anolis nebulosus	Lagartija de abanico	E
Eumeces brevirostris	Salamanquesa	E
Eumeces copei	Eslizón de cope	E
Coniophanes lateritius	Culebra de agua	E
Conopsis biserialis	Culebra terrestre de dos líneas	E

Especie	Nombre común	Endemismo
Leptodeira splendida	Escombrera sapera	E
Pseudoleptodeira latifasciata	Culebra ojo de gato	E
Rhadinaea hesperia	Minadora	E
Rhadinaea taeniata	Culebra de Pino y roble	E
Salvadora mexicana	Culebra parchada	E
Tantilla calamarina	Culebra centipeda	E
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	E
Crotalus transversus	Víbora de cascabel	E
Crotalus triseriatus	Víbora de cascabel	E
Kinosternon integrum	Tortuga casquito	E

Se debe resaltar que el grupo de las serpientes es el más diverso, sin embargo, el grupo que conforma a las lagartijas es más abundante, resaltando el género *Sceloporus* que presenta mayor rango de distribución y tolerancia, encontrándolas desde regiones Centro-Sur del SAR, donde existen cubiertas de SBC, hasta la zona Norte del polígono donde abundan los Bosques templados. Dentro de esta enorme variedad de especies, destaca la presencia de la tortuga casquito (*Kinosternon integrum*), que es la única tortuga registrada para la zona, tiene amplios rangos de distribución, siendo posible observarla desde Bosques templados (Abies, Pinus y Bosque mixtos) hasta Bosques tropicales (Castro-Franco y Bustos, 1994).

Como resultado del análisis de la composición de Reptiles en las diferentes asociaciones vegetales y utilizando el modelo de predicción GARP, en el que se asociacian distintos factores abióticos (clima, precipitación, altura, geomorfología y tipos de suelo) se identificaron 5 áreas de importancia donde se distribuye una mayor cantidad de especies de Reptiles, estos sitios se asocian principalmente a Selvas deciduas (Selva baja caducifolia), sin embargo, hacia la porción Noroeste el número de especies es menor, esto se debe principalmente al gradiente altitudinal, el tipo de vegetación y la cantidad de alimento, influenciando de manera directa en la distribución y abundancia de este grupo.

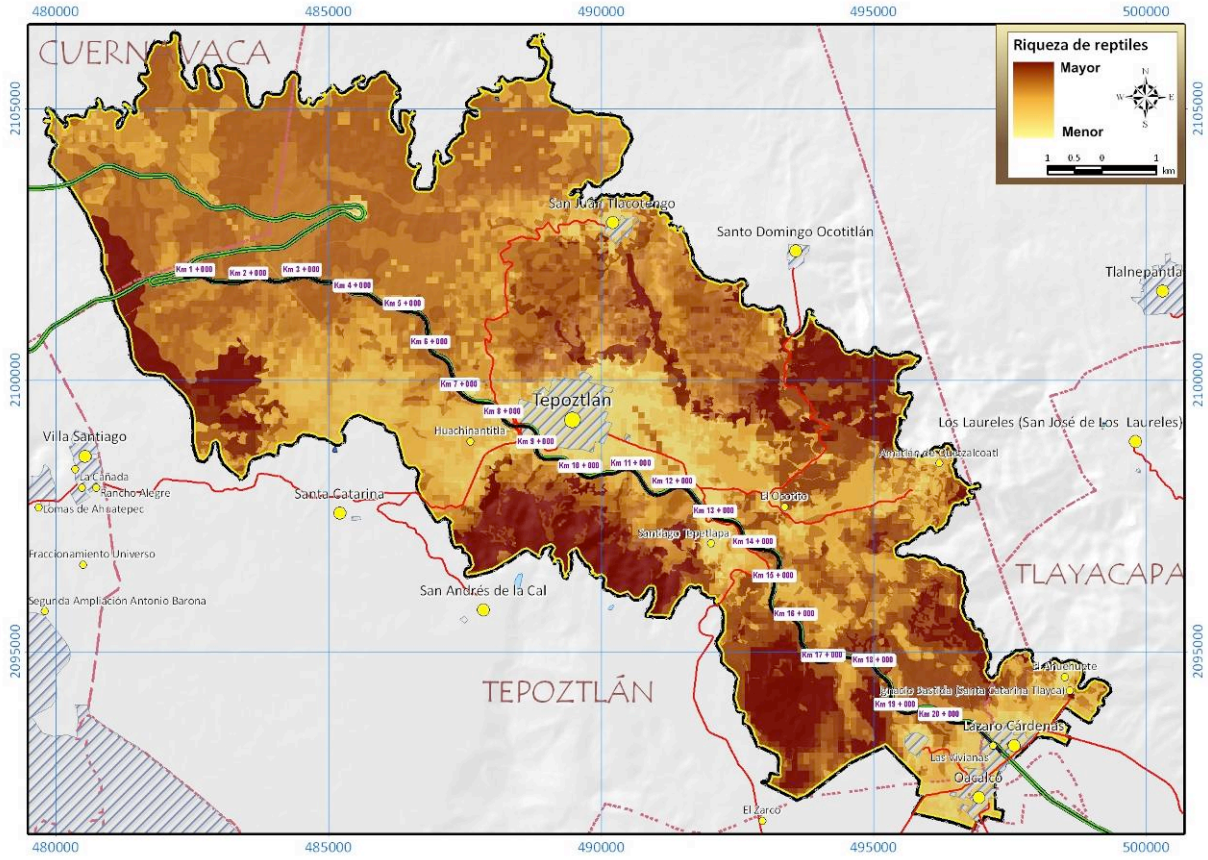


Figura IV.77. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de los Reptiles dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Tal y como lo señalan Castro-Franco y Bustos (1994), el mayor número de especies se asocia hacia los macizos de Selva baja caducifolia presentes al Sur y Suroeste del sistema, sitios donde existe una mayor cantidad de alimentos y sitios seguros donde puedan refugiarse.

Aves

La avifauna representa uno de los recursos zoológicos más importantes, ya que estos organismos superan en número de especies a los demás vertebrados terrestres. Las aves que existen en el mundo suman alrededor de 10 mil especies y en México las registradas alcanzan casi las mil, es por esto, que algunos autores han calificado a nuestro país como el "reino de las aves". Para el SAR se registraron 225 especies, de estas 7 se encuentran catalogadas bajo el estatus de protección especial (Tabla IV.28). De acuerdo a datos consultados en la CONANP (2008), el 9.77% son consideradas como endémicas a México o Mesoamerica y con hábitos y hábitats muy específicos, como el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi)* y la gallinita de monte *(Dendrortyx macroura)*, estas especies solo se distribuyen en hábitats específicos (en este caso, Pastizales y bordes de Bosques templados) del Noroeste del SAR. El resto de las especies (90.03%) son organismos abundantes, con amplios rangos de distribución y capaces de soportar presiones antrópicas.

Tabla IV.28. Especies de Aves con distribución potencial en el SAR listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2001	Endémica
Ortalis poliocephala	Chachalaca	-	E
Nyctiphrynus mcleodii	Pochuaca orejón	Pr	E
Streptoprocne semicollaris	Vencejo nucablanca	Pr	E
Chlorostilbon auriceps	Colibrí esmeralda	-	E
Cynanthus sordidus	Chupamirto prieto	-	E
Atthis heloisa	Chupaflor violeta	-	E
Melanerpes chrysogenys	Carpintero cariamarillo	-	E
Picoides stricklandi	Carpintero	-	E
Xenotriccus mexicanus	Papamoscas pardo	-	E
Vireo brevipennis	Vireo gusanero	-	E
Vireo hypochryseus	Vireo dorado	-	E
Campylorhynchus megalopterus	Sonaja parda	-	E
Campylorhynchus gularis	Matraca manchada	-	E
Campylorhynchus jocosus	Matraca alacranera	-	E
Thryothorus felix	Saltapared reyezuelo	-	E
Ridgwayia pinicola	Mirlo pinto	-	E
Toxostoma ocellatum	Cuitlacoche pinto	-	E
Melanotis caerulescens	Mulato	-	E
Atlapetes pileatus	Saltón hierbero	-	E
Melozone kieneri	Zorzal llanero	-	E
Oriturus superciliosus	Zacatonero rayado	-	E
Xenospiza baileyi	Gorrión serrano	-	E

En relación a las asociaciones con los diferentes tipos de vegetación, se identificó que la mayor abundancia de especies se registra hacia la Selva baja caducifolia, con 159 especies potenciales, de estas, 5 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la segunda asociación más diversa es la Vegetación riparia, esto se debe a que este tipo de ecosistema funge como corredor biológico de diversas especies, entre las porciones Norte del sistema (áreas donde se desarrollan Bosques de encino y de coníferas) y la porción Sur. Para la Vegetación ripiaria se asoció (de acuerdo a los hábitos, rangos de distribución y gradiente altitudinal) 134 especies de aves. La región que menos diversidad representó fueron los Asentamientos humanos, en estos sitios se pudieron encontrar pocas especies (32) en comparación a otros ecosistemas del SAR, sin embargo, el grado de abundancia de estas, lo ubican entre los primeros tres ecosistemas mas abundantes, esto se debe a que en

estas zonas existe mayor disponibilidad de alimento y por consecuencia mayor cantidad de individuos; entre las especies mas abundantes se encuentran *Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Columbina inca, Molothrus aeneus, Carpodacus mexicanus, Hirundo rustica, Toxostoma curvirostre, Pitangus sulphutarus y Pyrocephalus rubinus* (Figura IV.78).



Figura IV.78. Especies de aves encontradas durante los muestreos. Arriba de izquierda a derecha: *Passer domesticus, Hirunda rustica, Pitangus sulphuratus*. Abajo de izquierda a derecha, *Amazilia violaceps, Molothrus aeneus y Toxostoma curvirostre*

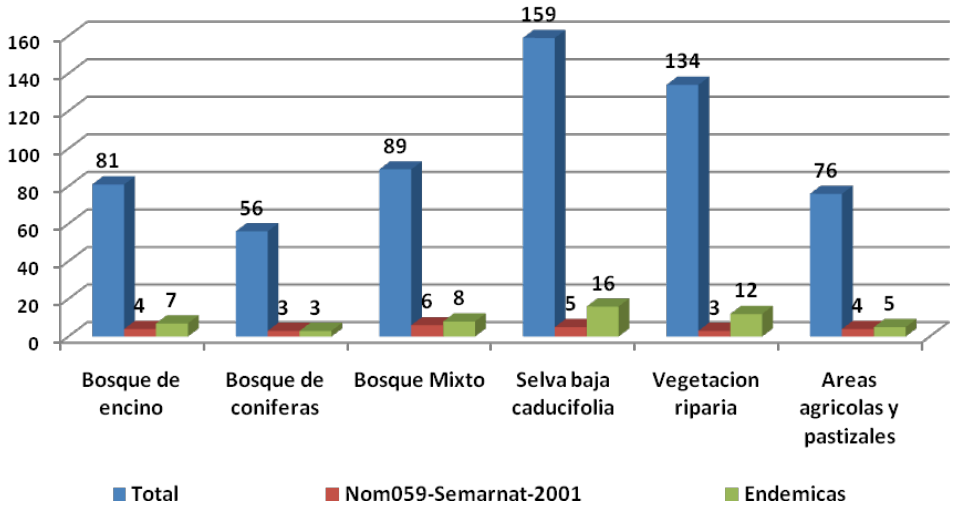


Figura IV.79. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Aves reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

En el caso de las Aves, la implementación del algoritmo de predicción GARP, asocio la mayor riqueza y distribución de especies hacia los Bosques conservados de Selva baja caducifolia, la matriz de probabilidad estuvo influenciada principalmente por la distribución de los campos de cultivo que circundan a las regiones de Selva baja, lo cual aumento el potencial de distribución de la aves, este factor determino que los mayores gremios utilicen

estas regiones como sitio de crianza y de descanso.

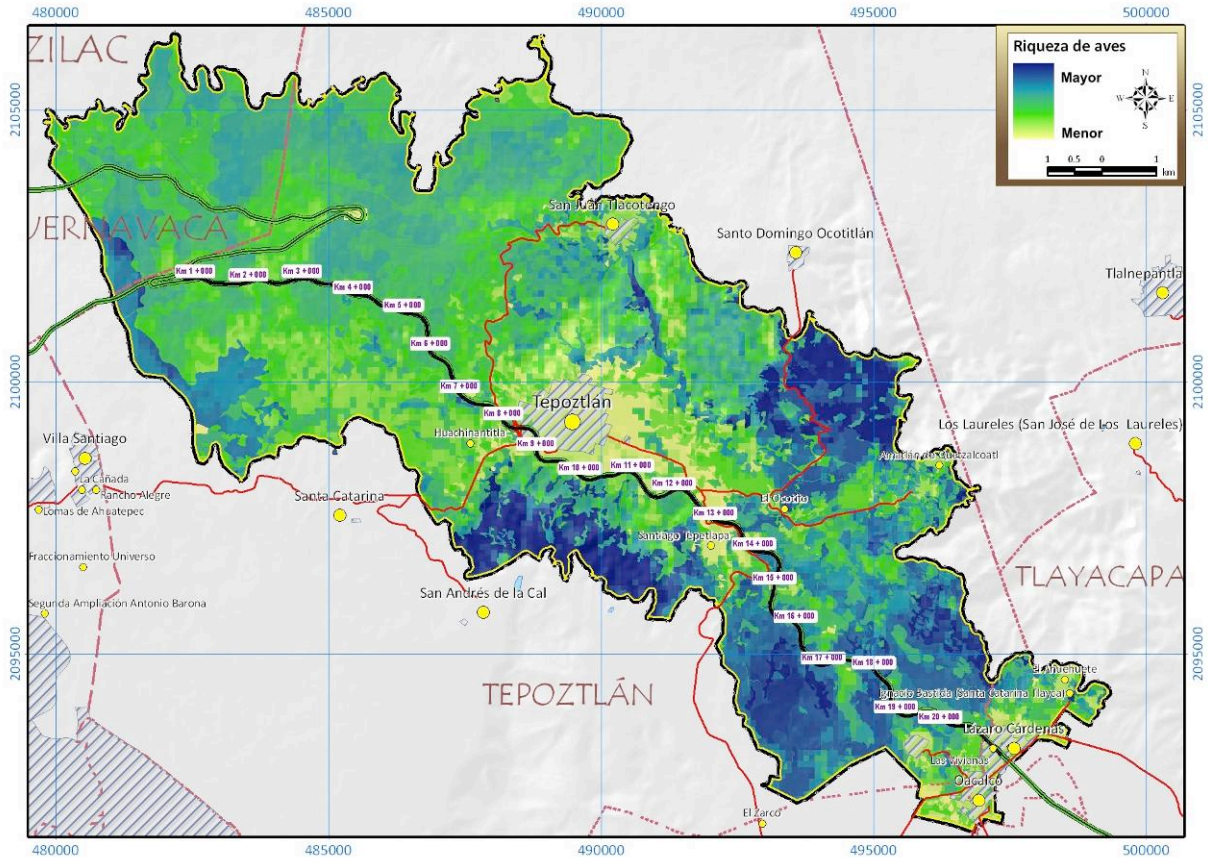


Figura IV.80. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de las Aves dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Los resultados obtenidos por la utilización del algoritmo, coinciden con los datos proporcionados por Ubina (en Contreras, 2006), en el que asocia la mayor diversidad y riqueza de especies de aves hacia la Selva baja caducifolia y áreas de transición entre este tipo de vegetación y las regiones agrícolas.

Mamíferos

México ocupa el segundo lugar en cuanto a la riqueza de mamíferos, ya que dentro del territorio se desarrollan cerca de 450 especies de hábitos terrestres (CONABIO, 1998). Para el SAR hay un registro potencial de 62 especies, de estas el 61.29% presenta amplios rangos de distribución. Entre el grupo de las especies más abundantes se puede mencionar a los roedores y murciélagos, así como los didelphidos. De la diversidad potencial que hay para la región, solo 2 especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Choeronycteris mexicana, Leptonycteris curasoae*, ambas catalogadas como amenazadas).



Figura IV.81. Especies de Mamíferos identificados durante los muestreos en campo

De acuerdo a datos recabados muchas de las especies de Mamíferos se distribuyen en zonas Neotropicales, resaltando la alta riqueza para la SBC (Figuras IV.82). La región Neártica (porción Noreste del SAR) se encuentra representada por especies de talla mediana, principalmente carnívoros y artiodactylos, sin embargo, también existen registros de especies con hábitos Neotropicales (Murciélagos, armadillos, tlacuaches, etc), esta diversidad se encuentra representada por aproximadamente 30 especies, siendo los Bosque mixtos (Pino, Encino) los que mayor riqueza reportan; entre las especies de mayor valor biológico de la zona se encuentran los linces (*Lynx rufus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), ambas especies son indicadoras de la estabilidad de estos ecosistemas (Barrera, 1953, 1963 y 1968). Dentro del SAR existen muchas especies que han modificado sus hábitos, que han dejado la seguridad que les brinda las masas boscosas para acercarse a los sitios de actividad humana; un ejemplo típico son el mapache (*Procyon lotor*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*), entre otras, todas ellas han encontrado en las orillas de las zonas urbanas la disponibilidad de ciertos recursos para su sobrevivencia. Algunas especies han logrado convertirse en “plaga” para los humanos, ya que en la búsqueda de alimento han causado la destrucción de sembradíos y en algunos casos han provocado zoonosis.

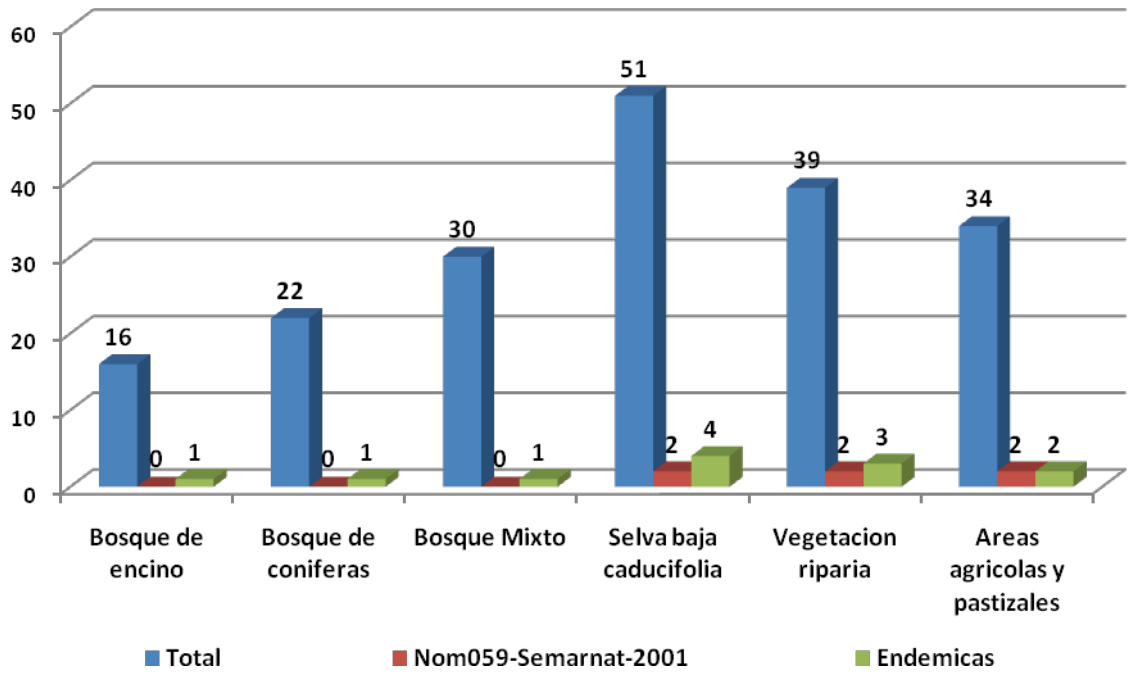


Figura IV.82. Distribución potencial por ecosistema de las especies de Mamíferos reportadas para el SAR, incluye número de especies endémicas y catalogadas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Para el grupo de Mamíferos la generación del GARP, se asoció principalmente a diferentes condiciones ambientales, tales como precipitación, temperatura, elevación sobre el nivel del mar, geología y las diferentes localidades de muestreo obtenidas durante la estancia en campo, así como datos de colecta del CIB-UAEM, como resultado se obtuvo que los mayores centros de diversidad y riqueza se encuentran en la porción Sur y Sureste del SAR, en estas áreas se distribuyen los principales centros de cultivo y macizos de vegetación caducifolia, que ven su interconexión a través de los corredores naturales generados por los escurrimientos perenes e intermitentes. Esta riqueza se encuentra conformada principalmente por roedores y murciélagos, seguido por carnívoros, marsupiales y lagomorphos.

En el caso de los Bosques templados, la riqueza esta representada principalmente por roedores, y carnívoros, sin embargo, la baja diversidad de especies se encuentra influencia por el gradiente altitudinal y las condiciones de clima y precipitación, estos factores determinan en gran medida la distribución de las especies de Mamíferos dentro del SAR.

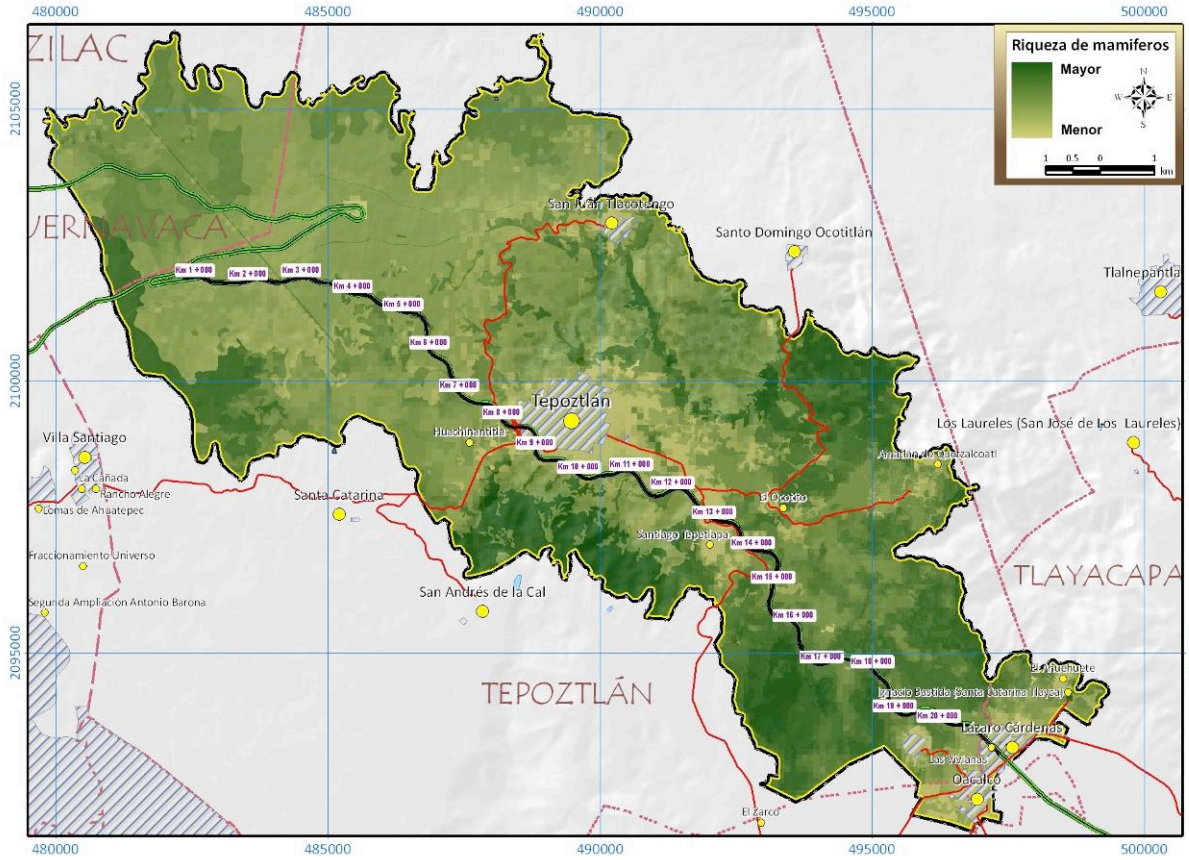


Figura IV.83. Modelo espacial de la distribución potencial del grupo de los Mamíferos dentro del SAR a través del algoritmo de predicción GARP

Distribución de la fauna por Asociación vegetal

La flora influye en gran medida en los patrones de distribución y en la abundancia de la fauna silvestre. Esto se debe a que los cambios en los tipos de vegetación inciden en la disponibilidad de alimento y refugios. Cada tipo de vegetación presenta características fisonómicas y estructurales propias como diversidad, formas dominantes, estructura, estacionalidad y productividad.

En el caso de la asociación fauna–vegetación se realizó el estudio minucioso de los patrones de distribución potencial de las 352 especies de vertebrados registradas para el SAR. Debido a que el sistema se encuentra representado por 5 tipos de vegetación[4] primaria (Bosque de encino, Bosque de coníferas, Bosques Mixtos, Selva baja caducifolia y Vegetación ripiaría) y asociaciones secundarias (Agricultura y Pastizales) se idéntifico la distribución potencial de cada una de las especies sobre los ecosistemas antes

[4] Cabe señalar que parte del SAR se ubica en la zona Norte del estado de Morelos, mismo que presenta elementos florísticos de afinidad Neártica (*Quercus, Pinus, Arbutus, Arctostaphylos, Castilleja y Penstenon*; Monroy y Taboada, 1990). Este tipo de vegetación se encuentra asociada a la provincia denominada Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978), en dicha provincia se presentan parte de las mayores elevaciones montañosas del país (5,000 m) mismas que propician la diferenciación de especies y al mismo tiempo el desarrollo de endemismos.

mencionados. En las siguientes líneas se describe el número de especies asociadas a cada uno de los ecosistemas, la importancia de los grupos faunísticos, así como el grado de endemismo y el estatus de riesgo que guardan de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Bosque de Encino (Incluye Bosque de Encino Perturbado y Zona de transición entre Matorral rosetófilo crasicaule y Bosque de encino)

Este tipo de vegetación se distribuye principalmente en la parte Noreste del SAR y se caracteriza por la dominancia del género *Quercus*; que es una comunidad densa, cuyos componentes forman un dosel de altura uniforme, las copas de las especies del estrato dominante cubren entre un 50 y 60% de la superficie. Su distribución ocupa 3,263.18 Ha dentro del SAR. Los Encinares además de presentarse como vegetación dominante, a menudo pueden verse asociados a otros tipos de plantas, que permiten el desarrollo de distintas comunidades, ya sean vegetales o faunísticas; en este caso, se asociaron los elementos de Matorral rosetófilo crasicaule, que se encuentran al Norte del Sistema. Durante los muestreos de fauna se ubicaron Manchones de Encinares perturbados por acción de las actividades humanas, mismas que propiciaron una pérdida de la riqueza faunística. En cuanto a las zonas conservadas es posible apreciar un amplio espectro de diversidad, la cual no se compara con la existente en las zonas perturbadas, sin embargo, se consideró la biodiversidad de ambas zonas. En total para las asociaciones de Bosque de encino con elementos de Matorral rosetófilo se obtuvo una distribución potencial de 131 especies, en este caso, se consideraron aquellas con hábitos mas especialistas, esto se debe a que en la diversidad calcula para el SAR es considerada en un 78% de hábitos generalistas y abundantes. De las 131 especies con distribución potencial 15 son anfibios, 19 son reptiles, 81 son aves y 16 son mamíferos, del total 23 especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (6 como amenazadas, 16 bajo protección especial y 1 en peligro de extinción, Tabla IV.29).

Tabla IV.29. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en los Bosques de encino y en las asociaciones de Matorral rosetófilo y Bosque de encino

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	3	5	-	7	15
Reptiles	3	7	1	8	19
Aves	-	4	-	77	81
Mamíferos	-	-	-	16	16
Total	6	16	1	108	131

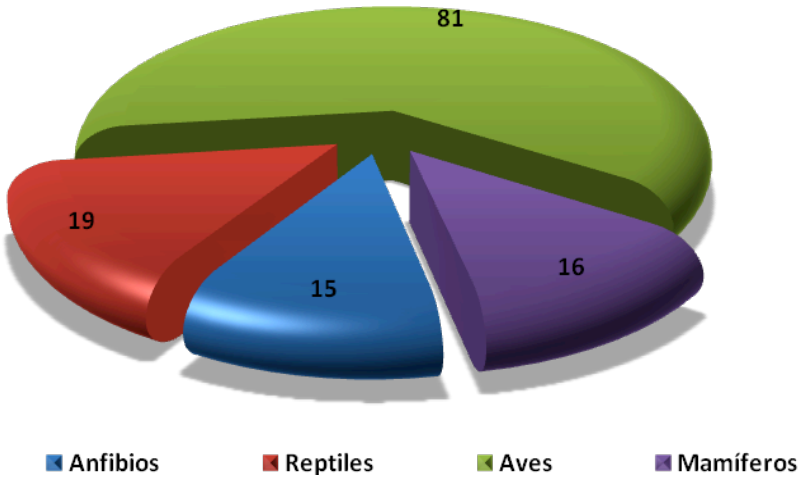


Figura IV.84. Número de especies con distribución potencial sobre los Bosques de encino y Matorral rosetofilo

La herpetofauna presente en el Bosque de encino suma un total de 34 especies, pertenecientes a 11 familias y 2 órdenes; del total de especies 19 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 como amenazadas, 12 bajo protección especial y 1 una en peligro de extinción (Tabla IV.30). En el caso de los anfibios las comunidades se encuentran distribuidas principalmente donde la humedad es elevada debido a que la cobertura vegetal brinda la capacidad de retención de agua, en este tipo de vegetación se distribuyen salamandras (*Pseudoeurycea leprosa*), ranas arborícolas (*Hyla arenicolor*), que son especies con extrema especialización ecológica y marcadas preferencias en cuestión de hábitat; en la zona Norte del SAR se distribuye una de las mayores zonas de recarga de mantos freáticos, que provee de la humedad necesaria para el desarrollo de este grupo de animales.



Figura IV. 85. *Pseudoeurycea sp. e Hyla arenicolor*

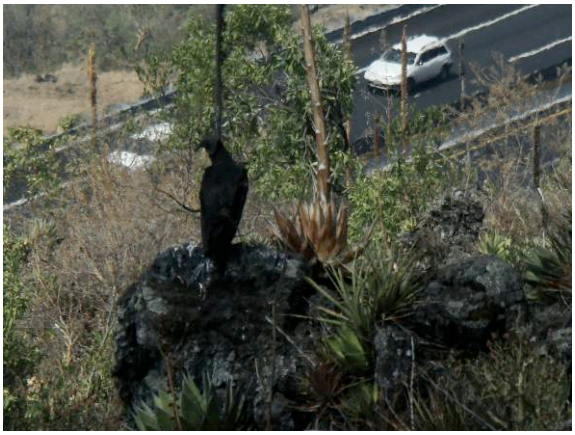
En cuanto a Reptiles, a diferencia de los Anfibios, son un grupo faunístico con amplia distribución como es el caso de *Sceloporus aeneus* (lagartija escamosa) y algunas especies de la familia Viperidae. Este grupo se encuentra conformado por 19 especies, agrupadas en 13 familias. El grado de endemismo para este grupo se encuentra representado por 11 especies, de estas 6 están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, por la distribución potencial de las 19 especies, el registro total de especies protegidas es de 11 especies (3 Amenazadas, 7 proteccion especial y 1 en peligro de extinción, Tabla IV.30)

Tabla IV.30. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial en los Bosques de encino y el Matorral rosetófilo crasicaule y que se encuentran sujetos a protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Hyla plicata	E	A
Pseudoeurycea belli	E	A
Pseudoeurycea leprosa	E	A
Chiropterotriton orculus	E	Pr
Hyla smaragdina	E	Pr
Pseudoeurycea altamontana	E	Pr
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Reptiles		
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Phrynosoma taurus	E	A
Crotalus transversus	E	P
Barisia imbricata	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Eumeces copei	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Sceloporus grammicus	-	Pr

El Bosque de encino es el tipo de vegetación más idóneo para la distribución de un gran número de Aves, ya que muchas de las especies se mueven a través del dosel y se alimentan de los frutos de una gran variedad de arboles, para esta asociación se identificó la distribución potencial de 81 especies, todas ellas agrupadas en 16 familias y 5 órdenes.

Durante los muestreos de campo se identificaron 34 especies de Aves, siendo las especies más abundante el zopilote (*Cathertes aura),* el copeton (*Ptilogonys cinereus*), el papamoscas triste (*Myiarchus tuberculifer*) y el tirano (*Myiarchus tuberculifer*). De las 81 especies de Aves con distribución potencial, 4 se encuentran catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo el estatus de protección especial (Tabla IV.31). En lo que respecta a las especies con distribución sobre el Matorral rosetófilo solo se identificaron algunas Aves de talla grande, en este caso 24 individuos de zopilote negro (*Coragyps atratus*) y 4 gavilanes (*Buteo nitidus*)



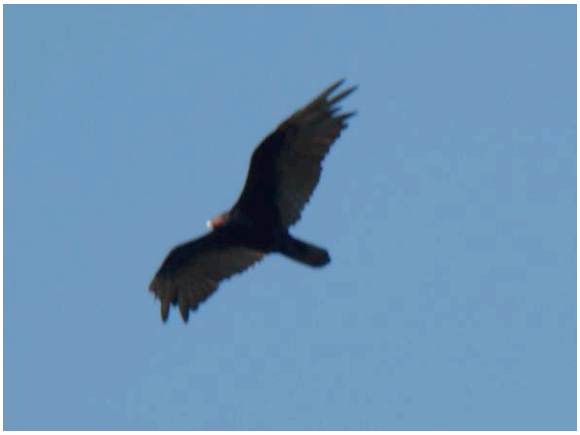


Figura IV.86. *Cathartes aura y Coragyps atratus*, especies más abundantes dentro de los Bosques de encino y Matorral rosetofilo. El *Coragyps* fue fotografiado en la región Noreste del SAR, cerca de la Pera

Tabla IV.31. Especies de aves catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010y que presentan distribución potencial dentro del Bosque de encino y el Matorral rosetofilo

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010
Dendrortyx macroura	Pr
Accipiter striatus	Pr
Buteo platypterus	Pr
Streptoprocne semicollaris	Pr

Para el caso de los Mamíferos; se identificó la distribución potencial de 16 especies, que se agrupan en 6 órdenes y 8 familias. Para este grupo no se registraron especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Durante el trabajo de campo, se observaron en distintos puntos excretas de zorra gris (*Urocyon cineroargenteus,* Lámina 62, Anexo 2), tlacuache (*Didelphis virginiana*), Ardilla (*Spermophilus variegatus*) y Coyote (*Canis latrans*), de este último se pudieron tomar muestras de pelo, las cuales fueron sometidas a diferentes procesos para realizar la identificación de especies, en este caso se obtuvo el registro de la presencia de *Peromyscus melanophrys*, estos resultados fueron comparados con los proporcionados por Jaramillo (2009).

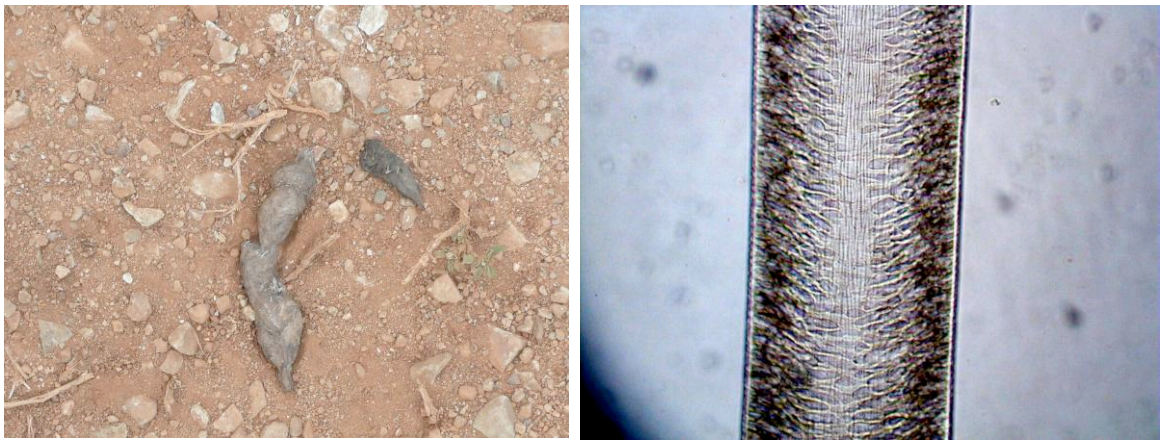


Figura IV.87. Izquierda. Excreta de *Canis latrans* encontrada sobre un camino dentro de los Bosques de encino del SAR. Derecha, pelo de *Peromyscus melanophrys* encontrado en la excreta de coyote y procesada bajo las técnicas de aclarado propuestas por Jaramillo (2009)

Durante los muestreos en campo se pudo identificar a través de diferentes transectos[5] la abundancia de *Sciurus aerogaster*, esto se realizó a través del conteo de letrinas, de los 10 sitios muestreados se obtuvo el registro de 44 letrinas, esto arroja la presencia de una ardilla cada 22.72 m. Sin embargo, durante los muestreos prospectivos sobre el derecho de vía se identifico la presencia de 12 individuos de esta especie atropellados.



Figura IV.88. Identificación *de Sciurus aerogaster* atropellado en distintas localidades sobre el trazo entre el Km 0+800 al 6+400

La identificación de esta especie se realizó a través de los cadáveres encontrados durante los días de muestreo, en algunos casos los individuos los restos no permitían realizar dicha identificación, sin embargo, a través del método de aclarado y observación al microscopio del pelo de guardia, se logró identificar a diversas especies de mamíferos que se encontraron atropelladas.

[5] Cada transecto tenia una longitud de 100m



Figura IV.89. Identificación de especies atropelladas a través de las técnicas de aclarado de pelo de guarda propuestas por Jaramillo (2009)

En resumen de las 131 especies de vertebrados con distribución potencial dentro de los Bosques de encino y Matorral rosetófilo, se identificó a través de distintos métodos la presencia de 49 especies, siendo el grupo más abundante el de los Reptiles, seguido por el grupo de las Aves.

Bosque de Coníferas (Incluye Bosque de Pino, Bosque de Abies).

Los Bosques de coníferas que se distribuyen dentro del SAR están constituidos por especies de Pinos, Abies que ocupan un total de 206.79 Ha, es decir, 1.79% del sistema. Este tipo de vegetación se distribuye en la región Norponiente del SAR, sus rangos altitudinales oscilan entre los 1,800 y 3,000 m, que presentan comunidades mixtas en diferentes zonas del polígono. Dentro de este tipo de vegetación se pudo observar zonas perturbadas que han sido modificadas por las diferentes actividades antropogénicas originando asociaciones con diferentes estratos vegetales. Estas condiciones han sido aprovechadas por diferentes grupos de vertebrados, por lo que la distribución esta conformada de la siguiente forma; 8 especies de Anfibios, 12 especies de Reptiles, 56 de Aves y 22 especies de Mamíferos (Figura IV.90).

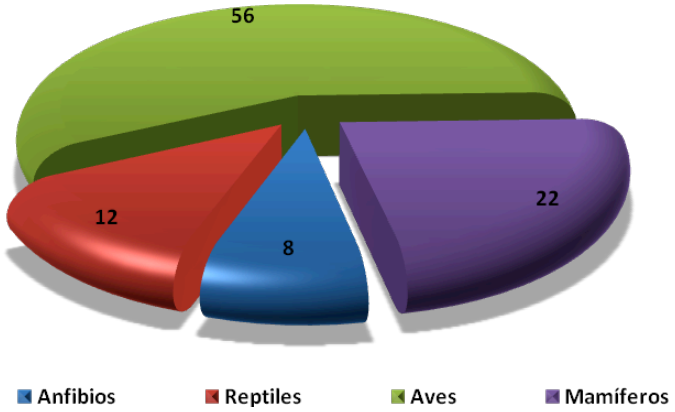


Figura IV.90. Número de especies con distribución potencial sobre los Bosques de coníferas

Del total de especies con distribución potencial se obtuvo que 17 especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 5 como amenazadas, 10 bajo protección especial y 2 en peligro de extinción (Tabla IV.32).

Tabla IV.32. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010con distribución potencial en los Bosques de coníferas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	2	4	-	2	8
Reptiles	3	3	2	4	12
Aves	-	3	-	53	56
Mamíferos	-	-	-	22	22
TOTAL	5	10	2	81	98

Herpetofauna

La Herpetofauna se encuentra representada por 20 especies, que por su potencial de distribución se pueden encontrar en otros tipos de vegetación (Bosque mixto y pino-encino). Entre las especies abundantes para estos ecosistemas destacan los micruridos y viperidos, así como una gran variedad de ranas (generos *Hyla* y *Rana*) y lagartijas de estas últimas se registraron una gran cantidad, especialmente del género *Sceloporus* y *Basiria*.



Figura IV.91. Individuos del genero *Basiria* y *Sceloporus* encontrados dentro de los Bosques de coníferas

Del total de reptiles y anfibios con distribución potencial en los Bosques de coníferas se identificaron 14 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de estas 5 están amenazadas, 7 bajo protección especial y 2 en peligro de extinción (Tabla IV.32).

Tabla IV.33. Especies de Reptiles y Anfibios con distribución potencial en los Bosques de coníferas y se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Pseudoeurycea belli	E	A
Pseudoeurycea leprosa	E	A
Hyla smaragdina	E	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Chiropterotriton orculus	E	Pr
Pseudoeurycea altamontana	E	Pr
Reptiles		
Phrynosoma taurus	E	A
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Crotalus transversus	E	P
Barisia imbricata	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr



Figura IV.92. *Crotalus transversus*, especie catalogada bajo el estatus de peligro de extinción

De acuerdo al listado de distribución potencial se identificó que en estos tipos de bosques se distribuyen un potencial de 56 especies de Aves, la mayoría de ellas arraigadas a este tipo de ecosistema, esto se debe a que muy pocas de las Aves Neotropicales pueden adecuarse a las condiciones de estos ecosistemas, ya que la altitud y el clima dificultan mucho su distribución. De las 56 especies con distribución potencial, se identificó que el 5.35% de las especies se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.34. Especies de Aves con distribución potencial en los Bosques de coníferas y que se encuentran sujetas a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Dendrortyx macroura	Gallinita de monte	Pr
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
Buteo platypterus	Gavilán aludo	Pr

Durante los muestreos en campo, solo se lograron identificar 21 especies de Aves, 5 de ellas pertenecen al orden de los falconiformes, 1 al grupo de los galliformes, 14 a los paseriformes y 1 al grupo de los piciformes. Este numero de registros representa el 37.5% de la riqueza estimada para las Aves en este tipo de ecosistema.

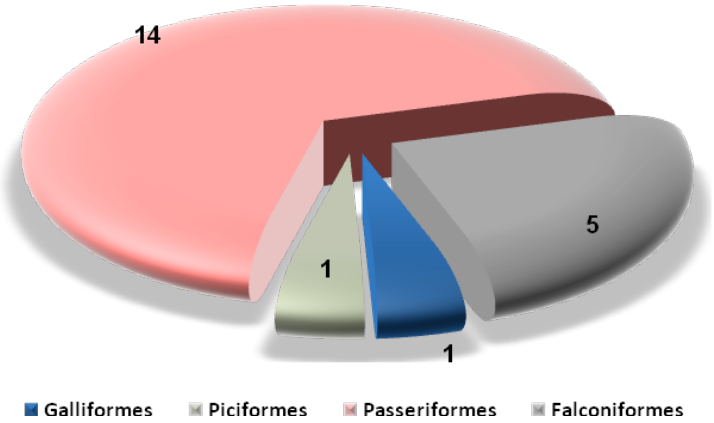


Figura IV.93. Número de especies de los distintos ordenes de Aves registradas en los Bosques de coníferas.

En cuanto a los Mamíferos, solo se identificaron 7 especies, esto a través de los rastros encontrados, excretas, madrigueras, restos óseos. De acuerdo a la estimación de diversidad regional para estos ecosistemas, la riqueza de la mastofauna se estima en 22 especies, ninguna de las especies potenciales se encuentran catalogas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre las especies mas comunes que se registraron se encuentran los tlacuaches (*Didelphis virginiana*), el Mapache (*Procyon lotor*), la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), el tejon y la ardilla (*Sciurus aerogaster*).



Figura IV.94. Excretas y huellas de distintas especies de mamíferos

Bosque Mixto (Encino-Pino, Pino – Encino, Oyamel - Encino)

El Bosque mixto se encuentra constituido por diferentes especies del genero *Pinus, Abies* y *Quercus*, que están restringidos a diferentes puntos del SAR, con una extensión de 1,351.43 Ha es la tercera asociación mas importante del sistema. La distribución de este tipo de vegetación se encuentra muy dispersa; en ella es posible observar interacción con especies arbóreas y arbustivas secundarias, que derivan de las distintas actividades antrópicas de la zona. Al igual que los Manchones de Coníferas, estos bosques son macizos continuos que se encuentran al Norte del sistema, porque la diversidad de especies se encuentra muy limitada, esto obedece a las condiciones abióticas donde se distribuyen, ya que el gradiente altitudinal es la principal limitación para la distribución y colonización de estas áreas.

La información obtenida durante los muestreos en campo y el análisis en gabinete arrojó la distribución potencial de 144 especies, siendo el grupo de las Aves el mejor representado con 89 especies, seguida de los Mamíferos con 30 especie, los Reptiles con 18 y los Anfibios con 7. De las 144 especies registradas se identificó un potencial de 20 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, además de la presencia de 25 especies endémicas.

Tabla IV.35. Número de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en los Bosques de coníferas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	2	3	-	2	7
Reptiles	3	5	1	9	18
Aves	-	6	-	83	89
Mamíferos	-	-	-	30	30
TOTAL	5	14	1	124	144

La herpetofauna que habita este tipo de vegetación es de gran interés (Contreras *et al*. 2006), pues en ella se distribuyen especies que se comparten directamente con el Bosque de coníferas, así pues, se distribuyen especies como *Hyla eximia* (Lámina 52, Anexo 2), ya que sus hábitos la reducen a los afluentes presentes en estas zonas, debido a que las condiciones presentes son idóneas para su desarrollo, cabe hacer mención que algunas especies de la familia Ranidae son muy abundantes. Para el caso de los reptiles 18 especies se encuentran asociadas al Bosque mixto, destacando la presencia de algunas especies del género *Crotalus* (*C. durisus, C. transversus)* y algunas especies de lagartijas como *Sceloporus grammicus*, *Anolis nebolosus* y *Sceloporus aeneus*, entre otras.

Tabla IV.36. Especies de Reptiles y Anfibios con distribución potencial en los Bosques de mixtos y que se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Barisia imbricata	E	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Phrynosoma taurus	E	A
Eumeces copei	E	Pr
Conopsis biserialis	E	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Micrurus laticollaris	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Crotalus transversus	E	P

Según datos del Laboratorio de Ornitología de la UAEM y con base a la consulta bibliográfica, se determinó que en este tipo de vegetación habitan 89 especies de Aves; que se encuentran representadas por avifauna del eje Neovolcánico. Entre ellas destacan la primavera real, *Turdus migratorius*), primavera huertera, el capulinero gris (*Ptilogonys cinereus*), la monjita de capucha azul (*Euphonia elegantissima*). Se distribuyen también especies de la familia Accipitidae (*Buteo swainsoni, Parabuteo unicinctus*). Durante los trabajos en campo se obtuvieron los registros visuales de 78 individuos, identificando en total 43 especies de Aves (1 Coraciforme, 4 Apodiformes, 1 Strigiforme, 2 Columbiformes, 3 Falconiformes y 32 Passeriformes).

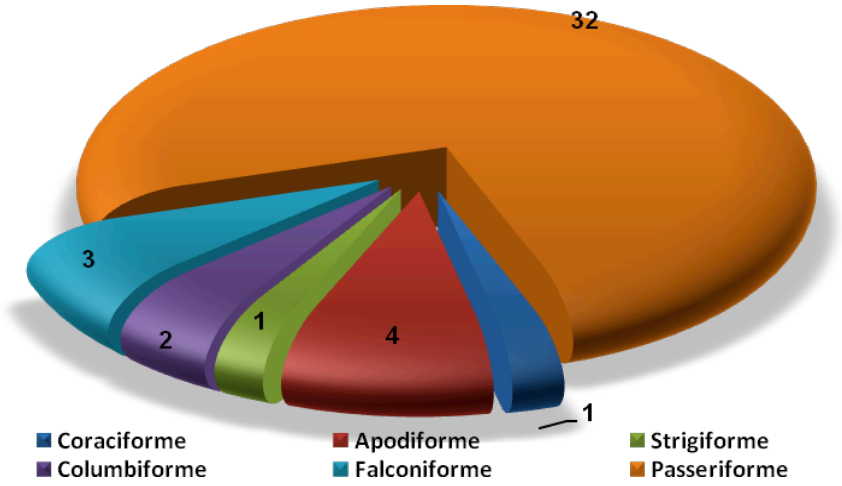


Figura IV.95. Número de especies de los distintos ordenes de Aves registradas en los Bosques mixtos

La diversidad de Aves registrada en este ecosistema representa el 19.11% del total de Aves para el SAR, esto ayuda a concluir que aunque la superficie de este tipo de ecosistemas es bajo, la calidad de hábitat provee de buenos nichos para las distintas especies de Aves del SAR.

Tabla IV.37. Especies de Aves con distribución potencial en los Bosques mixtos y se encuentran sujetos a conservación por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endémica
Dendrortyx macroura	Pr	-
Accipiter striatus	Pr	-
Buteo platypterus	Pr	-
Falco peregrinus	Pr	-
Nyctiphrynus mcleodii	Pr	E
Streptoprocne semicollaris	Pr	E

La mastofauna que se distribuye en este tipo de ecosistemas esta conformada por 30 especies. Así como en los otros tipos de hábitat se puede encontrar especies poco conspicuas (*Leptonycteris curasoae, Choeronycteris mexicana*), y presencia de especies generalistas, tal es el caso de la zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*), del coyote (*Canis latrans*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), entre otros. Durante la prospección se encontraron excretas de zorra y algunas ardillas.

Vegetación riparia

Este tipo de vegetación es característica de los afluentes perennes, su distribución dentro del SAR suele ser discontinua, debido a las condiciones del relieve. Desde el punto de vista faunístico, es importante, ya que es hábitat de numerosas especies, además de servir como corredores biológicos entre diferentes asociaciones vegetales que las rodean. Estos ecosistemas se han ido perdiendo paulatinamente, ya que su suelo es muy fértil y en su mayoría es utilizado para la expansión de las zonas agropecuarias, factor que propicia su degradación. Dentro del SAR se cuantifican cerca de 42.75 Ha de estos ecosistemas.

La Vegetación riparia provee de alimento y refugio a una elevada diversidad faunística. Para el SAR se tienen identificadas un total de 202 especies, que se encuentran divididas en 9 anfibios, 20 reptiles, 134 aves y 39 mamíferos (Figura IV.96).

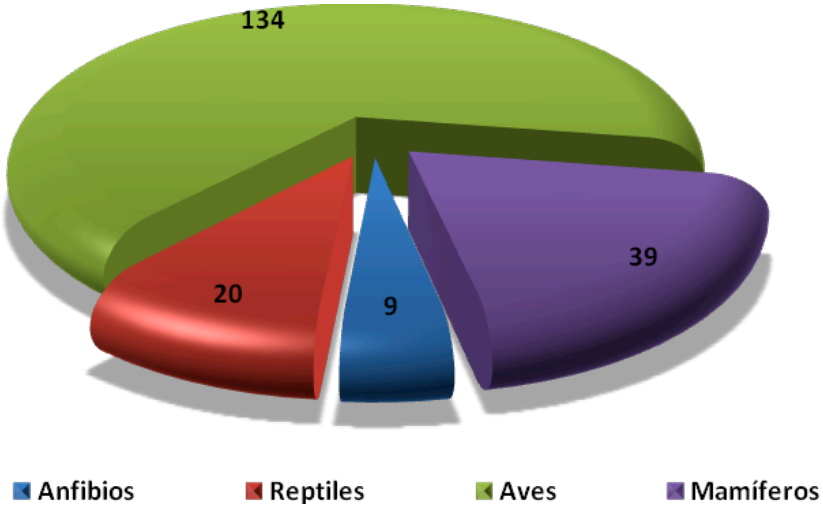


Figura IV.96. Diversidad faunística asociado a la Vegetación acuática del SAR

De las 29 especies de Herpetos que se distribuyen en este tipo de ecosistemas destaca la presencia de los Anfibios; debido a que estas zonas son la principal región de abundancia y diversidad, aunque dentro del SAR existen canales de riego, estas áreas son las más idóneas para el desarrollo de este grupo de animales. En cuanto a los Reptiles se observaron diversas especies, destacando *Ctenosaura pectinata,* los lugareños reportan la presencia de *Boa constrictor* y *Kinosternon integrum*; estas especies tienen gran plasticidad. Del total de Herpetos registrados para esta asociación, 8 especies se encuentran bajo el estatus de protección especial y 2 como amenazadas, NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.38).

Tabla IV.38. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial sobre los Bosques de galería y que se encuentran catalogados en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios		
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr
Reptiles		
Abronia deppei	E	Pr
Sceloporus grammicus	-	Pr
Boa constrictor imperator	-	A
Lampropeltis triangulum	-	A
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Kinosternon integrum	E	Pr

Dadas sus características, la vegetación riparia representa un hábitat idóneo para la distribución de un gran número de Aves, se registraron 134 especies, 3 se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de protección especial. Las condiciones temporales y espaciales de este tipo de vegetación determinan la presencia de especies capaces de adaptarse a diferentes cambios tanto de humedad como de disponibilidad de alimento, las especies más representativas de esta asociación son las que pertenecen a la familia Tyrannidae (*Pyrocephalus rubinus, Empidonax minimus* y *Myiarchus tuberculifer*), además de especies como *Aratinga canicularis, Buteo nitidus, Parabuteo unincictus* y algunos granívoros que buscan resguardo en algún momento del día.

Para los Mamíferos constituye un importante hábitat; se tienen reportadas un total de 39 especies. Es posible encontrar en estas zonas a especies de canidos (C*anis latrans y Urocyon cineroargenteus*), que utilizan estos parches como corredores hacia otros tipos de vegetación. Muchas de las especies presentan hábitos nocturnos y generalistas, como los Procyonidos o Didelphidos, que se caracterizan por presentar hábitos omnívoros y amplios patrones de distribución (*Procyon lotor*, *Mustela frenata* y *Didelphis virginiana*, entre otros). Esta diversidad se caracteriza por la influencia de las regiones biogeográficas y sistema de montañas que rodea al SAR.

Tabla IV.39. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a la Vegetación acuática del SAR

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	2	-	7	9
Reptiles	2	5	-	13	20
Aves	-	3	-	131	134
Mamíferos	2	-	-	37	39
Total	4	10	0	188	202

Selva Baja Caducifolia (Incluye Selva Baja Caducifolia Perturbada)

La extensión de la SBC en el SAR es de 2,075 Ha, este tipo de ecosistema se distribuye principalmente hacia la región Sur y Sureste del polígono. En la SBC del SAR es posible encontrar a mas de 260 especies de elementos faunísticos de origen Neotropical, La composición de este tipo de vegetación es diversa, dentro de la zona de influencia del SAR se identificaron 2 tipos de Selva baja caducifolia conservada, que se desarrolla en Cerros de la región Centro del Sistema (Chalchipetl y las faldas del volcán Suchiooc) y la perturbada (en la región Centro y Centro-Sur del SAR), misma que presenta variaciones, estas se generan por la presencia de actividad antropogénica dando lugar a un Matorral secundario constituido por algunas especies de los géneros *Acacia, Salvia* y *Mimosa*, entre otros.

La Selva baja representa un importante refugio para muchas especies de animales, algunas sobreviven exclusivamente en este tipo de vegetación. En este ecosistema existe un potencial de distribución de 259 especies; de las que 9 especies pertenecen al grupo de los Anfibios, 40 a Reptiles, 159 Aves y 51 Mamíferos (Figura IV.97).

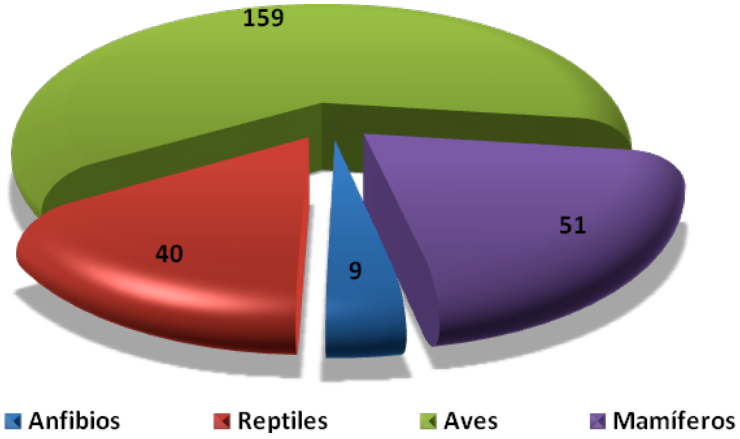


Figura IV.97. Diversidad Faunística presente dentro del Bosque Tropical Subcaducifolio

La diversidad de Anfibios y Reptiles que se desarrollan dentro de la SBC se encuentra conformada por 3 órdenes, 16 familias y 49 especies, de las que 18 se encuentran bajo algún estatus de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.40). En este tipo de vegetación es común encontrar una mayor diversidad de Herpetos debido a las condiciones que se presentan y a la gran cantidad de hábitats disponibles; residen tanto especies generalistas con amplios rangos de distribución como algunas lagartijas como las *Sceloporus Horridus, S. grammicus, Urosaurus bicarinatus*, sapos (*Chaunus marinus*) entre otras; así como especies con rangos de distribución mas restringidos y con marcadas preferencias en lo que se refiere a la elección de su hábitat como es el caso de la rana esmeralda (*Hyla smaragdina*), y la boa (*Boa constrictor*).

Tabla IV.40. Especies de Anfibios y Reptiles con distribución potencial sobre la Selva baja caducifolia y que se encuentran catalogados en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Reptiles		
Abronia deppei	E	Pr
Gerrhonotus liocephalus	-	Pr
Ctenosaura pectinata	E	A
Phrynosoma asio	E	Pr
Phrynosoma taurus	E	A
Sceloporus grammicus	-	Pr

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Heloderma horridum	-	A
Boa constrictor imperator	-	A
Imantodes gemnistratus	-	Pr
Lampropeltis triangulum	-	A
Pseudoleptodeira latifasciata	E	Pr
Tantilla calamarina	E	Pr
Micrurus laticollaris	E	Pr
Crotalus durissus	-	Pr
Crotalus transversus	E	P
Kinosternon integrum	E	Pr
Anfibios		
Rana forreri	-	Pr
Rana montezumae	E	Pr

La distribución de la Selva baja caducifolia que se presenta en el SAR es de importancia para la ornitofauna, debido a que este tipo de vegetación constituye un área de gran diversidad y endemismos; para estas áreas se tienen reportadas 159 especies divididas en 15 órdenes y 36 familias; de las que 5 especies se encuentran bajo el estatus de Protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.41). Esta franja de vegetación se caracteriza por la presencia de varias especies indicadoras de hábitat primario. En la parte Central del SAR este tipo de vegetación presenta pequeñas asociaciones con el Bosque de encino, que provee condiciones optimas para el traslape de la ornitofauna. De las especies observadas dentro de la SBC se puede mencionar al gavilán chapulinero, *Buteo swainsoni*, el quebrantahuesos (*Caracara plancus*), así como aves carroñeras, *Cathartes aura* y *Coragyps atratus*.

Tabla IV.41. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a la Vegetación acuática del SAR

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	2	-	7	9
Reptiles	5	10	1	24	40
Aves	-	5	-	154	159
Mamíferos	2	-	-	49	51
TOTAL	7	17	1	234	259

La interacción Mamífero-Planta, desempeña una importante función en la dinámica de la selva y de las comunidades de animales, debido a que los mamíferos son importantes polinizadores, dispersores y depredadores de las plantas, así que los patrones de distribución, abundancia y coexistencia de las especies están dados por las comunidades asociadas a dicha flora. Dentro del polígono de SAR se encuentran distribuidas comunidades muy variadas de Mamíferos, es fácil observar a individuos del orden Rodentia, así como a distintos miembros del orden Chiroptera. La gran diversidad mastofaunística está representada por 51 especies, que están distribuidas en 12 Familias y estos a su vez en 5 órdenes. Como se ha señalado el orden Chiroptera es muy diverso y abundante, estos tipos de organismos son esenciales en los ciclos tróficos, y en particular para la distribución del polen y semillas dentro de la Selva baja, el 45.5% de los registros obtenidos para este tipo de vegetación corresponde a este grupo. Dentro de este tipo de ecosistemas se encontraron rastros de diversas especies, como el caso del conejo castellano (*Silvilagus floridanus*), que fueron observados cerca de la caseta de Oacalco, además, se encontraron pellas (excretas) en sitios abiertos; cabe señalar que en esta área se encontraron diferentes tipos de casquillos de rifle, lo que hace suponer que esta especie es aprovechada por los pobladores de la comunidad. La diversidad de la mastofauna que se distribuye en la SBC está dada por la amplia disponibilidad de recursos, lo que permite un ciclo trófico entre las diferentes comunidades de vertebrados presentes en estos Ecotonos. Entre ellos destacan los roedores, ya que presentan una fácil adecuación, además de que sus poblaciones son muy numerosas, entre ellos están el ratón de abazones, *Liomys irroratus*, los ratones de campo (*Oryzomys couesi, Reithrodontomys sp Peromyscus sps, entre otras*), así como algunos carnívoros como la zorra gris (*Urocyon cineroargenteus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el mapache *Procyon lotor*, (Lámina 62, Anexo 2), el coatí *Nasua nasua*, (Lámina 62, Anexo 2) y algunos zorrillos (*Mephitis macroura, Conepatus leuconotus, Spilogale putorius*).

Durante los muestreos se obtuvieron registros de fauna atropellada, principalmente integrantes del grupo de los mamíferos, sin embargo, también se tienen registros de diferentes especies de Reptiles y Aves. La mayoría de las especies encontradas son de hábitos generalistas y de amplia distribución.



Figura IV.98. Especies de vertebrados encontrados atropellados sobre la carretera La Pera-Cuautla, en zonas donde se distribuye la Selva baja caducifolia

Agrosistemas y Pastizales. (Incluye zonas agrícolas de temporal y perennes, así como pastizales)

La distribución de las Zonas agrícolas en el SAR comprenden el 14.58% (1,717.63 Ha), estas asociaciones conforman la matriz en la que se encuentran embebidos algunos fragmentos de vegetación natural del SAR, la presencia de estos ecosistemas deriva de las actividades antrópicas que se han realizado en la región. Este factor ha originado que diversas comunidades sufran un reacomodo hacia las zonas más conservadas, otras tantas han logrado adaptarse y especializarse a los recursos presentes, Sin embargo, la suma de estos factores es una condicionante para la riqueza faunística de la zona. Con base en la consulta bibliográfica, colectas y entrevistas con los pobladores se llegó a cuantificar la

posible incursión de 123 especies de vertebrados terrestres, que se dividen de la siguiente manera: 13 especies de Herpetos; 76 especies de Aves y 34 de Mamíferos. De acuerdo a la consulta se determinó que dentro de estas zonas incursionan 11 especies con algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.42).

Tabla IV.42. Número de especies de los diferentes grupos de vertebrados que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y están asociados a los Agrosistemas

Grupos	Amenazada	Protección Especial	Peligro de Extinción	Sin riesgo	Total
Anfibios	-	-	-	1	1
Reptiles	1	4	-	7	12
Aves	-	4	-	72	76
Mamíferos	2	-	-	32	34
Total	4	7	0	112	123

De la anfibiofauna, se tienen registros de la ranita de las rocas (*Hyla arenicolor*) y de el sapo común (*Bufo marinus*), este último se observó atropellado en varios puntos a lo largo de la carretera; diversos estudios han demostrado que la abundancia de esta especie alcanza los 20 Individuos/100m^2 y su principal área de distribución son zonas con alto grado de perturbación[6], en especial aquellas con actividad antrópica; como ejemplo, destacan las Zonas de cultivo que se encuentran entre la comunidad del Oacalco y Tepoztlan. De acuerdo a la información obtenida, se identificó la distribución potencial de 3 especies de anfibios, ninguno de ellos bajo categoría de riesgo.

Los Agrosistemas y Pastizales son uno de los tres hábitats más importantes para la herpetofauna en la región en donde se ubica el SAR. Especies como *Sceloporus gadovia, S. Horridus, Urosaurus bicarinatus, Anolis nebulosus* y *Lampropeltis triangulum* son características de estos ecosistemas. Con la integración del listado faunístico y la asociación de las especies a los diferentes ecosistemas que se distribuyen en el SAR se identificó que para los agrosistemas y pastizales habitan 5 especies de herpetos bajo algún estatus de riesgo (*Abronia deppei, Phyosoma asio, Lampropeltis triangulum, tantilla calamarina y Ctenosaura pectinata*). Las Aves avistadas fueron, *Buteo nitidus, Falco sparverius, Molothrus aeneus, Turdus rufopalliatus, Passer domesticus, Columbina passerina, Quiscalus mexicanus, Bubulcus ibis y Caracara plancus*. La diversidad está integrada por 46 especies de las que 7 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.43)

[6] Lampo, M; De Leo, G.A. (1998). "The invasion , Ecology of the toad *Bufo marinus*: From South America to Australia". Ecological Applications. 8(2): 288-296.

Tabla IV.43. Especies de Aves que incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en las Zonas agrícolas y Pastizales

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Accipiter striatus	Gavilán pajarero	Pr
Buteo platypterus	Gavilán aludo	Pr
Falco peregrinus	Halcón peregrino	Pr
Aratinga canicularis	Periquillo común	Pr

La diversidad mastofaunística que habita en este tipo de ecosistemas tiene valores reducidos, debido a que las especies originales fueron desplazadas por aquellas que presentan hábitos generalistas y de fácil adaptación, como el grupo de los roedores (con hábitos granívoros y beneficiados por la agricultura), los murciélagos (la mayoría frugívoros, con excepción de *Desmodus rotundus*), o aquellos carnívoros de talla mediana (*Urocyon cineroargenteus, Procyon lotor* y *Didelphis virginiana*, entre otros) que encontraron en estos ecosistemas alimento en abundancia. Con la información bibliográfica de la zona y la recabada en campo se obtuvo la distribución potencial de 34 especies de Mamíferos, el grupo de los murciélagos resultó el más diverso (47.05% de las especies registradas), seguido del grupo de los carnívoros (33.33%), roedores, marsupiales, lagomorfos y edentados conforman el 19.61% restante. Para esta asociación vegetal solo se registran 2 especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.44).

Tabla IV.44. Especies de Mamíferos que incursionan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con distribución potencial en las Zonas agrícolas y Pastizales

Especie	Endémico	NOM-059-SEMARNAT-2010
Choeronycteris mexicana	-	A
Leptonycteris curasoae	-	A

Estado de conservación de la Fauna

De las 352 especies de vertebrados con distribución potencial en el SAR el 11.36% de estas especies presentan algún estado de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), durante la identificación de los hábitos y ecosistemas de cada una de las especies enlistadas se identifico que el grupo de los herpetos son los más susceptibles (10 especies de Anfibios y 21 de Reptiles), seguidos por el grupo de las Aves (7 especies) y los Mamíferos (1 especie). De acuerdo a los rangos de distribución altitudinal tipo de vegetación, hábitos y estado de conservación de los ecosistemas se cuantifico que la mayor cantidad de especies en riesgo se distribuye en la Selva baja caducifolia (con 25 especies), seguida del Bosque de encino y del Matorral rosetófilo (con 23 especies), el Bosque mixto (con 20 especies), el Bosque de coníferas (con 16 especies), la Vegetación riparia (con 14 especies) y los Agrosistemas (con 11 especies) (Figura IV.99).

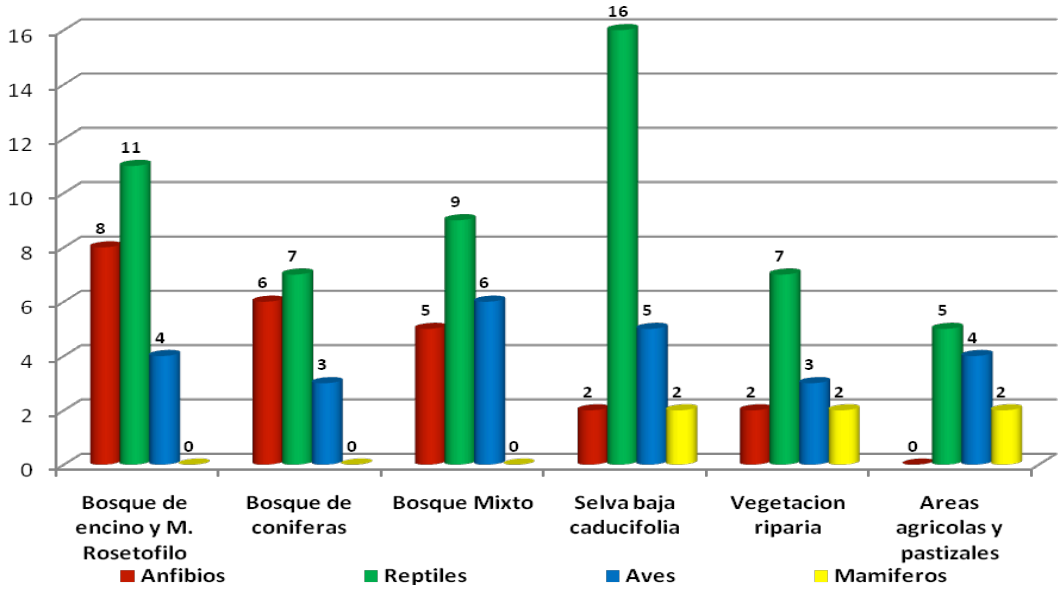


Figura IV.99. Número de especies potenciales catalogadas en la NOM059-SEMARNAT-2001 con distribución en los diferentes tipos de vegetación del SAR

Este análisis pudo comparar que las especies más susceptibles por cada uno de los tipos de vegetación son los Reptiles, esto se debe a que gran parte de las especies catalogadas pertenecen al grupo de las serpientes, estos organismos son considerados como no deseados y durante largo tiempo han sembrado miedo sobre la población humana, sin embargo, también existen especies que han sido utilizadas como alimento, tal es el caso Ctenosaura pectinata (Iguana prieta), esta especie ha sido explotada por los lugareños durante mucho tiempo, logrando reducir su hábitat a zonas muy especificas.



Figura IV.100. Captura de iguana para consumo humano (Imágenes de internet)

El segundo grupo que mayor afectación reportó es el de los Anfibios, esto se debe a que la pérdida de hábitat ha reducido significativamente la distribución de estas especies, restringiéndolas hacia las zonas más conservadas de los Bosques templados y de la Selva baja caducifolia. De acuerdo a los rangos de distribución, humedad relativa y tipo de vegetación, la mayor concentración de especies bajo estatus de conservación se ubica en los Bosques de encino, seguida de los Bosques de coníferas y Selva baja caducifolia.

Las Aves representan el tercer grupo con más especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (7 especies, lo que representa el 1.98% de la diversidad potencial del SAR), siendo el principal hábitat los Bosques mixtos, en ellos se distribuyen 6 de las 7 especies catalogadas, en ellos podemos encontrar distintos gavilanes y halcones, así como tapa caminos y pequeños gorriones. La segunda zona con mayores especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 es la Selva baja caducifolia, seguida del Bosque de encino y Vegetación riparia.

En lo que respecta al grupo de los Mamíferos solo se tienen identificadas 2 especies, ambas pertenecen al grupo de los quirópteros, estos organismos son considerados de acuerdo a sus hábitos y rangos altitudinales de distribución como especies Neotropicales, distribuyéndose principalmente sobre la Selva baja caducifolia y Vegetación ripiaría (Ceballos y Oliva 2005), presentando una distribución potencial sobre las áreas Agrícolas y Pastizales.

Tabla IV.45. Número de especies potenciales en cada uno de los ecosistemas del SAR y que se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

Tipo de Vegetación	Número de Especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010				Total
	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	
Bosque de encino y M. Rosetófilo	8	11	4	-	**23**
Bosque de coníferas	6	7	3	-	**16**
Bosque Mixto	5	9	6	-	**20**
Selva baja caducifolia	2	16	5	2	**25**
Vegetación riparia	2	7	3	2	**14**
Áreas agrícolas y pastizales	-	5	4	2	**11**

Corredores biológicos dentro del SAR

Los estudios enfocados sobre la distribución de especies se concentran en identificar factores que influyen en ésta, con el objeto de identificar el área de distribución. Los métodos que se utilizan para modelar la distribución de especies han sido diversos y se consideran desde simplemente delimitar el contorno del área de distribución a partir de puntos de recolecta marginales hasta el uso de métodos cuantitativos (Rappoport, 1975; Sánchez Cordero et al 2001). La implementación de estas metodologías da como resultado la cuantificación de la riqueza en una determinada región. De acuerdo a Villa (2005), se pueden

clasificar a las especies según la extensión de su área de distribución, por ejemplo, aquellas que tienen una amplia distribución (son especies que fueron recolectadas o identificadas en más de un sitio con características fisiográficas y ambientales diferentes) y las locales (aquellas que presentaron registros en lugares más específicos, lo que permite caracterizar su reducida área de distribución y preferencias a ciertos ambientes).

La distribución de especies de vertebrados dentro del SAR se encuentra asociada principalmente a las condiciones fisiográficas de la región (altitud, latitud, topográfica, clima e historia geológica) y a la diversidad y heterogeneidad de los hábitats. De acuerdo a los parámetros biogeográficos para México (CONABIO; 1998), en el SAR convergen 2 regiones biogeográficas (la Neártica y la Neotropical), esta zona de contacto forma parte de la cuenca superior del Rio Balsas y se caracteriza por un elevado nivel de endemismo que se asocia de manera directa a los diferentes tipos de vegetación presente en la región (Ceballos y Oliva; 2005). En el caso del SAR, se distribuyen 4 tipos de vegetación primaria dominante, estas son los Bosques de encino (2,986 Ha), los Bosques mixtos (1,355 Ha), los Bosques de coníferas (206 Ha) y la Selva baja caducifolia (1,327.42 Ha); esta última se caracteriza por la pérdida de hojas y frutos durante la época de estiaje, lo que promueve a que gran parte de las especies que se habitan estas regiones en temporada de lluvias, se desplacen hacia la porción Norte del sistema donde encuentran hábitats con mayor cobertura vegetal (tanto en el estrato arbóreo como en el sotobosque) que les provee resguardo y sitios donde alimentarse (especies herbívoras y frugívoras).

Lo anterior se traduce en la disponibilidad de alimento para aquellas especies que se alimentan de esta producción primaria (plantas y frutos); dentro de estos gremios se encuentran una gran variedad de Aves y Mamíferos, entre ellos los venados (*Odocoileus virginianus*), conejos (*Silvilagus sp*), tlacuaches (*Dildelphis virginiana*), tejones (*Nasua nasua*) y diversas especies de murciélagos (*Artibeus hirsutus, Artibeus jamaicensis, Glossophaga soricina, Sturnira lilium*, entre otros). Por lo tanto, al ser las hojas, frutos y semillas un recurso indispensable, estas especies realizan movimientos entre la Selva baja caducifolia y los Bosques perennes al Norte del SAR y sitios donde existen cultivos de riego y temporal (maíz, frijol, calabaza, jitomate, caña, arroz, sorgo, durazno, ciruela, guayaba, capulín, nopal, entre otros). Estos desplazamientos pueden ser en forma diaria o estacional; aquí se incluyen los animales muy vágiles como las Aves y murciélagos, o estacionales como algunos Mamíferos medianos; como por ejemplo, la zorra (*Urocyon cineroargenteus*), zorrillos (*Mephitis macroura y Conepatus leuconotus*), tejones (*Nasua nasua*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*) y mapaches (*Procyon lotor*).



Figura IV.101. Izquierda a derecha; *Nasua nasua, Urocyon cineroargenteus y Glossophaga soricina*, son especies de origen Neotropical con amplios rangos de desplazamientos dentro del SAR

Como resultado de estas interacciones se puede observar que durante la época de estiaje existe una mayor concentración de estos gremios (herbívoros y frugívoros) hacia las zonas con mayor cobertura vegetal y sitios donde existen agricultura de riego y de temporal, estas concentraciones promueven la vagilidad de especies carnívoras, entre ellas el coyote (*Canis latrans*), el lince (*Lynx rufus*), la comadreja (Mustela frenata) y diversas especies de Aves de rapiña (*Buteo swainsoni, Buteo albicaudatus, Buteo jamaicensis, Caracara cheriway, Falco sparverius, Falco columbarius* y *Falco peregrinus*); como resultado estos depredadores van siguiendo a las presas y tienen los mismos desplazamientos durante la época de estiaje.

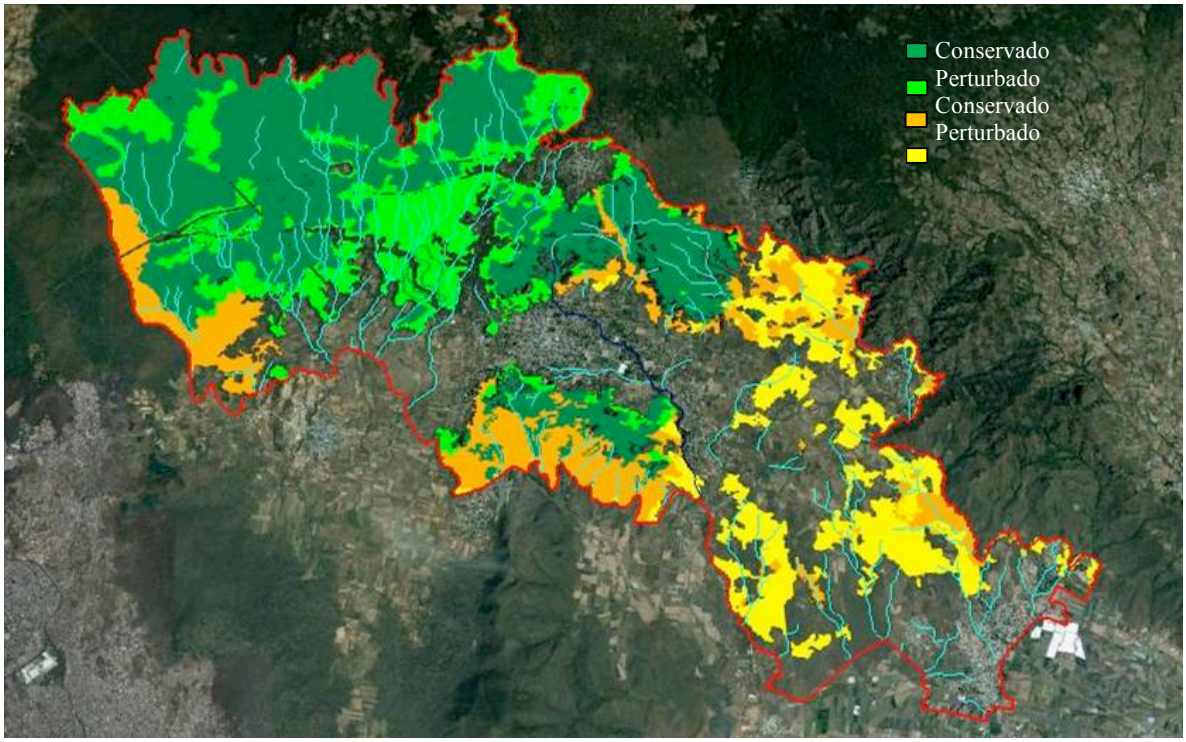


Figura IV.102. Principales corredores biológicos dentro del SAR, en tono verde se pueden apreciar los Bosques templados, en tono amarillo, la Selva baja caducifolia, estos sistemas presentan conexión entre la porción Norte y Sur a través de sistemas de escurrimientos superficiales

Cuando llegan las lluvias hay una producción masiva de los recursos alimenticios vegetales y los animales se vuelven a dispersar hacia la Selva baja para reducir la competencia y aprovechar los recursos. Por otra parte, también hay movimientos horizontales dentro de un mismo tipo de vegetación en las distintas estaciones del año. En la época de estiaje, debido a que el alimento escasea, es necesario recorrer mayores distancias para cubrir las necesidades de forrajeo. En la época lluviosa en cambio, cuando hay mayor disponibilidad y variedad de alimento, los desplazamientos horizontales son realizados para buscar mayor calidad de forrajeo.

En este caso destaca el venado colablanca (*Odocoileus virginianus*), que busca frutos más grandes y árboles con hojas más fáciles de digerir, así como muchos murciélagos y Aves

buscan semillas y frutas más ricas en proteínas como los frutos del capulín, ciruela y guayaba.



Figura IV.103. Izquierda a derecha; ***Procyon lotor, Falco sparverius, Buteo albicaudatus,* especies de hábitos carnívoros que se desplazan de acuerdo a la distribución del alimento**

Por otro lado hay que hecer notar que las unidades hidroforestales del SAR (asociaciones de Vegetación ripiaría y sitios con escurrimientos superficiales intermitentes) corren como franjas que cruzan de Norte a Sur el sistema, estas franjas se encuentran sujetas a inundaciones estacionales (época de lluvias), por lo cual, es utilizada por especies que se asocian a este tipo de ecosistemas como rutas de dispersión, colonización, reproducción y alimentación durante la época de lluvias

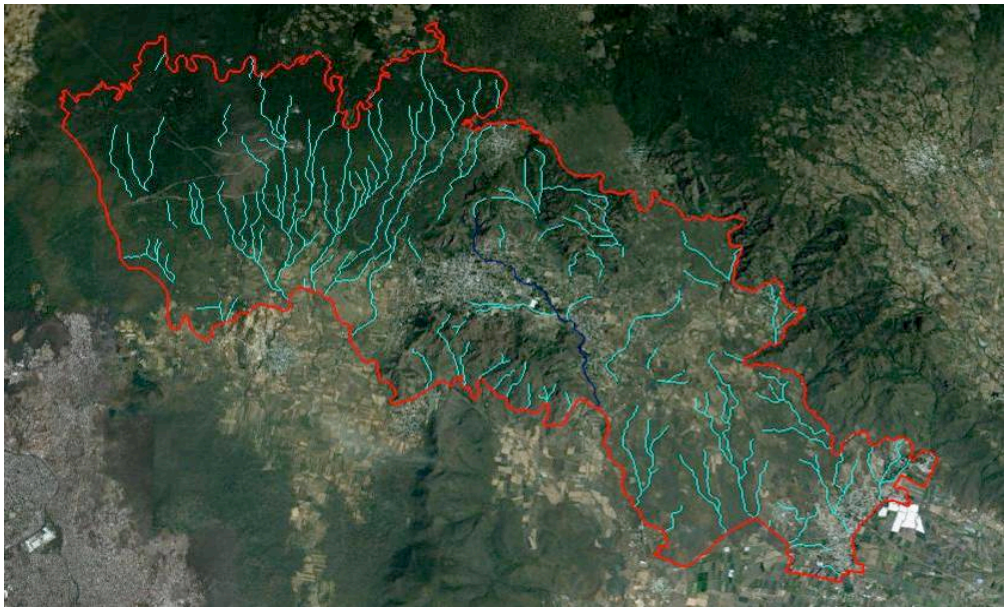


Figura IV.104. Escurrimientos superficiales del SAR, los cuales son utilizados como corredores biológicos entre la zona Norte y Sur del Sistema

Durante la estancia en campo se identificaron 22 zonas como pequeños corredores que utilizan los animales para cruzar el trazo en operación de la carretera La Pera–Cuautla; estas

se distribuían principalmente sobre asociaciones secundarias de Bosque de encino y Selva baja, en estas partes se identificaron como pasaderos entre los Bosques fragmentados por la carretera actual, en ellos se encontraron rastros de 9 especies de Mamíferos y 2 especies de Reptiles, la identificación de dicho rastros se realizo a través de guías especializadas (Tabla IV.46).

Tabla IV.46. Ubicación de las rutas de distribución de especies sobre el derecho de vía de la carretera actual identificadas a partir de huellas, excretas o avistamientos

Punto	Coordenadas	Punto	Coordenadas
1	14Q 483064 2101803	14	14Q 493256 2096602
2	14Q 486087 2101365	15	14Q 493160 2096264
3	14Q 486530 2101243	16	14Q 493124 2096034
4	14Q 486771 2100770	17	14Q 493349 2095644
5	14Q 487185 2100048	18	14Q 493594 2095506
6	14Q 487382 2099726	19	14Q 493649 2095186
7	14Q 487831 2099564	20	14Q 494290 2094877
8	14Q 488939 2098558	21	14Q 494833 2094885
9	14Q 489465 2098423	22	14Q 495208 2094567
10	14Q 490504 2098359	23	14Q 495386 2093952
11	14Q 491868 2097634	24	14Q 496155 2093981
12	14Q 492554 2097228	25	14Q 496473 2093731
13	14Q 493147 2096838		

Afinidad biogeografica

Según Goldman y Moore (1946) y de acuerdo al análisis de los datos del sistema de información geográfica, el SAR se encuentra enclavado en la porción Sur de la región Neártica (Provincia del eje Volcánico Transversal) y al Norte de la región Neotropical (Provincia de la cuenca del Balsas), lo que le confiere una serie de características ecológicas que aunadas a las fisiográficas, propician que se tengan una amplia diversidad de especies de vertebrados, muchas de estas encontrando las condiciones límites de su distribución.

Del listado generado a través de las bases de datos consultadas y los registros obtenidos en campo, se identificaron (144 especies con habitos Neárticos y 208 Neotropicales, se incuyen Anfibios y Reptiles) que los grupos mejor representados fueron el de las Aves y los Mamíferos, siendo este ultimo (en proporción al 45% de las especies potenciales de este grupo) el que presentó mayor afinidad hacia la región Neártica, sin embargo, ambos grupos presentaron elementos con afinidad Neotropical dentro de esta región (37.5% de las especies). Este traslape se debe principalmente a que un gran número de especies de hábitos Neotropicales se han adaptado a las condiciones de perturbación que existen dentro del SAR y han aprendido a dispersarse a través de estas unidades (Áreas agrícolas, Zonas de pastizal inducido, Bordes de áreas urbanas, Viveros, etc) logrando alcanzar diferentes latitudes (Figura IV.105).

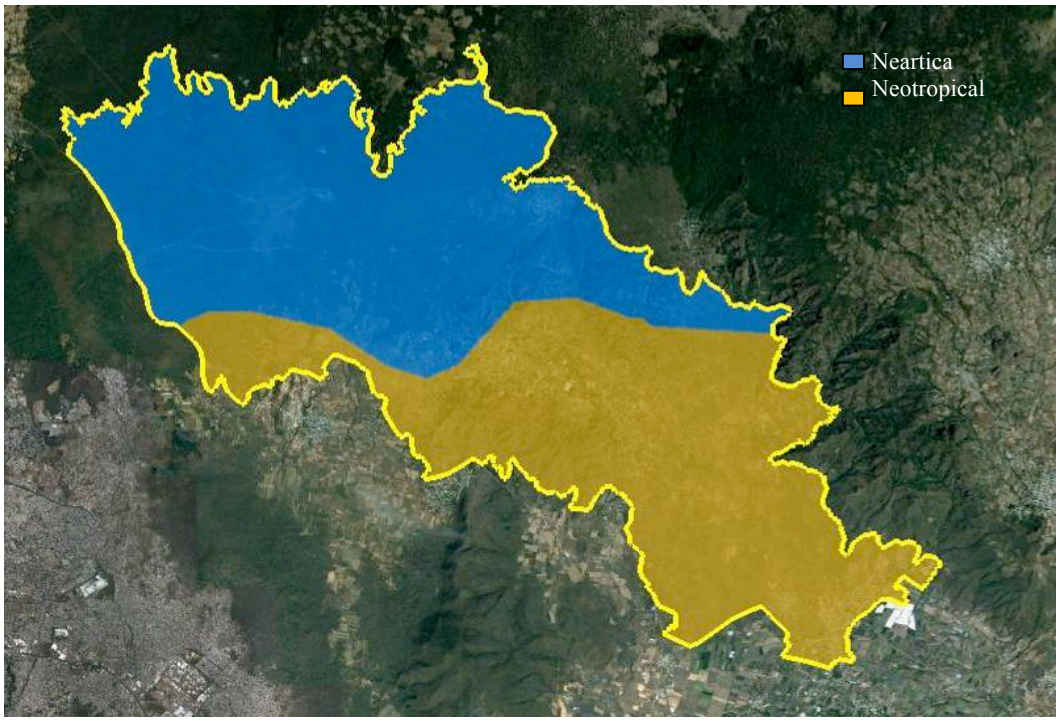


Figura IV.105. Distribución de las regiones biogeograficas dentro del SAR

Los corredores artificiales han permitido la propagación de especies generalistas, principalmente de origen Neotropical hacia los sitios más conservados del Norte del SAR (región Neártica), este efecto ha derivado en el desplazamiento de especies especialistas hacia regiones fuera del SAR, originando presiones inter/intraespecifica sobre el resto de las comunidades. En la Figura IV.106 se presenta los corredores creados por los habitantes del SAR que han favorecido el movimiento de especies generalistas; también en dicha imagen se nota la fuerte fragmentación para especies de hábitos restringidos que ha tenido el SAR en su parte Central y Sur.

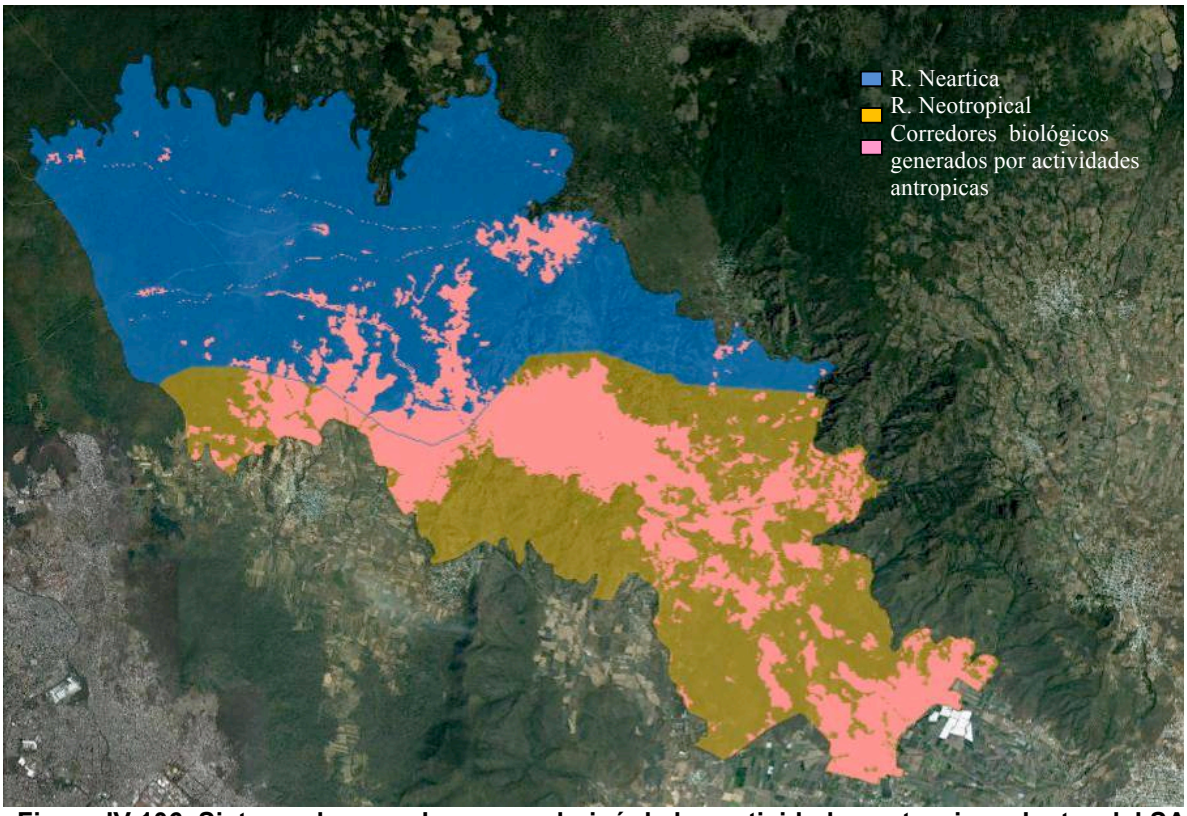


Figura IV.106. Sistema de corredores que derivó de las actividades antropicas dentro del SAR para especies generalistas, lo que ha permitido que muchas especies de origen Neotropical y hábitos generalistas hayan invadido y desplazado a especies de origen Neartico hacia zonas más conservadas dentro y fuera del SAR

Entre las especies de origen Neotropical que presentan registros y distribución sobre las áreas Neárticas, se pueden mencionar a 44 especies de Aves, 8 especies de Reptiles, 3 especie de Anfibios y 10 especies de Mamíferos (45.13% de la diversidad potencial para las regiones Neárticas), es decir, el 18.46% de la diversidad de especies potenciales que presenta el SAR. Entre estas especies podemos destacan *Bufo marinus, Hyla sp, Sceloporus horridus, Micrurus laticolaris, Crotalus* sp., *Ctenosaura pectinata, Didelphis virginiana, Bassariscus astutus, Nasua nasua, Mephitis macroura, Conepatus leuconotus, Procyon lotor, Odocoileus virginianus, Artibeus hirsutus, Artibeus jamaicensis, Glossophaga soricina, Sturnira lilium, Buteo swainsoni, Buteo albicaudatus, Buteo jamaicensis, Falco sparverius, Falco columbarius, Falco peregrinus*, entre otros.

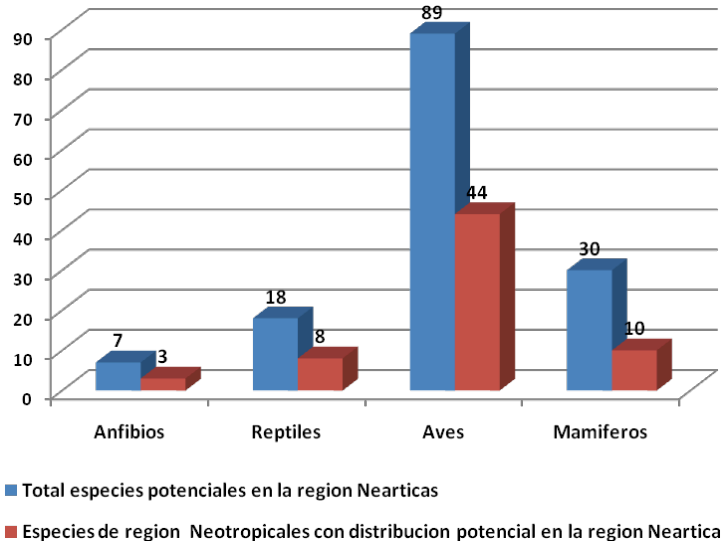


Figura IV.107. Grafico de la distribución especies en la región Neártica, se puede observar que el 45.13% de las especies son de hábitos Neotropicales

En lo que respecta a las especies con distribución en la región Neotropical, se tiene un potencial de 259 especies, de esta diversidad se identificaron a 39 especies de origen Neártico (2 Anfibios, 5 Reptiles, 18 Aves y 14 Mamíferos), entre las especies que destacan se encuentran los roedores y murciélagos, estos organismos se caracterizan por formar parte de la dieta de una gran variedad de carnívoros, especialmente de las Aves de presa y Mamíferos medianos. La proporción de especies de origen Neártico con distribución sobre las regiones Neotropicales equivalen al 11.07% de la diversidad potencial del SAR.

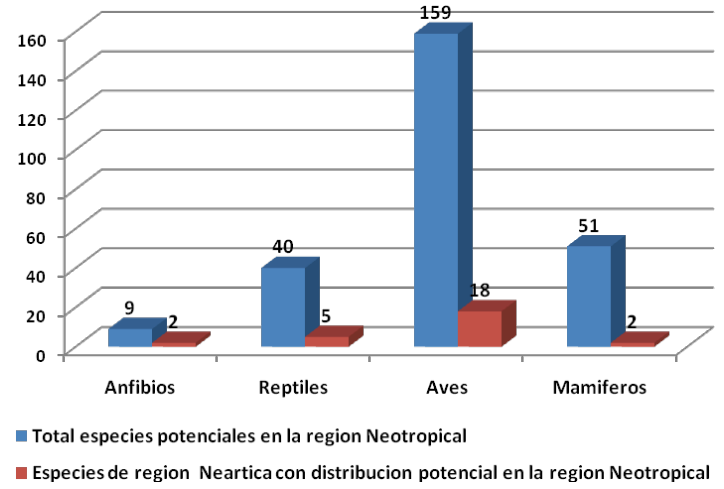


Figura IV.108. Grafico de la distribución de especies en la región Neotropical, se puede observar que el 10.42% de las especies son de hábitos Neárticos

Como resultado del análisis anterior se puede identificar que las especies de origen Neotropical son mas ávidas para poder colonizar nuevos territorios, esto se debe a que la

principal fuente de cambio es la presencia de actividades humanas, lo que le permite aumentar poco a poco sus rangos de distribución; como consecuencia existe el desplazamiento de aquellas especies autóctonas de la región Neártica hacia otras regiones. Se hace hincapié, que los limites en la distribución de especies Neotropicales estaba limitada hasta hace unos años, por el gradiente altitudinal y el tipo de vegetación, sin embargo, al desaparecer esta última se han obtenido regiones que son susceptibles a ser colonizadas (efecto borde).

Patrones de distribución de Aves

La distribución espacial de una comunidad de Aves y sus niveles de solapamiento[7] dentro del SAR se asocian principalmente a los ecosistemas perturbados (Bosque de encino, Selva baja caducifolia, Bosque mixto y Agrosistemas). Durante el trabajo de campo se detectó un uso amplio y heterogéneo de estos ecosistemas y sus recursos, principalmente en relación a dos actividades: alimentación y descanso. Para descanso, la mayoría de las especies se mostraron gregarias y compartieron ramas de árboles o Vegetación ribereña, mostrando solapamiento entre ellas; mientras que en actividad de alimentación hubo un solapamiento de nichos menos evidente, este efecto se obervó principalmente sobre los Bosques templados al Norte del SAR. Las principales regiones de alimentación y descanso se registraron hacia la porción Centro del SAR, en sitios donde dominan las áreas Agrícolas, Pastizales y Huertos, en estas regiones se pudo observar que la competencia trófica es mas evidente en individuos pertenecientes al grupo de los Halcones (falconidae) y Aves granívoras (Passeriformes). Los registros obtenidos mostraron que la repartición en el uso del hábitat es importante para actividades como descanso, además de la alimentación.

En lo que respecta a los sitios de crianza, los parámetros pueden depender de la especie, como ejemplo se presentan a *Hirundo rustica*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, y *Columbina passerina*; que prefieren anidar dentro de las regiones urbanas. En el caso de las especies con requerimientos específicos, los sitios de crianza se ubican principalmente en los ecosistemas conservados, en este caso destacan *Dendrortyx macroura, Accipiter striatus, Campylorhynchus gularis, Melanotis caerulescens* y *Buarremon virenticeps*, entre otras.

[7] Se refiere al recurso particular por el cual dos o más especies compiten

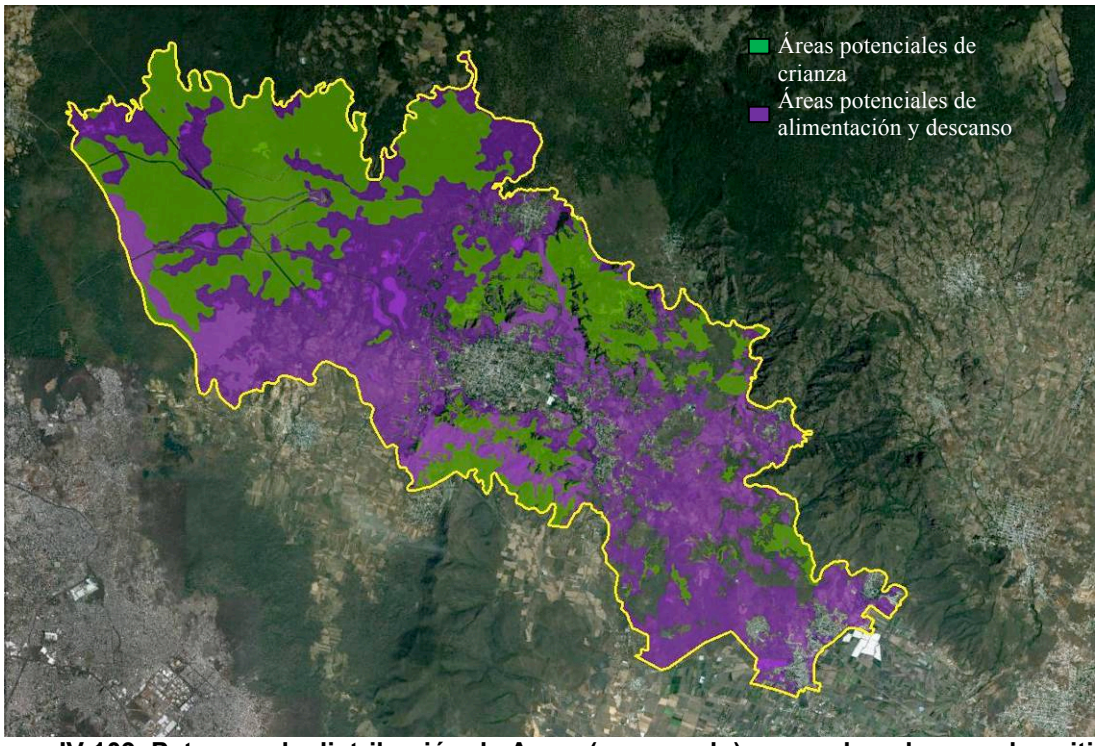


Figura IV.109. Patrones de distribución de Aves, (en morado) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y descanso, (en verde áreas) potenciales áreas de crianza

Como se puede observar, la región Norte del SAR, puede albergar una gran variedad de sitios para crianza, esto se debe principalmente al estado de conservación que guardan estos ecosistemas, hacia la porción Sur del sistema se observa pocas regiones que pueden ser utilizadas para este fin, sin embargo, fuera del SAR se logran apreciar (Porción Sur y Este) macizos boscosos con buen estado de conservación.

Patrones de distribución de Mamíferos

La distribución de Mamíferos dentro del SAR, debe su comportamiento a la accidentada topografía, dada la confluencia del Eje Neovolcánico y la depresión del Balsas que proveen de gran heterogeneidad ambiental y climática permitiendo, la presencia de diferentes factores-barreras geográficas, latitud (Fa y Morales, 1993; Kaufman, 1995; Badgley y Fox, 2000; Hawkins et al., 2003; Iñiguez y Santana, 2005), productividad (Rosenzweig, 1992; Hawkins et al., 2003), clima (Porter et al., 2000; Hawkins et al., 2003) y elevación (Fa y Morales, 1993; Badgley y Fox, 2000; Lomolino, 2001) que influyen en los patrones de distribución de los mamíferos a grandes escalas, mientras que los factores locales de competencia, depredación, mutualismo, disponibilidad de alimento (Rose y Polis, 1998), temperatura (Graham, 1983; Virgós et al., 2001), heterogeneidad del hábitat, y la cobertura, densidad y estructura de la vegetación se registran como responsables de los patrones de riqueza (Ceballos y Miranda, 1986; Kelt et al., 1999; Bakker y Kelt, 2000; Williams et al., 2002). Así, la heterogeneidad de hábitat que produce el relieve y la presencia de especies de origen Neártico y Neotropical dan como resultado que el sistema tenga una alta diversidad de Mamíferos (Guerrero *et al*, 1995; Escalante *et al*., 2002; Guerrero y Cervantes, 2003;

Contreras, 2006, Jaramillo, 2009). Además de la diversidad, existen en el SAR regiones con un alto endemismo en Mamíferos; tal es el caso de la porción Norponiente del SAR (Ceballos y Rodríguez, 1993; Fa y Morales, 1993; Guerrero et al., 1995; Ceballos et al., 1998).

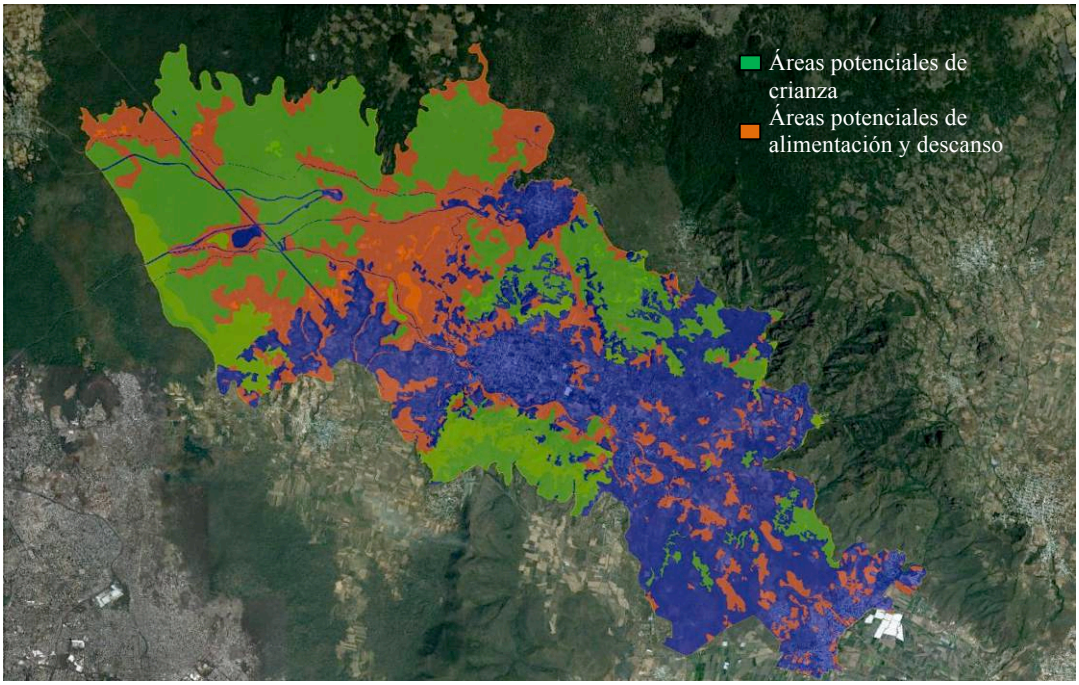


Figura IV.110. Patrones de distribución de Mamíferos, (en anaranjado) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y resguardo, (en verde áreas) potenciales áreas de crianza

Durante la etapa de análisis de los datos recabados, se identificaron a las principales áreas de distribución de Mamíferos hacia el Centro del SAR, así como los sitios de crianza y alimentación ubicados al Norte. Estos sitios se identificaron a partir de los rastros obtenidos (huellas, excretas, rascaderos, madrigueras, muda de pelo y restos oseos), la mayor cantidad de especies se registró hacia la porción Centro del sistema, identificando 19 especies en total; estos sitios corresponden a las zonas de alimentación y resguardo, entre las especies más comunes que se identificaron, se encuentran los ratones, ardillas, conejos, carnívoros y quirópteros.

Patrones de distribución de Anfibios y Reptiles

Debido a la falta de información y a la poca cantidad de registros obtenidos, los patrones de distribución de estas especies no se encuentran bien establecidos, sin embargo, por los hábitos que estos tienen y los requerimientos de humedad y sitios con buena cobertura vegetal se identificaron 2 regiones potenciales para la distribución de estos organismos, la primera se ubica hacia la porción Norte del sistema, entre los Bosques templados y Áreas perturbadas, la segunda refiere a la Vegetación riparia y Selva baja caducifolia, estas áreas son idóneas para la distribución de Reptiles, debido a las características de la cobertura vegetal y la disponibilidad de alimento.

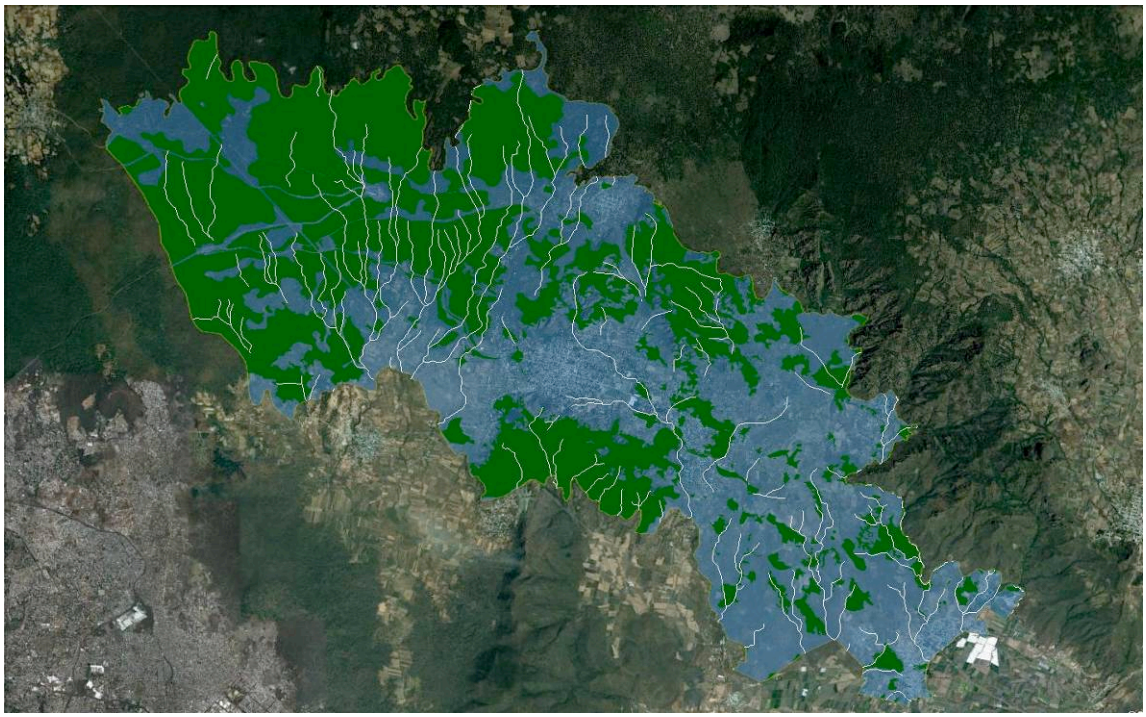


Figura IV.111. Patrones de distribución de Anfibios y Reptiles, (en verde) se pueden observar los sitios potenciales de alimento y crianza, los ríos perennes e intermitentes promueven el desplazamiento de los anfibios

Se debe resaltar que estos grupos presentan patrones de distribución restringidos, es decir, son organismos que considerados de hábitos hogareños, que no requieren da más de unos cuantos metros para realizar sus funciones.

IV.2.3 Paisaje

La evaluación visual del paisaje representa cierta dificultad, debido principalmente a la integración de los diferentes factores que influyen en su percepción; por tal motivo para este estudio se tomaron en cuenta tres (3) elementos: Potencial estético, Deterioro ambiental e Identificación de los componentes visuales favorables. Debido a la relación tan estrecha que existe entre ellos, permitiendo de esta manera realizar una evaluación global del área de influencia del proyecto.

Específicamente, para esta apreciación paisajística se consideró a la geomorfología, la hipsometría y el uso de suelo y vegetación del área, los cuales son los elementos que determinan la calidad paisajística del Sistema Ambiental, pues para el caso del SAR, los suelos, las corrientes de agua superficiales y el clima no tienen valor paisajístico alguno, ya que no diferencian zonas del sistema por sí mismas, a diferencia de las rocas, el relieve y la geomorfología.

1.- Para la valoración del primer componente, *potencial estético* del SAR fue necesario dividir a la zona en tres a partir del sistema geomorfológico y con apoyo del mapa hipsométrico; de esta forma se encontró como primer grupo a las zonas altas, conformadas por el sistema de

derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y al sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, también comprende a las laderas del relieve moldeado por la última erupción del Volcán Chichinautzin, así como las paredes de los Cerros Tepozteco y Zematzin. Las zonas medias se encuentran conformadas por los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico, ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm (Figura IV.112), y finalmente las zonas bajas, que comprenden a las depresiones interlavicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm.

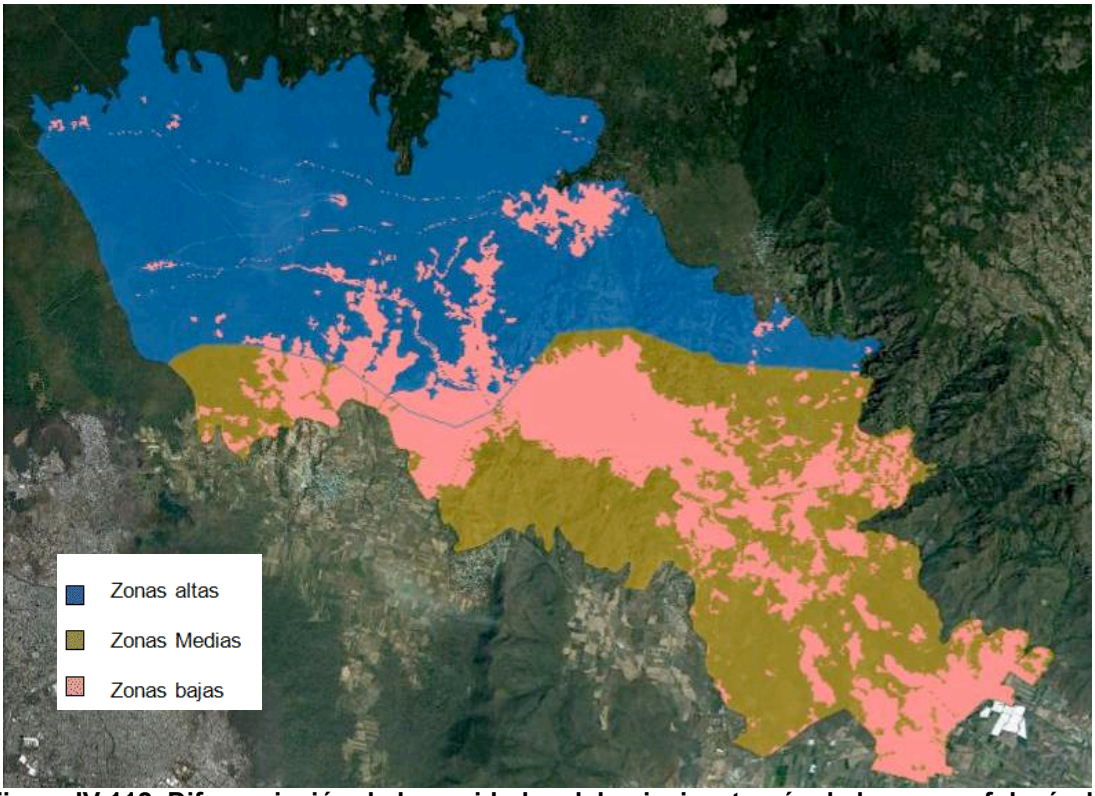


Figura IV.112. Diferenciación de las unidades del paisaje a través de la geomorfología, la hipsometría y el uso de suelo y vegetación presentes en el SAR

Los sistemas que corresponden a las zonas altas cubren alrededor del 49% y se ubican al Norte y Noroeste del SAR. La cubierta vegetal es típicamente Neártica de Bosque de oyamel, de pino, pino-encino, Encino y algunos remanentes de Bosque templado con elementos mesófilos (este Ecotono es poco común en el Centro de México). La zona boscosa de las partes altas del SAR, tiene poca o nula perturbación generando una zona con grandes servicios ecosistémicos como la recarga del acuífero y la fijación de carbono. Asimismo, la actividad antropogénica es relativamente poca y de bajo impacto, esto es, que está muy localizada, como se presenta sobre lo que antes fueran las vías de ferrocarril (Noroeste), por lo que estas zonas presentan un potencial estético alto, pues la espectacularidad de sus áreas boscosas resaltan por el buen estado de conservación. La conectividad en esta zona es muy buena, y las interrupciones que hay, son de tipo natural

como pendientes abruptas con disecciones severas; no hay una diferenciación notoria de parches a nivel paisajístico que demerite el atractivo de esta zona.

En lo que respecta a las zonas medias, cubren un total de 32% del área del SAR, con una cubierta vegetal que representa una zona de transición entre la parte Neártica (Norte) y la Neotropical (Sur). Por ello, la vegetación comparte ambas características, en esta zona se encuentran representados todos los Ecotonos descritos en el apartado de flora; sin embargo, debido a la expansión de la frontera agrícola y a la intrusión humana, se presenta con evidencias de disturbio, probado por la presencia de Vegetación secundaria y perturbada, además estas zonas también están ocupadas por Pastizales inducidos para el sostenimiento del ganado y por extensos terrenos dedicados al Cultivo, lo que ha demeritado enormemente su potencial estético; no obstante, estas zonas representan cierta importancia, pues se encuentran franqueadas por un sistema fluvial conformado por diferentes cañadas y barrancos de disección moderada, con Vegetación riparia que aunque se encuentra en estado de perturbación, son de gran importancia para las especies que requieren de conexión con otros sitios del SAR al Noreste dentro de las zonas altas. Por lo que las zonas medias del SAR pueden ser consideras con potencial estético medio, pues la intrusión humana ha ocasionado además de su fragmentación diferentes afectaciones, tales como la contaminación por la mala disposición de residuos sólidos.

Finalmente las zonas bajas que abarcan el 19% del SAR distribuidas en la Región Centro y Sur, tienen un uso de suelo principalmente urbano y suburbano, entreverado con usos agrícolas y pecuarios, y aunque pueden identificarse pequeños manchones de vegetación, esta corresponde en su gran mayoría a Vegetación exótica introducida, como es el caso de la jacaranda y remanentes de Vegetación secundaria. En estos sitios dominan las actividades del sector terciario, dentro del cual sobresale el turismo y en segunda instancia se encuentran las actividades del sector primario. La actividad humana ha incrementado con el paso de los años, de tal manera que ha generado una interrupción total entre el Norte y Centro del SAR con el Sur, y como es de esperarse con efectos importantes en la fauna, actualmente en el área solo se desarrollan especies de hábitos generalistas y oportunistas, favorecidas por las condiciones de perturbación en las que se encuentra. Por otro lado, las barrancas que cruzan los diferentes poblados que se concentran en estas zonas, se encuentran con importantes daños ocasionados por la mala disposición de residuos sólidos y por la inadecuada disposición de aguas residuales, por lo que las zonas bajas del SAR presentan el más bajo potencial estético, no obstante por ser de las partes más bajas del Sistema Ambiental presentan impresionantes vistas de los Cerros Tepozteco y Zematzin hacia el Norte.

2.- En cuanto al deterioro visual en el SAR, se presenta en categorías bajas hasta altas, pues esto depende de la zona de afectación a la que se refiera. Los factores que intervienen en su evaluación son principalmente de tipo antrópico, sobre todo las actividades agropecuarias y el desarrollo de asentamientos humanos; en cuanto a esto, las principales evidencias se tienen en las zonas bajas, en donde se inscriben diferentes comunidades como Tepoztla, Oacalco, Ixcatepec, Huilotepec, entre otras, y en donde además se mantienen gran parte de las actividades económicas del SAR; estas regiones han perdido su valor escénico, debido en gran medida, a la pérdida de su cobertura vegetal natural, esta dinámica ha modificado por completo el paisaje natural, por lo que son hábitat de fauna generalista; consecuentemente son descritas como las zonas menos frágiles.

Un aspecto importante del deterioro ambiental que refleja el SAR, es la disminución de la conectividad entre los parches de vegetación natural, este caso está representado en la

Selva baja caducifolia de la región Centro-Sur, en lo que corresponde a las zonas medias, que a causa de las actividades humanas que involucran un cambio de uso de suelo, los parches de vegetación han ido cambiando de tamaño y forma, lo que ha generado un aislamiento en las poblaciones que en ellos habitan por falta de conectividad, que en este caso son las especies de hábitos restringidos asociadas a los Bosques tropicales. Como indicador más evidente se tiene la presencia del 48% de especies secundarias, entre las que sobresalen *Acacia farnesiana* y *Acacia pennatula*.

En lo que se refiere a las zonas altas, en la región Norte y Noreste del SAR, se desarrollan Bosques templados de encino, pino y oyamel, así como Matorral rosetófilo. Estas asociaciones vegetales son muy importantes, para el equilibrio sistémico del SAR, porque generan una gran cantidad de *servicios ambientales*; como la recarga del acuífero, captura de carbono, favorecen el ciclo hidrológico, y por sus características son el hábitat ideal de especies de fauna silvestre Neártica con requerimientos específicos de hábitat. Por otro lado en estas zonas existen algunas laderas y cañadas, caracterizadas por su relieve accidentado y pendientes fuertes, que sostienen un Bosque templado con elementos mesófilos de gran valor escénico, y también de gran importancia por los beneficios ambientales que proporciona, pues ayudan a la conservación del suelo ya que por la topografía escarpada estos sitios son los más susceptibles de erosión y deslaves, también incrementan la captura de carbono, además de que la biomasa del bosque es importante para suelo debido a que siempre está muy húmedo, por lo que no permite la oxigenación de la materia orgánica y por tanto su mineralización; aunque es un ecosistema escaso alberga una gran diversidad de especies, y es considerado de alto valor como reservorio de especies faunísticas con rangos de distribución limitados y requerimientos de hábitats específicos, en tanto estos sitios son considerados los más frágiles del Polígono. En general las actividades antrópicas más degradantes del sistema no se ubican en esta región, por lo que son estas áreas las que presentan mejores condiciones de conservación y mantienen su conectividad hacia adentro y afuera del SAR.

3.- La identificación de los elementos visuales favorables dentro del SAR, dependen principalmente del grado de conservación de la vegetación, identificando de esta manera a las zonas altas como un elemento favorable, por el excelente grado de conservación de la zona Norte y Noreste del SAR (entre 100 y 74% de especies primarias) que no solo proporcionan una gran calidad escénica, desde las zonas bajas del Sistema Ambiental, sino además una gran cantidad de servicios ecosistémicos (fijación de carbono y recarga del acuífero); siendo los puntos con mayor valor estético, cuyas vías de acceso son limitadas, con características de accesibilidad escasa y con pendientes fuertes que dificultan el uso de sus tierras. Entonces los sistemas de relieve derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos y sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm mantiene el mejor estado de conservación del SAR, lo que lo constituye como un elemento visual favorable, que proporciona calidad escénica al paisaje donde se ubican, favorecido aun más por las laderas y cañadas que se ubican en estas, con desarrollo de elementos mesófilos, donde destaca la presencia de especies características como *Clethra mexicana*, *Ternstroemia pringlei* y *Styrax ramirezii*, de gran valor escénico y de suma importancia para su conservación, pues ademas de albergar a especies con requerimientos especificos de habitat, tienen un papel importante a manera de corredores biológicos entre las zonas externas del SAR, constituyendo pasos de fauna para los animales de amplio desplazamiento.

Por otra parte, las regiones medias, que corresponden a los sistemas derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico,

ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm, donde la vegetación original (Ecotono entre Encinar y Selva baja caducifolia) se limita a manchones irregulares, en muchos de los casos circundados por Vegetación secundaria o perturbada y por amplios terrenos consignados a tareas Agropecuarias, generando con ello la escases de elementos visuales favorables. El daño que las actividades humanas ocasionan al paisaje y la posibilidad de que los asentamientos humanos se incrementen, favorecerá sin lugar a duda su mayor alteración, por lo que dicha dinámica seguirá provocando la antropización del paisaje y la pérdida del valor escénico de un paisaje que en un principio fuera natural.

Finalmente las zonas bajas, representadas por las depresiones interlavicas de carácter acumulativo y la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm, orientadas principalmente a las actividades humanas, han perdido su vegetación original, y con ello se exhiben como las zonas más antropizadas, sin embargo, por tratarse de las zonas bajas del SAR exhiben una extraordinaria vista de los Cerros Tepozteco y Zematzin hacia el Norte, pues es conocido el valor paisajístico de la llamada Sierra de Tepoztlán y del Cerro del mismo nombre, que aunque teniendo el mismo relieve que el municipio vecino, al Oriente, de Tlayacapan, la vegetación lo hace aún más apreciado. La litología, relieve y geomorfología resumen su atractivo en una sola variable, que concentra su valor en los Cerros Tepozteco, Zematzin y Chalchiltepetl.

Esta percepción del paisaje puede ser demostrada de forma ponderada; pues tomando en cuenta que un paisaje tiene mayor calidad en tanto contiene más áreas con vegetación natural distribuidas en fragmentos de vegetación más grandes y poco aislados. Sin embargo, no existe una fórmula única para definir la calidad del paisaje o la matriz adyacente a un sitio determinado[8]. La ponderación del uso de suelo y vegetación se relaciona con la facilidad que presentará para su uso intensivo o aprovechamiento directo en actividades antropogénicas, como la ganadería, agricultura, extracción de tierra, madera, fauna, flora, leña, etc.; o en otras palabras, la dificultad que presentará para ser desintegrada de la naturaleza (artificialización). Las comunidades Vegetales más conservadas, tendrán un valor ponderado alto, mientras que los Pastizales y Asentamientos humanos tendrán valores bajos[9] (Tabla IV.47).

[8] Manson y otros. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz Biodiversidad, Manejo y Conservación*, **INECOL-INE-SEMARNAT, México, 2008**

[9] Cotler, Helena (compiladora). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, SEMARNAT-INE, 1ª edición, 2004

Tabla IV.47. Ponderación del uso de suelo y vegetación para paisaje

Uso de suelo y vegetación	Valor paisajístico
Bosque templado con elementos mesófilos, Bosque de encino, Rocas, Bosque de oyamel, Bosque mixto de pino-encino, Bosque de pino, Bosque mixto de pino-encino, Zona arqueológica	10
Bosque de pino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado, Bosque de oyamel perturbado, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado, Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado, Bosque de encino perturbado, Bosque inducido de especies exóticas	9
Selva baja caducifolia, Vegetación riparia	8
Matorral rosetófilo cracicaule, Selva baja caducifolia perturbada, Vegetación riparia perturbada	7
Vegetación secundaria, Derecho de vía (CFE)	5
Pastizal inducido	4
Zona sin vegetación aparente	3
Zona agrícola	2
Terracería	1
Carretera pavimentada, Infraestructura mixta, Invernaderos, asentamientos humanos	0

En la Figura IV.111 se observan los componentes cartográficos utilizados para la evaluación del paisaje. El uso de suelo y vegetación tiene valores altos debido a que dominan comunidades de Bosques templados bien conservados entre ellos: Bosque de encino, Bosque de pino, Bosque de oyamel y elementos Mesófilos, de igual manera las variables topográficas como la pendiente, donde se puede diferenciar que a mayores magnitudes de esta, menor accesibilidad.

IV.2.4. Medio Social

El SAR involucra a 5 municipios del estado de Morelos, Tepoztlán, Yautepec, Tlayacapan, Huitzilac y Tlalnepantla (Figura IV.112), sin embargo, sólo se asientan comunidades en los primero 3 y siendo este el apartado dedicado al medio social se consideró necesario centrarse en el análisis partícular de las comunidades correspondientes a esos municipios. La caracterización del medio social se realizó a escala municipal, debido a que la mayor parte de los indicadores de información socioeconómica se presentan a ese nivel. Sin embargo, para el ámbito demográfico se logró mayor precisión, ya que se pudo detallar la aportación poblacional del SAR a nivel de localidad. En todos los casos el análisis de la información bibliográfica se contextualizó con lo observado en campo.

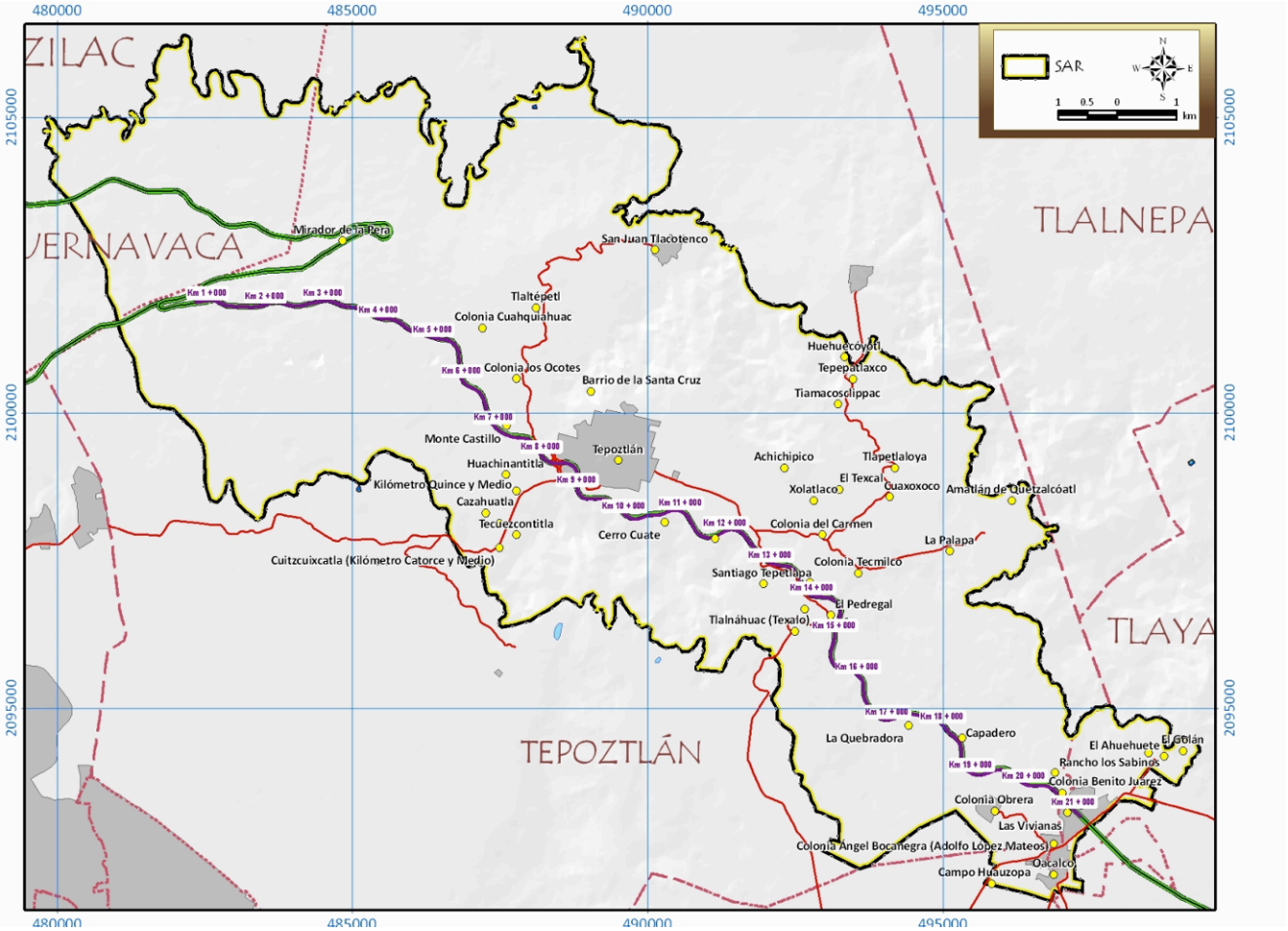


Figura IV.113. Principales localidades en el SAR

Demografía

El gobierno de Morelos se compone por 33 municipios, para fines de ordenamiento y planeación del desarrollo urbano y económico de la entidad, han sido divididos en 7 regiones, el SAR se ubica dentro de 2 que son: la Norte y la Cuautla. Dentro de la primera se ubica Tepoztlán y en la segunda Yautepec y Tlayacapan

En el SAR se ubican 41 poblados en los que habitan un total de 27,717 habitantes, lo que representa el 1.71% de la entidad. El municipio que concentra mayor población en el SAR es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%); tan sólo su cabecera municipal cuenta con 15,245 habitantes. En segundo lugar se ubica Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 hab (5.53%).

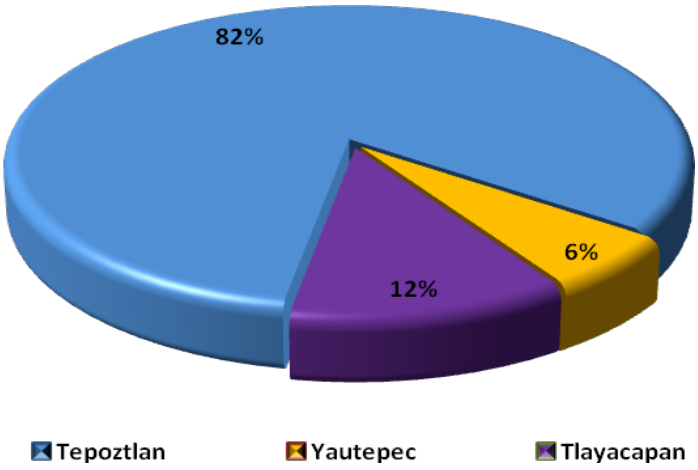


Figura IV.114 Distribución de la población en el SAR

En el Sistema destacan las localidades menores de 100 habitantes, se registran 22, le siguen 8 comunidades que se ubican en el rango de más de 100 hab y hasta 300; 7 que cuentan con más de 300 y hasta 500 y sólo 3 entre mil y dos mil habitantes. Solo Tepoztlán (cabecera) se puede clasificar como una población urbana, ya que de acuerdo INEGI, se considera como tal aquella que tienen más de 2,500 habitantes y de los 41 poblados en el SAR, sólo está, cumple el requisito, las demás poblaciones son consideradas rurales (Tabla IV.48).

Tabla IV.48. Población en el SAR y distribución por tamaño de localidad

Municipio	Población Total	% Población en el SAR	Localidades habitadas				
			Entre 1 y hasta 100	Entre 100 y hasta 300	Más de 300 y hasta 1000	Más de 1000 y hasta 2000	Más de 15,000
Tepoztlán	22,739	82.04	22	6	3	2	1
Yautepec	1534	12.43	0	1	3	1	0
Tlayacapan	3444	5.53	0	1	1	0	0
Total	27,717	**100.00**	**22**	**8**	**7**	**3**	**1**

Fuente: Conteo de Población y Vivienda 2005. INEGI.

La tasa de crecimiento es el promedio porcentual anual del cambio en el número de habitantes, como resultado de un superávit (o déficit) de nacimientos y muertes, y el balance de los migrantes que entran y salen. El porcentaje puede ser positivo o negativo. La tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo en cuestión de infraestructura

(por ejemplo, escuelas, hospitales, vivienda, carreteras), recursos (por ejemplo, alimentos, agua, electricidad), y empleo.

Para el caso del SAR la tasa de crecimiento alcanzó sus niveles más altos en el periodo de 1990 a 1995, con excepción de Tepoztlán, cuya situación socioeconómica en ese tiempo se veía afectada por movimientos sociales que impidieron la construcción de infraestructura turística y habitacional por considerar que afectaba su medio ambiente, esto creó un clima que inhibió el crecimiento poblacional llegando a registrar tasas decrecientes, en promedio de menos 0.84%, esta tendencia se revirtió en el quinquenio siguiente en donde se alcanzó un 4.43% de crecimiento, el último censo de 2005 señala una tasa positiva del 1.88%, los municipios de Yautepec y Tlayacapan se mantienen en tasas por debajo del crecimiento nacional.

Tabla IV.49. Tasa de crecimiento por municipios

Municipio	Tasa de crecimiento promedio (%)			
	80-90	90-95	95-00	2000-2005
Tepoztlán	3.75	-0.84	4.43	1.88
Yautepec	3.18	5.59	1.30	0.02
Tlayacapan	2.18	3.75	3.14	0.87

Fuente: Elaborado por el Consejo Estatal de Población con base en los censos y conteos nacionales

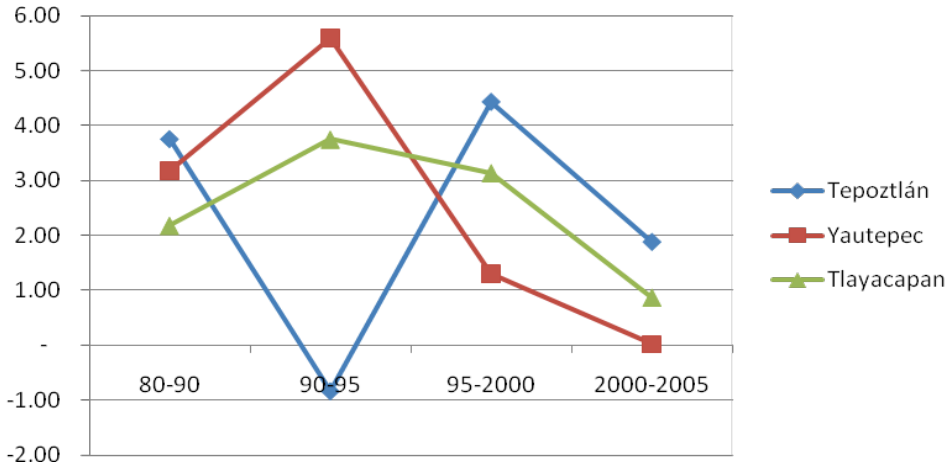


Figura IV.115. En la gráfica se percibe como disminuyo drásticamente el crecimiento de la población en el quinquenio 90-95 que coincide con el movimiento social que impidió la construcción del campo de golf en Tepoztlán. En contraste con la tendencia de crecimiento que presentaron los otros municipios en el SAR

La población en el SAR se compone mayoritariamente, en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años lo que refleja un potencial de aportación económica, al encontrarse en edad productiva y también este grupo es propenso a crear nuevos hogares, y por lo tanto demandar nuevas viviendas, servicios, y fuentes de empleo. En segundo lugar está la

población menor de 14 años que requiere de centros educativos y servicios de salud, finalmente se tiene en menor porcentaje a la población mayor de 60 años, que ronda el 15% en promedio.

Tabla IV.50. Distribución poblacional por rango de edad

Municipio	% Población 2005		
	0-14 años	15-59 años	60 años y más
Tepoztlán	28.96	57.92	8.94
Yautepec	30.35	55.20	8.54
Tlayacapan	31.69	58.26	9.52

Fuente: Consejo Nacional de Población

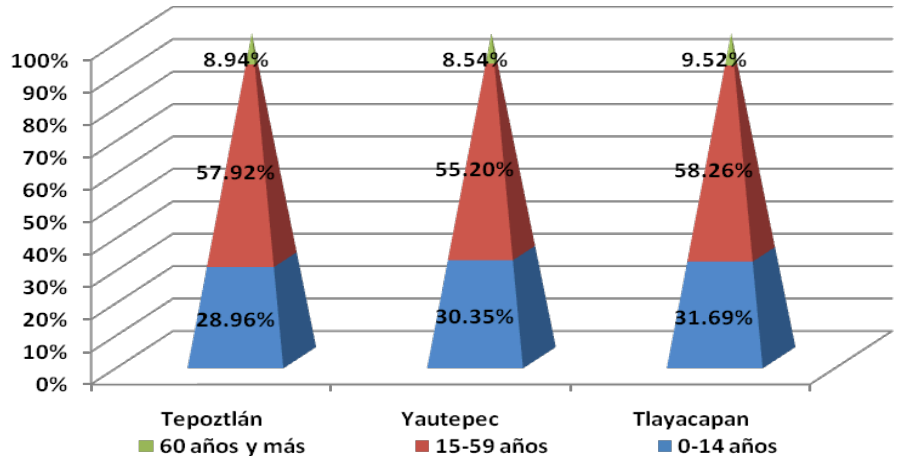


Figura IV.116. Distribución de la población por rango de edades, más del 50% se encuentran en edad productiva y reproductiva. Los rangos poblacionales son similares en los 3 municipios que componen el Sistema

Desarrollo Social

Marginación y Población Indígena

El índice de marginación que el Consejo Nacional de Población (CONAPO), emite es un indicador que permite diferenciar entidades federativas, municipios y localidades según el impacto global de las carencias que padece la población y mide su intensidad espacial como porcentaje de la población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas.

La construcción del índice para los municipios y regiones considera 4 dimensiones estructurales de la marginación: *falta de acceso a la educación* (población analfabeta de 15 años o más y población sin primaria completa de 15 años o más), *residencia en viviendas*

inadecuadas (sin disponibilidad de agua entubada, sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo, con piso de tierra, sin disponibilidad de energía eléctrica y con algún nivel de hacinamiento), *percepción de ingresos monetarios insuficientes* (ingresos hasta 2 salarios mínimos) y *residir en localidades pequeñas con menos de 5,000 habitantes*.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población y Vivienda, el municipio de Tepoztlán presenta un grado de marginación bajo, al igual que Yautepec, no así Tlayacapan que registra un grado medio (Tabla IV.51).

Tabla IV. 51. Índice y grado de marginación que ocupan los municipios en el SAR

Municipio	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Lugar que ocupa a nivel nacional
Tepoztlán	Bajo	-1.058	2,050
Yautepec	Bajo	-1.173	2,128
Tlayacapan	Medio	-0.559	1667

Fuente: Conapo 2000

Población Indígena

En Tepoztlán de acuerdo a los resultados que presento el II Conteo de Población y Vivienda en el 2005, en el municipio habitan un total de 1,721 personas que hablan alguna lengua indígena, mismos que representan un 5.99% del total del municipio. En cuanto a las lenguas indígenas se tiene que la primera y más importante es el náhuatl, mientras que la segunda es el mixteco. Para el caso de Yautepec, se tiene registro de 661 hablantes de lengua indígena, el porcentaje del total del municipio que representan es de 1.21%, mientras que sus dos principales lenguas indígenas son la náhuatl y mixteco. En Tlayacapan en el 2005 la presencia de lenguas indígenas en el municipio corresponde a 488 habitantes hablantes (Tabla IV.52).

Tabla IV.52. Población indígena en los municipios del SAR

Municipio	Población Indígena/habitantes	% Población municipal	Lengua Indígena
Tepoztlán	1721	4.76	
Yautepec	661	0.78	Náhuatl / Mixteco
Tlayacapan	488	3.37	

Vivienda

Las viviendas en el SAR, cuentan en su mayoría con electricidad, y drenaje o fosas sépticas, en menor proporción con agua entubada. El tipo de construcción es de losa de concreto, bóveda de ladrillo, lámina de asbesto o teja en los techos, y tabique, tabicón, block o adobe en los muros (Tabla IV.53).

Tabla IV.53. Características de las viviendas en el SAR

Municipio	Viviendas 2005	Con agua entubada	Con Drenaje	Con Energía eléctrica	con hacinamiento	con piso de tierra
Tepoztlán	9,041	5,236	7,464	8,498	41.65%	728
Yautepec	21,364	17,801	19,087	19,627	51.50%	1,924
Tlayacapan	3,230	2,470	2,518	3,108	37.19%	448

Tepoztlán y Yautepec tienen un grado de desarrollo humano alto[10], incluso mayor de los valores promedio estatal y nacional. En el caso de Tlayacapan registra un grado de desarrollo medio y se manifiesta en un menor índice de PIB *per cápita;* menor porcentaje de alfabetos; menor esperanza de vida y mayor mortalidad infantil.

Tabla IV.54. Características del Índice de Desarrollo Humano y Social de los municipios en el SAR

Municipio	% personas de 15 años o más alfabetas	Índice de PIB per cápita	Índice de desarrollo humano (IDH)	Índice de esperanza de vida	Tasa de mortalidad infantil	Grado de desarrollo humano
Tepoztlán	94.2	0.76	0.846	0.91	13.30	alto
Yautepec	91.5	0.76	0.828	0.89	15.30	alto
Tlayacapan	90.9	0.70	0.795	0.85	19.70	medio

Educación

La cobertura educativa es definida como el porcentaje de alumnos atendidos por el sistema educativo en relación a la población que representa la edad en cursar el nivel de formación correspondiente. En Tepoztlán operan 21 escuelas de nivel preescolar que atienden a 65 grupos; 20 primarias que cuentan con 155 grupos y 9 secundarias con 48 grupos escolares y solo un bachillerato que atiende a 5 grupos. En Yautepec son 49 planteles de preescolar con 146 grupos; 62 primarias, con 454 grupos; 19 secundarias con 152 grupos; 6 bachilleratos, con 59 grupos; 3 centros de capacitación para el trabajo con 12 grupos y instituciones de profesional medio que atienden a 1 grupo. Para el caso de Tlayacapan se tienen 9 escuelas de nivel preescolar que atienden a 26 grupos; 10 primarias que cuentan con 75 grupos y 4 secundarias con 18 grupos escolares y solo un bachillerato que atiende a 5 grupos. Para el caso de la educación profesional Yautepec y Tlayacapan cuentan con universidades privadas que imparten carreras profesionales como Derecho, Diseño Gráfico y Turismo, entre otras, para acceder a planteles profesionales públicos se tiene que desplazar a otras localidades como Cuernavaca o Cuautla.

[10] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2006), Informe sobre Desarrollo Humano México 2006–2007, Migración y Desarrollo Humano, México, p.23. Este índice provee una medida compuesta de tres dimensiones de desarrollo humano: vivir una vida larga y saludable (medida de esperanza de vida); tener educación (medida por la tasa de alfabetización de adultos y de matriculación en la enseñanza primaria, secundaria y terciaria), y gozar de un nivel de vida digno (medido por el ingreso según la paridad del poder adquisitivo).

Salud

Uno de los puntos fundamentales para conocer la situación que guarda la población en el sector salud, es el tema de la Derechohabiencia a servicios de salud, que de acuerdo con el INEGI puede definirse como el "derecho de las personas a recibir atención médica en instituciones de salud públicas y/o privadas, como resultado de una prestación laboral al trabajador, a los miembros de las fuerzas armadas, a los familiares designados como beneficiarios o por haber adquirido un seguro facultativo (voluntario) en el Instituto Mexicano del Seguro Social" (IMSS).

En el SAR sólo se cuenta con unidades de primer nivel de la siguiente manera: en Tepoztlán hay 9 unidades, Yautepec tiene 12 y Tlayacapan 7, por lo que para la atención especializada se tiene que trasladar a otras localidades, en este caso las más cercanas que ofrecen estos servicios se encuentran en Cuernavaca, Cuautla o el Distrito Federal, por lo que se requiere de vialidades de altas especificaciones que permitan un ágil y seguro traslado en caso de emergencias.

Accesibilidad y telecomunicaciones

El municipio de Tepoztlán está integrado por una red carretera, donde las principales vías son: Carretera de cuota México-Cuautla, vía la Pera; carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán, y carreteras estatales Tepoztlán-Yautepec y Tepoztlán-Santo Domingo-Ocotitlán-Amatlán; también cuenta con carreteras vecinales que unen la cabecera municipal con las localidades del municipio. Para el caso de Yautepec, las vías más importantes son la autopista México-Cuautla y las carreteras estatales Yautepec-Tlayacapan y Yautepec-Tepoztlán. Para Tlayacapan se cuenta con una carretera libre pavimentada de México, D. F. a la ciudad de Cuautla que pasa por Tlayacapan y otra carretera pavimentada de Yautepec al kilómetro 88 de Atlatlahucan, que a su vez también pasa por Tlayacapan.

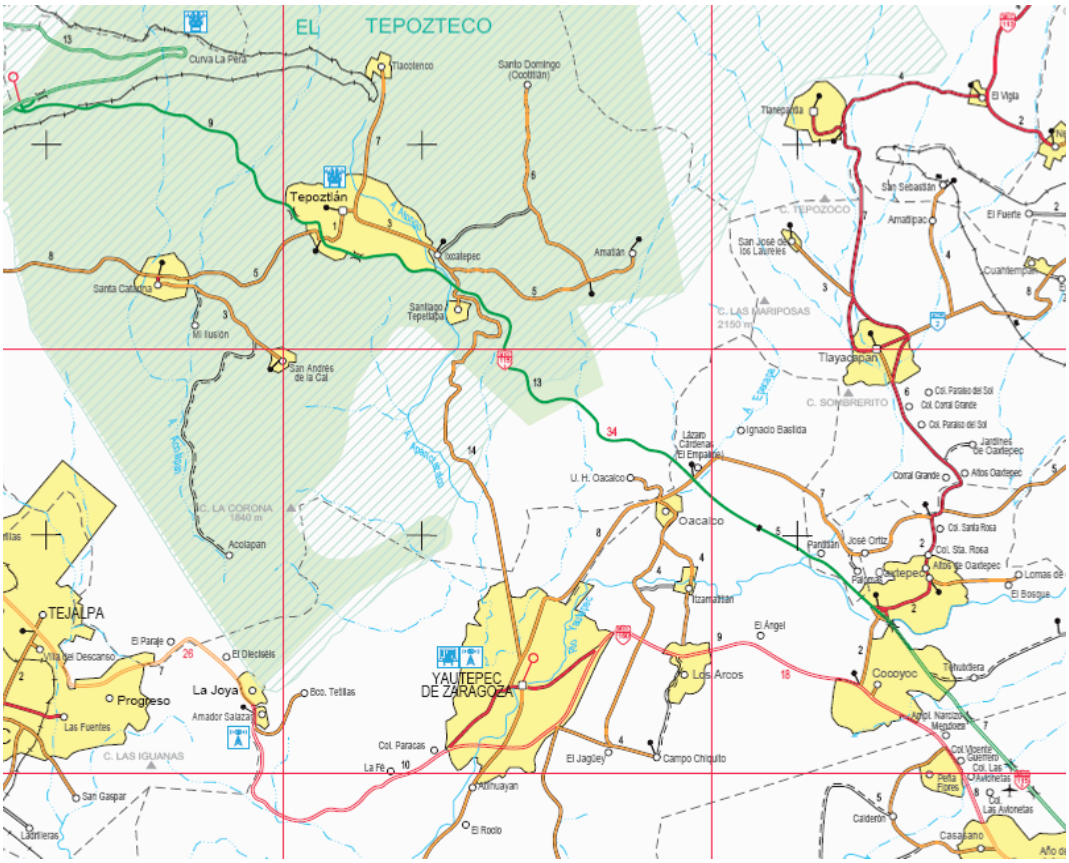


Figura IV.117. Vías de comunicación en el SAR

Desarrollo económico

Empleo

En Tepoztlán la población económicamente activa (PEA), es de 12,115 personas, su tasa de ocupación es del 98.72%, de los pobladores ocupados el 53.58% se dedica a actividades del sector terciario; el 26.63% al secundario y el 17.66% al primario. Para el caso de Yautepec, la PEA es de 29,313, con una tasa de ocupación del 98.62%. El 55.81% se dedican al sector terciario; el 29.87% al secundario y el 12.12% a actividades primarias. En Tlayacapan la población económicamente activa es de 4,984 personas, su tasa de ocupación es del 99.27%, de los pobladores ocupados el 39.08% se dedica a actividades del sector terciario; el 39.00% al primario y el 20.31% al secundario.

Tabla IV.55. Distribución de la PEA por actividad económica

Municipio	PEA	% Sector Primario	% Sector Secundario	% Sector Terciario
Tepoztlán	12,115	17.66	26.63	53.58
Yautepec	29,313	12.12	29.87	55.81
Tlayacapan	4,984	39.00	20.31	39.00

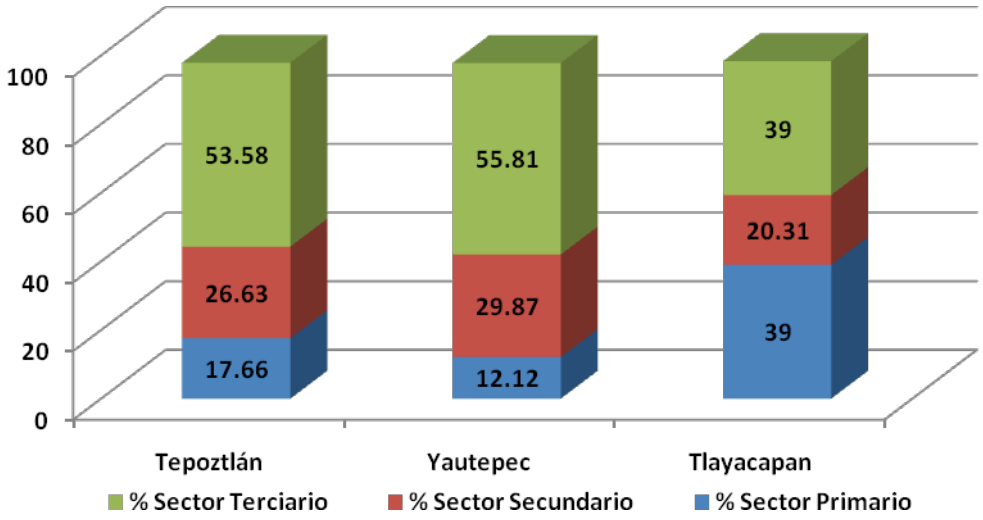


Figura IV.118. Distribución de la PEA por sector económico. Destaca Tepoztlán y Yautepec en actividades del sector terciario.

En Tepoztlán la PEA se ocupa en 50.62% como empleado u obrero; el 25.71% trabaja por su cuenta; el 13.69% como jornalero o peón y el 9.96% como patrón o en un negocio familiar. Para el caso de Yautepec el 57.63% se ocupa como empleado u obrero; el 21.31% trabaja por su cuenta; el 12.65% como jornalero o peón y el 8.39% como patrón o en un negocio familiar. En Tlayacapan el 34.17% se ocupa como empleado u obrero; el 29.16% trabaja por su cuenta; el 24.37% como jornalero o peón y el 12.28% como patrón o en un negocio familiar.

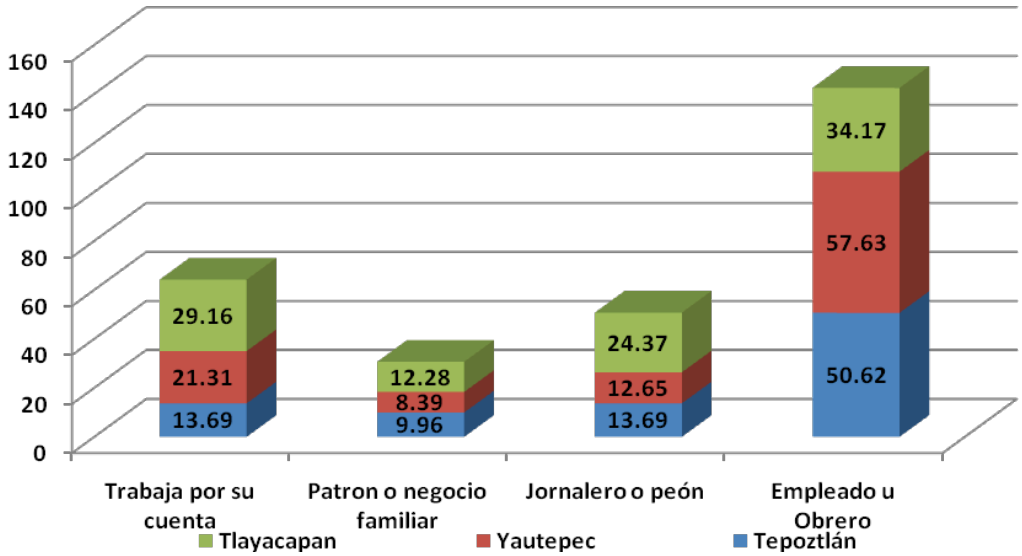


Figura IV.119. Distribución de la PEA por ocupación

Con respecto a sus ingresos, el 31.85% de la PEA de Tepoztlán percibe más de 1 y hasta 2 salarios mínimos; el 30.12% más de 2 y hasta 5 salarios mínimos; el 10.44% menos de un salario mínimo. Para Yautepec se tiene que, el 38.18% percibe de 1 y hasta 2 s. m; el 32.30 más de 2 y hasta 5 salarios mínimos, el 13.55% menos de un salario mínimo. Tlayacapan registra que el 38.84% percibe más de 1 y hasta 2 salarios mínimos; el 25.99% más de 2 y hasta 5 salarios mínimos; el 18.06% menos de un salario mínimo (Figura IV.120).

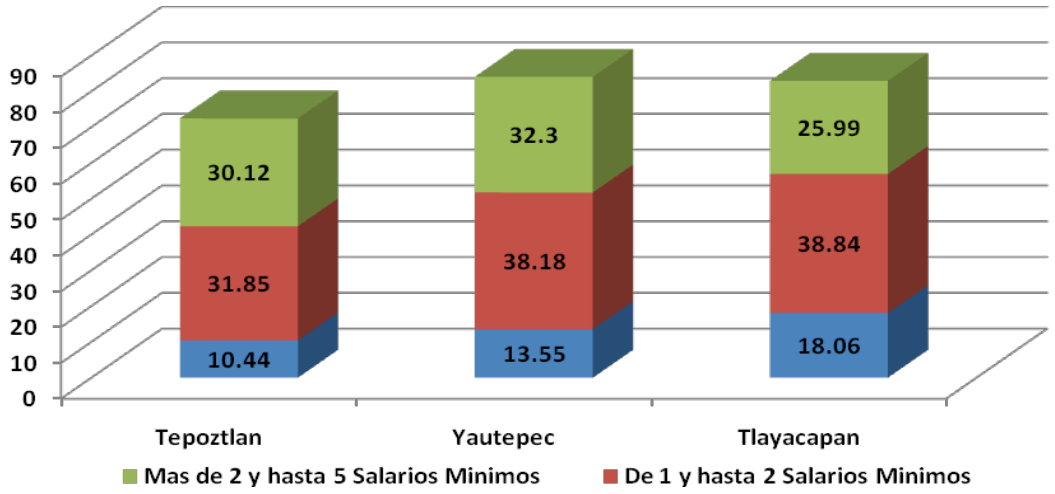


Figura IV.120. Percepciones económicas de la PEA en el SAR

Actividades económicas

En el SAR la ocupación de la PEA en las actividades del sector terciario domina, donde destaca el comercio y los servicios turísticos para los tres municipios en el SAR que son destinos turísticos importantes a nivel estatal. Tepoztlán se caracteriza por sus condiciones naturales, como son: el clima, flora y fauna, sus zonas arqueológicas, así como las montañas que lo rodean y que son consideradas parte de estas como zonas de reserva, también se cuenta con iglesias que representan el arte colonial. Una de principales atracciones es el museo. “México por la paz” el cual fue fundado por el poeta, Carlos Pellicer el 6 de junio de 1966 y ha sido considerado dentro del programa federal de Pueblos Mágicos. En el caso de Yautepec su riqueza turística descansa en sus condiciones naturales; en sus balnearios y su riqueza gastronómica. Tlayacapan destaca como pueblo artesano y actualmente busca ser considerado para incluirse en los Pueblos Mágicos, cuenta con dos museos uno de arte religioso y la casa de la cultura “Cerería” con exposiciones temporales. Se cuenta además con posadas turísticas y restaurantes. Cabe señalar que este último municipio además presenta cierto equilibrio entre las actividades primarias y secundarias.

Tepoztlán presenta además actividades agropecuarias de baja producción sólo se cultivan algunas parcelas para consumo personal entre los principales cultivos se encuentran el maíz, frijol, calabaza y chiles. Cabe mencionar que existen dos tipos de cultivos agropecuarios significativos hablando de producción económica, estos son: La flor de gladiola y el jitomate. Tanto en la cabecera municipal como en las localidades de este

municipio existen actividades ganaderas que van desde establos lecheros hasta granjas porcícolas y avícolas que tienen una gran importancia para el consumo propio de este municipio.

Los principales cultivos en Yautepec son la caña de azúcar, arroz, cebolla, jitomate, sorgo, maíz y frijol. También existen viveros de árboles frutales, plantas y flores de ornato. Se cría ganado bovino, porcino, caprino y caballar en pequeña escala, también se explota la avicultura y la apicultura. Las actividades agropecuarias en Tlayacapan, son tan importantes como el turismo y los servicios, se cultiva nopal, jitomate, frijol y hortalizas. El 2% de la población se dedica a la ganadería.

IV.3. Diagnóstico regional sobre los recursos naturales y la conservación ambiental del SAR

IV.3.1 Funcionamiento general del SAR

El Sistema Ambiental Regional corresponde a un fragmento del extremo Norte del estado de Morelos, ubicado dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, correspondiente a la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. La región presenta un relieve complejo, dominado por una sección muy amplia de relieve volcánico en las regiones Norte y Noroeste, formado por materiales extrusivos, principalmente basaltos y brechas volcánicas, con la intrusión de depresiones interlavicas de carácter acumulativo en la zona Centro y de una Llanura aluvial al Sur, ambas correspondientes al sistema fluvial, constituidas de aluvión y materiales residuales. El clima en la zona está determinado principalmente por la altitud y la orografía del SAR; pues la Sierra del Chichinautzin constituye una barrera para el paso de la humedad proveniente del Pacífico, por lo que acelera los cambios climáticos con respecto a las partes bajas del SAR, interviniendo en la diferenciación de 3 tipos climáticos tanto de tipo cálido, como semicálido y templado. La conjugación de todas estas características ha ocasionado que en el Sistema Ambiental, se diferencie una buena diversidad edáfica, conformada por 9 tipos edáficos, clasificados en 7 unidades; los Andosoles, Acrisoles y Leptosoles en las zonas de Sierra o partes altas del relieve volcánico, los Feozems, Luvisoles, Regosoles y los Vertisoles en los Valles y zonas bajas del relieve fluvial. La interacción de estos tipos edáficos con los tipos climáticos ha favorecido la existencia de un complejo mosaico de vegetación, donde sobresalen los Bosques templados de pino, encino y oyamel, hasta los templados con elementos mesófilos, así como también el Matorral rosetófilo en las partes Norte y Noroeste del área; estos ecosistemas se presentan con buenas condiciones de conservación, y en caso de presentar disturbio este es incipiente, pues se observa en la buena conectividad que presentan.

Al Centro del sistema se desarrollan comunidades de transición, básicamente de Bosque de encino con Selva baja caducifolia, y al Sur se desarrolla la Selva baja caducifolia entremezclada con Pastizales inducidos y extensas Zonas de cultivo. La intervención humana ha ocasionado la alteración de la vegetación, de esta forma se presenta en su mayoría una Selva baja perturbada. Desde el punto de vista ecológico, los diferentes ecosistemas tanto perturbados como conservados, así como las Zonas agrícolas y Pastizales que se desarrollan dentro del SAR, son refugio permanente y estacional de alrededor de 352 especies de vertebrados, dentro de los que destaca la presencia de diferentes especies de transición entre la región Neártica con la Neotropical compartidas

tanto en los Bosques templados como con los Bosques tropicales, así también como las de hábitos generalistas sobre todo en zonas perturbadas.

Considerando estas características, para la evaluación del diagnostico regional ha sido necesario analizar la estructura y función del SAR desde la interacción de 3 componentes; el medio biótico, es decir, la flora y la fauna, el medio físico o biótico (clima, suelo, agua, geomorfología) y el socioeconómico que involucra las actividades antrópicas desarrolladas en el entorno del proyecto. Considerando la interrelación de estos 3 componentes, el medio físico funciona como el sustrato principal que provee sostén, materias primas y energía al sistema biológico, el cual a su vez provee una capacidad de sustentación al medio social, que obtiene alimentos y materias primas tanto del sistema físico como del biológico.

Con base en esto, y a lo descrito en el apartado de paisaje, para la elaboración del diagnostico ambiental del SAR, fue necesario dividir a la zona en 3 categorías a partir del sistema geomorfológico y con apoyo del mapa hipsométrico, dando también peso importante al uso de suelo y vegetación; de esta forma se ha agrupado al sistema en 3 categorías: a) zonas altas, conformadas por el sistema de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y al sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, es decir, comprende a las laderas del relieve moldeado por la última erupción del Volcán Chichinautzin, así como las paredes de los Cerros Tepozteco y Zematzin. b) zonas medias, que agrupan a los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cineritico, ubicados en la cota de los 1,500 a 2,000 msnm, y c) zonas bajas, que comprenden a las depresiones interlávicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada en una altitud inferior a los 1,500 msnm.

En este contexto, las zonas altas conformadas por el sistema de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y el sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm, representa cerca del 58% del SAR, corresponden a la zona Noroeste, ocupadas por extensos bosques típicamente Neárticos, con desarrollo de comunidades de pino, encino, oyamel así como Matorral rosetófilo cracicaule y Bosques templados con elementos mesófilos, con poca o nula perturbación, desarrollados sobre suelos de tipo Andosol y Leptosol muy susceptibles a la erosión en caso de desmonte, por tratarse de zonas con relieve pronunciado; sobreyacen a rocas ígneas, que son materiales extrusivos básicos (basalto) y brecha volcánica. Estas características permiten que las zonas altas sean consideradas muy importantes, por la cantidad de servicios ambientales que prestan al medio, tales como la recarga de acuíferos a través de fracturas y la fijación de carbono, en este sentido, estas zonas altas tienen una fijación de más de 200 mg C/ha lo cual cae entre los valores altos, además son el hábitat predilecto para muchas especies de hábitos restringidos. Asimismo, la actividad antropogénica es relativamente poca y de bajo impacto, son localizadas las zonas en donde se desarrollan Pastizales inducidos y Actividades agrícolas, por lo que la importancia de estas zonas boscosas resalta por el buen estado de conservación (Figura IV.121).

En conjunto de las zonas altas, con desarrollo de Bosques templados y Matorral rosetófilo, son hábitat de un total de 108 especies de vertebrados, de las cuales 10 corresponden a Anfibios y Reptiles, 75 Aves y 23 Mamíferos; de las que 11 se encuentran listadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en algún estatus de riesgo. La conectividad en esta zona es muy buena, y las interrupciones que hay son de tipo natural como pendientes abruptas con disecciones severas; no hay una diferenciación notoria de parches a nivel paisajístico que demerite el atractivo de esta zona.



Figura IV.121. Aspecto general de las zonas altas, conformadas por los sistemas de derrame de lava cubierta por un manto de materiales volcanoclasticos, y el sistema de derrame de lava con malpaís, ubicados a una altura entre los 2,000 y 3,000 msnm con las mejores condiciones de conservación del SAR

Las zonas medias están conformadas por los sistemas de derrame de lava con malpaís, laderas modeladas de disección profunda y sistema de edificio volcánico cinerítico, que cubren cerca del 34% del SAR. Al Centro-Suroeste se distribuye las geoformas de Derrame de lava con malpaís y laderas modeladas de disección profunda; mientras que al Sureste se distribuye el Sistema de edificio volcánico. Las partes medias presentan una cubierta vegetal que representa una zona de transición entre la parte Neártica (Norte) y la Neotropical (Sur). Por ello, la vegetación original comparte ambas características, presentándose tanto elementos de Encino como de Selva baja caducifolia. Desgraciadamente, en las partes medias, más del 28% de su superficie está ocupada por Zonas agrícolas y Pastizales inducidos para el sostenimiento del ganado; manteniendo únicamente remanentes de Bosque de encino y Selva baja caducifolia, en diferentes estados de perturbación. No obstante, las zonas del altitud media del SAR, siguen proporcionando diferentes beneficios ambientales debido a que aún mantienen bosques con buen estado de conservación; para la fijación de carbono presentan rangos de captura entre los 100 mg y en algunos casos hasta los 200 mg C/ha, lo que se considera como medio-alto.

Los Bosques de transición que se asientan en las partes medias, no presentan el optimo estado de conservación, debido a que la vegetación se han visto afectada en los últimos años por la expansión de la frontera agrícola, en estas zonas los pobladores han abierto senderos, lo que ha facilitado el paso para la utilización de las tierras en las actividades del sector primario, ocasionando la apertura de claros para cultivos, por lo que es común observar los terrenos en abandono, lo que se refleja en la ocupación por Pastizales inducidos (Figura IV.122). El desmonte de parcelas, ha generado la discontinuidad de

corredores de fauna por la modificación del hábitat; aunque, siguen siendo hábitat importante de cerca de 200 vertebrados, mucho de ellos con hábitos generalistas beneficiados por los campos de cultivo ubicados en estas zonas y otros compartidos entre las zonas de Bosques templados y Bosques tropicales por lo que se trata de fauna de transición, de la que cerca del 73% corresponde al grupo de las Aves, 22.5% al de los Mamíferos representados principalmente por pequeños roedores, murciélagos, conejos, entre otros y 4.5% al grupo de herpetofauna (Anfibios y Reptiles), compuesto principalmente por lagartijas y serpientes, que serian las más beneficiadas en cuanto a que en estos sitios pueden encontrar mayor disponibilidad de alimento.

Los tipos edáficos dominantes de las zonas medias son Feozem haplico y Vertisol pelico, cuya edafogénesis se dio por acumulamiento del material arrastrado de las zonas altas del SAR. Los suelos que sobreyacen a materiales litológicos de brecha volcánica y basalto (ígneas extusivas), se presentan zonas de media a alta filtración; además, estas zonas figuran otras condiciones favorables, pues se encuentran atravesadas por un sistema fluvial conformado por diferentes cañadas y barrancos de disección moderada, con Vegetación riparia que aunque se encuentra en estado de perturbación, son de gran importancia para las especies que requieren de conexión con otros sitios del SAR al Norte dentro de las zonas altas, por lo que forman parte de importantes corredores biológicos. Mientras que en el suelo residual la infiltración es nula o casi nula, lo que favorece el desarrollo de suelos de textura fina como los Vertisoles, donde se concentran las actividades del sector primario. Por su ocupación, estos sitios se constituyen en barreras ambientales para el movimiento de la fauna hacia las partes altas (Bosques templados) y hacia las bajas (Selvas caducifolias) y son una de las causas principales de la fragmentación del SAR en su parte Central donde se asienta parte de los poblados del municipio de Tepoztlán.

Las zonas mas bajas y planas del SAR las conforman las unidades de relieve depresiones interlavicas de carácter acumulativo y a la llanura aluvial dilatada ubicada en la cota inferior a los 1,500 msnm en las porciones Centro y Sur; en conjunto ocupan cerca del 8% del SAR; estas regiones son identificadas como las de mayor grado de disturbio, pues han perdido por completo su naturalidad, por lo que son consideradas dentro del Sistema Ambiental las zonas más resistentes a futuros disturbios (Figura IV.123). En las partes bajas se asienta la urbe del poblado de Tepoztlán y Oacalco, así como sus zonas aledañas, además de mantener todavía actividades del sector primario, es decir zonas agrícolas y pecuarias.

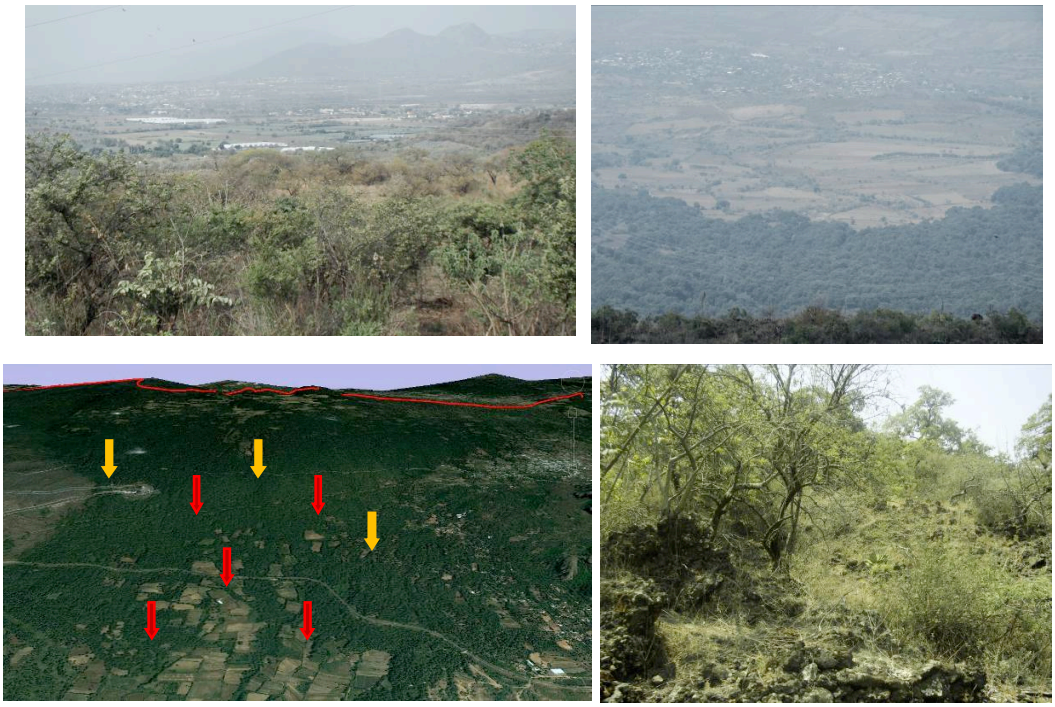


Figura IV.122. Aspecto general de las zonas medias del SAR. Imagen inferior izquierda, (flechas amarillas) representa las zonas de Bosque de encino con (flechas rojas) fragmentos dedicados al cultivo



Figura IV.123. Las zonas bajas corresponden a las unidades llanura aluvial dilatada y el relieve depresiones interlavicas de carácter acumulativo en donde se asientan los poblados de Tepoztlán y Oacalco, se trata de las zonas más alteradas dentro del SAR

En las partes bajas, se pueden identificar pequeños manchones de vegetación, sin embargo, esta corresponde a Vegetación exótica introducida y a remanentes de Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia. Aquí se presentan suelos de tipo Feozem y Vertisol, producto de la acumulación de los materiales arrastrados por el agua o la lluvia de las partes más altas del sistema, los cuales sobreyacen en aluvión y otros materiales residuales. La permeabilidad de estas áreas es nula o casi nula y el escurrimiento también es bajo.

En estos sitios se tiene un predominio de las actividades del sector terciario dentro del cual sobresalen el turismo y en segunda instancia se encuentran las actividades del sector primario es decir, las de tipo agrícola. La actividad humana se ha incrementado con el paso de los años, de tal manera que ha generado una interrupción total entre el Norte y Centro del SAR con el Sur, y como es de esperarse con efectos importantes en la fauna; pues aunque se desarrolla un buen número de especies faunísticas, cerca de 118 especies de vertebrados, de los que 34 corresponden a los Mamíferos, 76 a las Aves y 8 a los Anfibios y Reptiles, una parte significativa de esta diversidad presenta hábitos generalistas y de oportunismo, favorecidas por las condiciones de perturbación en las que se encuentra la zona Sur del SAR. Destacan por su número en las poblaciones, los zanates (*Quiscalus mexicanus*), gorriones (*Carpodacus mexicanus*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*) y algunas lagartijas de los géneros *Sceloporus*; aunque por estas zonas cruzan algunas barrancas principalmente por los poblados que se concentran en el Centro, se encuentran con importantes daños ocasionados por la mala disposición de residuos sólidos y por la inadecuada disposición de aguas residuales, por lo que son consideradas dentro del Sistema Ambiental las zonas más resistentes a futuros disturbios.

Una parte muy importante en la evaluación del diagnostico ambiental del Sistema es la accesibilidad, para lo cual, es necesario tomar en cuenta diferentes criterios, entre los que sobresale con mayor importancia el relieve, debido a que acostumbradamente para llevar a cabo diferentes actividades es preferente hacerlo sobre suelos planos, por lo que la apertura de caminos y la utilización de las tierras en zonas accidentadas se vuelve casi nula; de esta manera para el SAR la presencia de pendientes fuertes y la misma geoforma obstaculizan el uso de ciertos terrenos, no obstante, otra parte de relevancia que se consideró es la existencia de caminos, brechas, senderos, así como la proximidad a las poblaciones y el estado de la vegetación, que en muchos de los casos es lo que impide el acceso a terrenos conservados, pues al presentarse muy cerrada impide su libre tránsito.

De esta forma, los factores que favorecen la mayor accesibilidad de un lugar son la cercanía con vialidades o caminos que conduzcan hacia un sitio. Estos lugares de origen y destino, son las localidades y los puntos de infraestructura, considerados como sitios de trabajo o visita, tales como granjas avícolas, ranchos, viveros, gasolineras, casetas de peaje, bodegas y escuelas. Caminos como la terracería que ocupa la antigua vía del ferrocarril México-Cuernavaca, entre Coajumulco y San Juan Tlacotenco, y los caminos de acceso y salida sobre la carretera La Pera–Cuautla hacia distintas colonias incrementan la accesibilidad a su alrededor, tanto para el aprovechamiento de los bosques como la comunicación de los Asentamientos humanos respectivamente.

El SAR tiene en promedio una accesibilidad “Moderada”, que se representa con franjas de terreno que se ubican alrededor de los caminos de terracería y carreteras pavimentadas, así como asentamientos humanos (25.1% del SAR). Las regiones donde se marca esta clase de accesibilidad están en el Oriente del SAR, entre Santo Domingo y Amatlán de Quetzalcóatl, y entre Oacalco y Santiago Tepetlapa, ocupando la franja de ranchos, colonias y cultivos entre la carretera La Pera-Cuautla y la carretera federal Tepoztlán-Yautepec. Los sitios con la

categoría de accesibilidad “Muy baja” ocupan el 15.5% del SAR y se encuentran en el Norte del SAR y Norponiente de San Juan Tlacotenco (Sierra Chichinautzin), y en el Centro del SAR, justo en las cimas de los Cerros Tepozteco, Zematzin y Chalchiltepetl. Existen algunos senderos que permiten las caminatas sobre el C. Tepozteco, sin embargo, sus paredes verticales y topografía no permiten el uso de estas vías sino para el uso turístico (Figura IV.124).

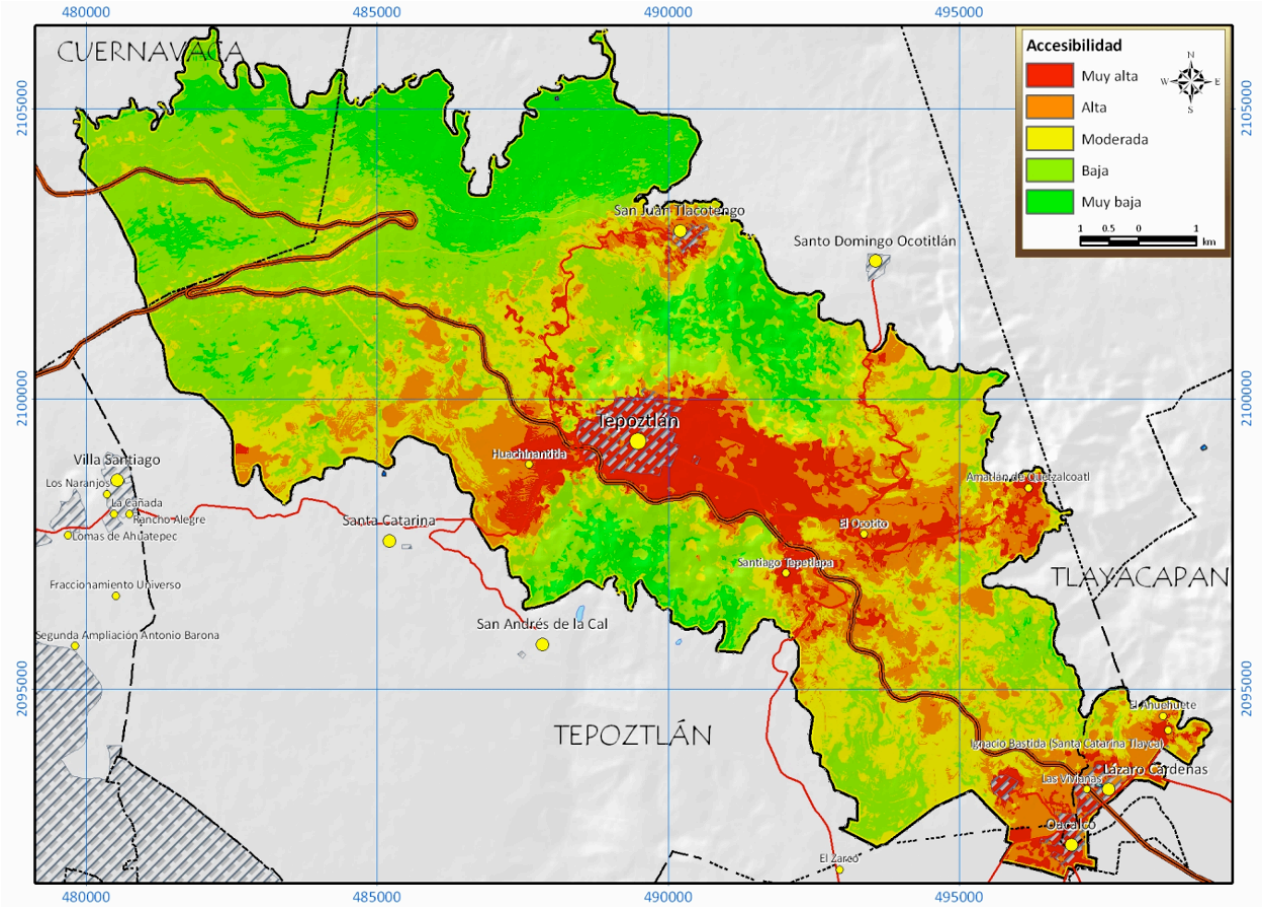


Figura IV.124. Mapa de accesibilidad (sin proyecto)

Es importante mencionar que el derecho de vía donde se llevará a cabo la modernización del proyecto comparte ciertas cualidades sobre todo físicas (edafología, geomorfologia y litologia superficial) con el exterior del derecho de vía; pero por la intrusión humana constante, las podas y deshierbes, la condición ambiental varía con el exterior del DV y en general se muestra más alterado que los ecosistemas vecinos, además de que no presenta continuos de vegetación autóctonos puros, sino que en todo caso se observaron mezclas con especies exóticas, sobre todo jacarandas.

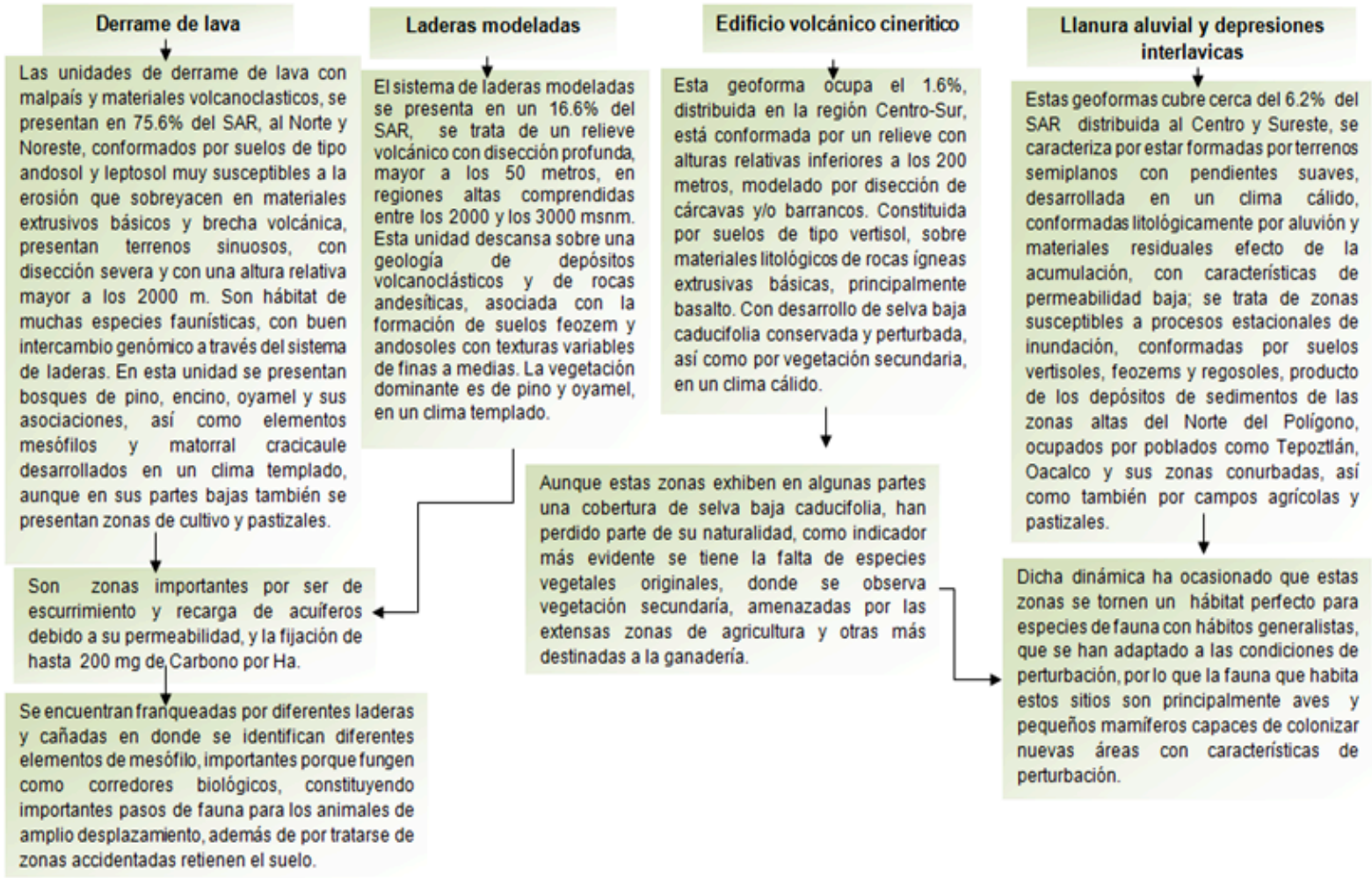


Figura IV.125. Esquema del funcionamiento general del SAR

IV.3.2. Estado de conservación y fragilidad del SAR (identificación de areas críticas de conservación)

Para la elaboración del diagnóstico del SAR se decidió evaluar la fragilidad ambiental del área, ya que dicha capa permitirá conocer mejor la intensidad de los impactos ambientales y en que sentido se darán; así como orientar las medidas de mitigación y prevención. La fragilidad ecológica se define como la fragilidad de un ecosistema para resistir o recuperarse de afectaciones externas, es decir, la escasa capacidad de un ecosistema de regenerarse cuando ha sido afectado o modificado tanto por fuentes antropogénicas como naturales. En el caso específico del SAR, las zonas más frágiles coinciden con las más conservadas, ya que por ejemplo los bosques templados que crecen al norte del SAR, mantienen su suelo por no tener alteraciones en la cubierta vegetal, es hábitat de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con hábitos restringidos y es un ecosistemas que además de ser frágil presentan buenas condiciones de conservación.

El mapa de diagnóstico; es una combinación del mapa de fragilidad ecológica con el del estado del SAR. Ambos mapas se obtuvieron con un proceso inspirado del método utilizado para los Programas de Ordenamiento Ecológico. Para el mapa de fragilidad ecológica se sobrepuso los resultados obtenidos en el mapa de 1) ecosistemas frágiles que integra los indicadores de fragilidad identificados en el SAR para flora y fauna; de 2) erosión total Et (erosión hídrica Eh y eólica Ee) que integra los factores de cobertura vegetal y pendiente; así como 3) infiltración y 4) escurrimiento. A través de la reclasificación del resultado de la suma entre las capas mencionadas con valores entre 0 y 10 y un mapa de ecosistemas frágiles Fv se obtuvo el mapa de fragilidad del SAR (Figura IV.130) que refleja la susceptibilidad de los ecosistemas ante el impacto ocasionado ya sea por los procesos naturales, o bien, por las diferentes acciones antropogénicas a que pueden estar expuestos. Chiappy (1996 y 2001) menciona que la fragilidad está íntimamente relacionada con las características intrínsecas como la riqueza y la biodiversidad particulares de cada ecosistema, su resilencia, su endemismo, su carácter relicto, la insularidad y la disyunción, entre otras. Así como con características extrínsecas como son las condiciones abióticas en las que se desarrollan los ecosistemas, tales como los ángulos de inclinación de las pendientes donde se establecen, la disección vertical y horizontal de los geocomplejos, la erodibilidad de los suelos, y el régimen hidroclimático, el grado de fragmentación que se pueda presentar por diversas actividades antrópicas, entre otras. Para la ponderación de estas capas se le dio un valor del 50% a la capa de ecosistemas frágiles, el 20% a la erosión, el 13% al escurrimiento y el 17% a la vulnerabilidad del acuífero; debido a que en la junta de los especialistas se determinó que en ese grado aporta la capa temática a evaluar la fragilidad del SAR.

Por otra parte el estado del SAR (con valores de muy perturbado a muy conservado); se sacó con la sobreposición del mapa de 1) ecosistemas frágiles, con el de 2) accesibilidad; donde en la ponderación se tuvo, que al primero se le dio el 70% del peso y al segundo el 30%, en la junta de especialistas participantes.

Todos los indicadores se normalizan en valores entre el 0 y el 1, donde el 0 es el peor escenario y 1 es el mejor escenario. Entonces en el mapa diagnóstico los valores más cercanos al 1 serán aquellos como mejor estado de conservación y más frágiles; mientras que los valores más cercanos al 0 serán los valores más perturbados.

A continuación se explica como se obtuvieron cada una de las capas: ecosistemas frágiles, erosión, infiltración, escurrimiento y accesibilidad; posteriormente se realiza las sobreposiciones para obtener los dos mapas diagnóstico 1) Fragilidad y 2) Estado; que se

sobrepusieron para conocer en cada área del SAR tanto su fragilidad como su estado, de forma conjunta.

Ecosistemas frágiles (Fv)

Para obtener el mapa de ecosistemas frágiles se realizó una reclasificación de la capa de uso de suelo y vegetación del SAR generada en este estudio, asignando valores jerárquicos del 0 al 1 dependiendo de la fragilidad y estado de cada tipo de ecosistema o actividad. Para asignar los valores se utilizaron indicadores de estado de la vegetación y la fauna; que se calificaron mediante funciones de utilidad, los indicadores de estado utilizados fueron:

1. Altura del dosel arbóreo
2. Diámetro a la altura del pecho del estrato arbóreo
3. Suma de IVI de especies primarias de la asociación vegetal
4. Asociación vegetal como hábitat para fauna
5. Asociación vegetal como hábitat de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

En todos los casos el indicador se compara con su valor umbral y se diseña la función utilidad de cada indicador, para que quede entre 0 y 1, donde 1 es el valor más cercano al umbral (zonas muy conservadas) y 0 es el más alejado al umbral (zonas muy perturbadas).

1. Altura del dosel arbóreo

Para obtener la capa de este indicador se utilizó la función de utilidad:

Valor del indicador de altura = (Altura real / Altura umbral)

Los resultados por tipo de vegetación se presentan en la Figura IV.126.

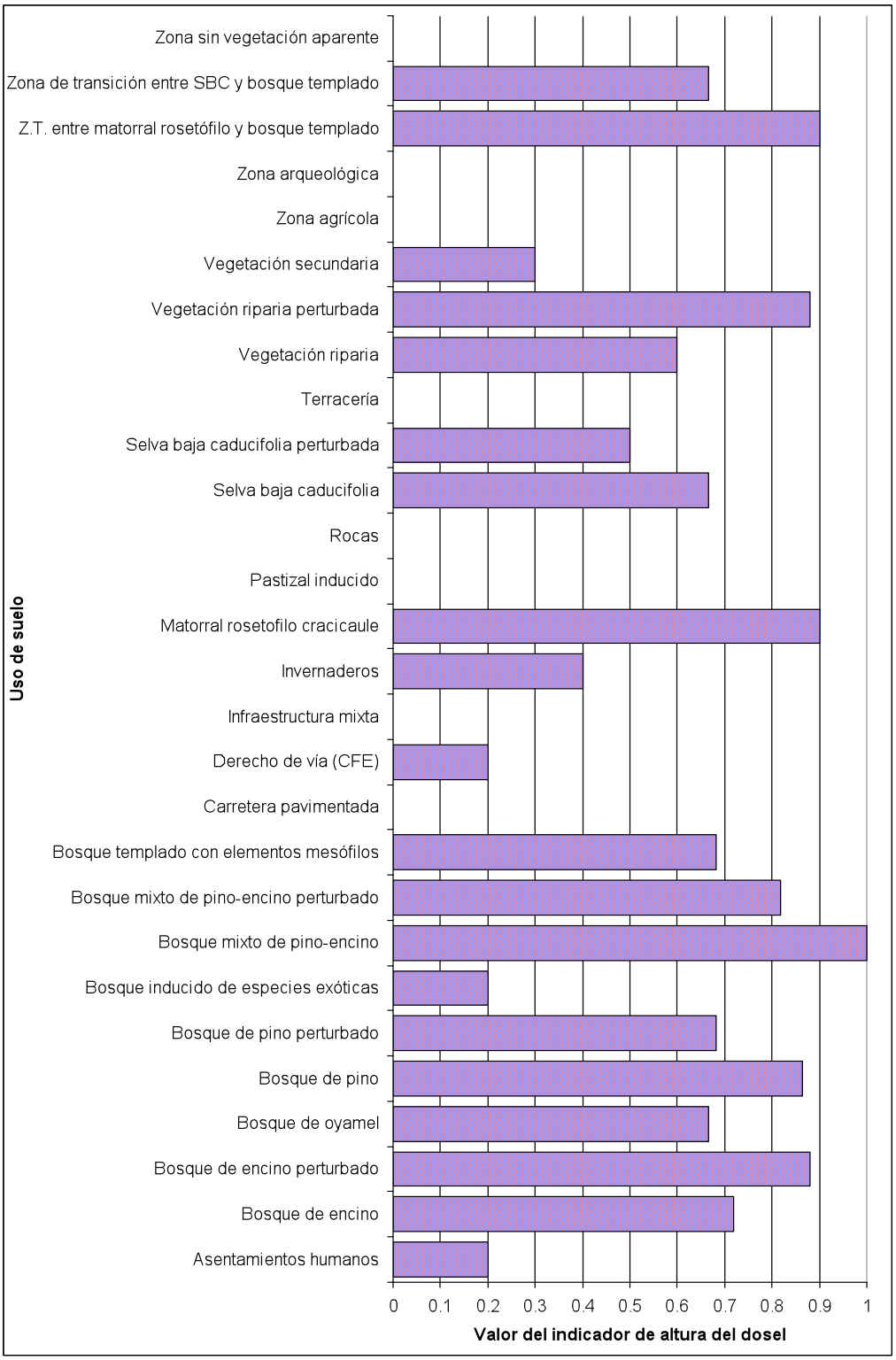


Figura IV.126. Indicador de altura de dosel arbóreo

2. Diámetro a la altura del pecho del estrato arbóreo

Para obtener la capa de este indicador se utilizó la función de utilidad:

f(x) = DAP real/DAP umbral donde valores más cercanos a 1 tiene la asociación los DAP promedio esperados para ese tipo de vegetación primario muy conservado.

Los resultados por tipo de vegetación se presentan en la Figura IV.127.

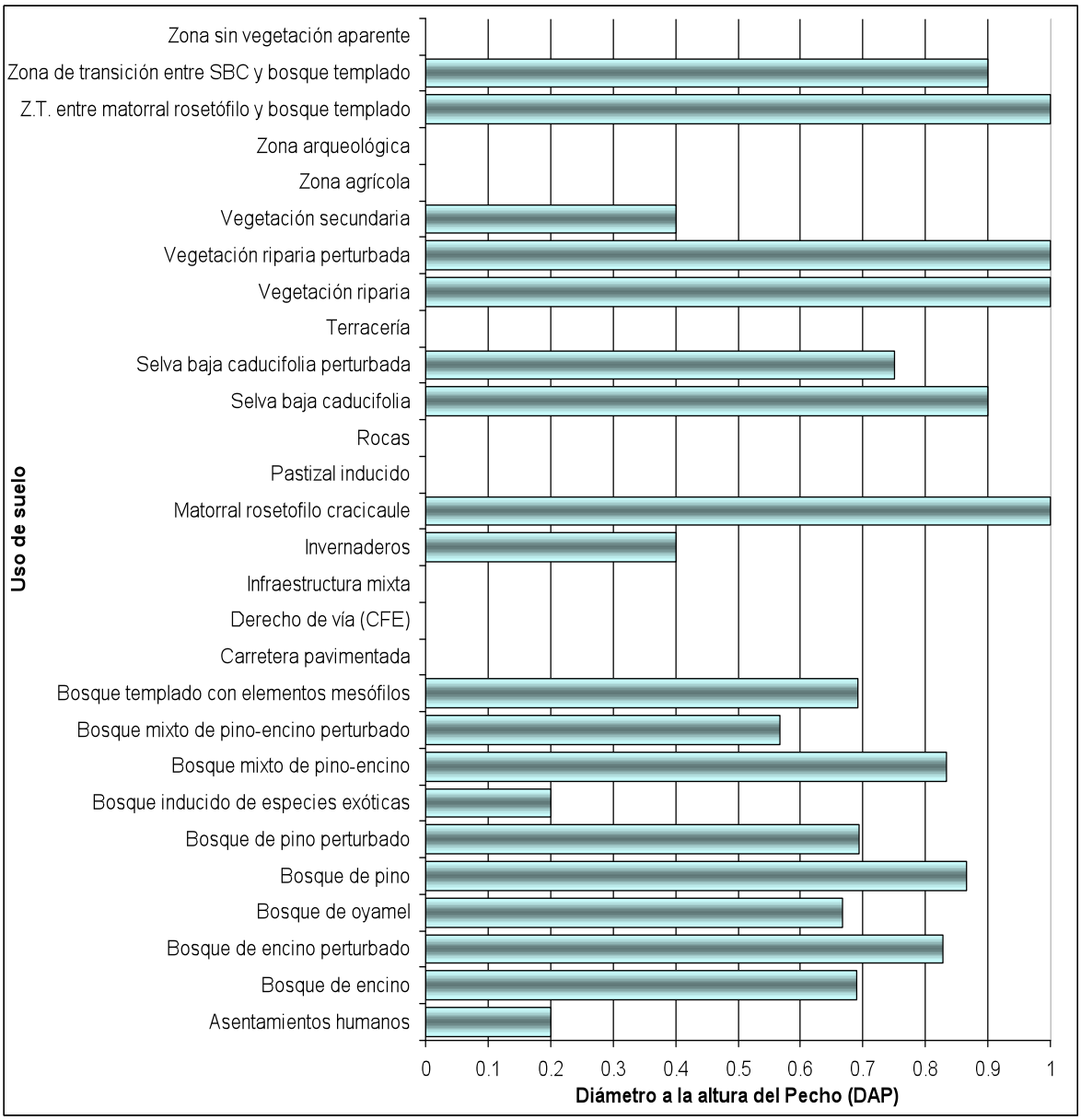


Figura IV.127. Indicador normalizado del Diámetro a la altura del Pecho (DAP)

3. Suma de IVI de especies primarias de la asociación vegetal

Para obtener la capa de este indicador se utilizó la función de utilidad:

f(x) = suma de IVI de especies primarias/300 donde 300 es la suma maxima de IVI de todos las especies de cualquier ecosistema.

Los resultados por tipo de vegetación se presentan en la Figura IV.128.

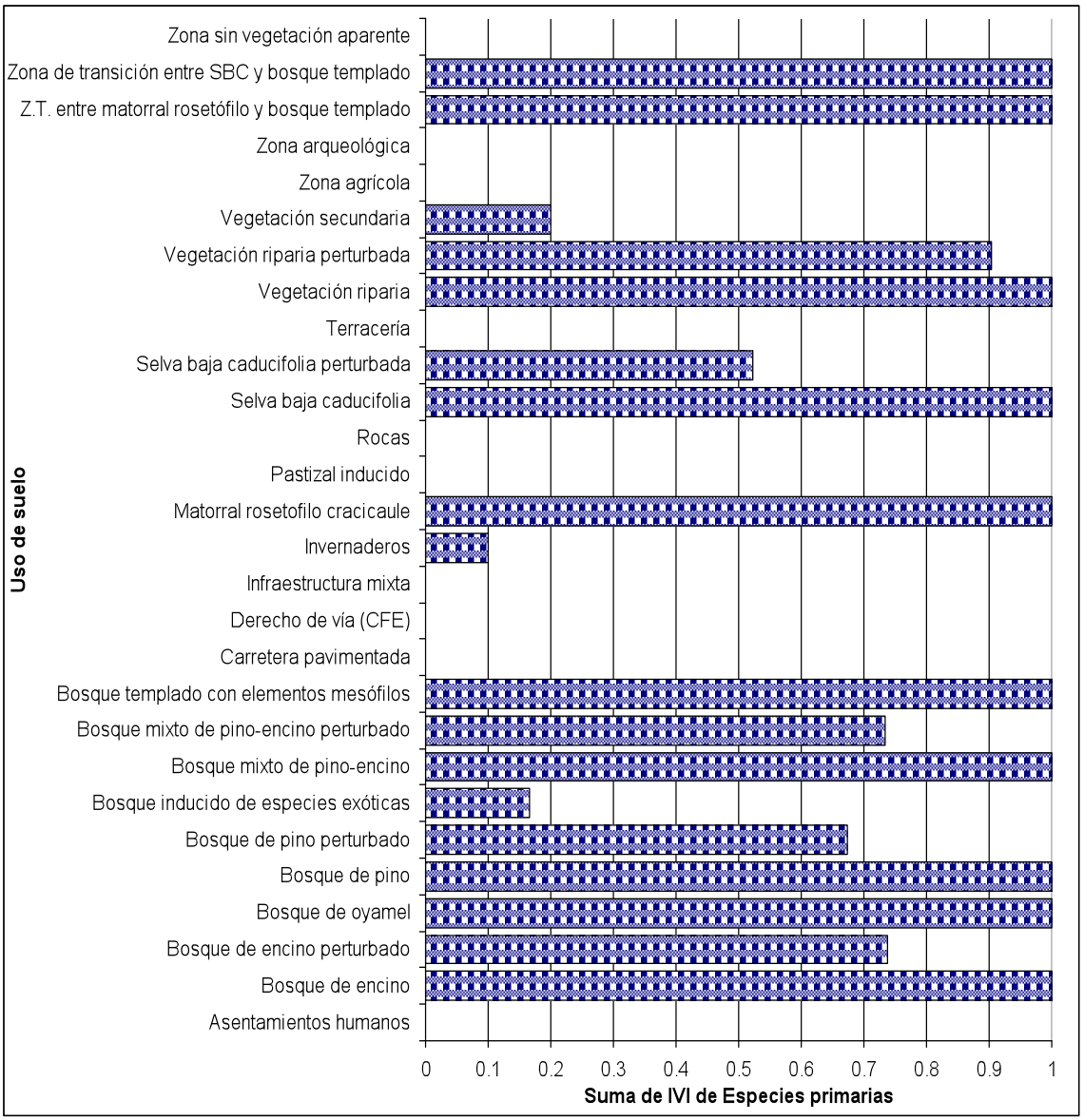


Figura IV.128. Indicador normalizado se la suma de IVI (valor de importancia) de especies primarias

4. Asociación vegetal como hábitat para fauna

Para obtener la capa de este indicador se utilizó la función de utilidad:

Valor del indicador hábitat = (Número de especies que habitan esa veg / 352) donde 352 son las especies potenciales registrados para el SAR

Los resultados por tipo de vegetación se presentan en la Figura IV.129.

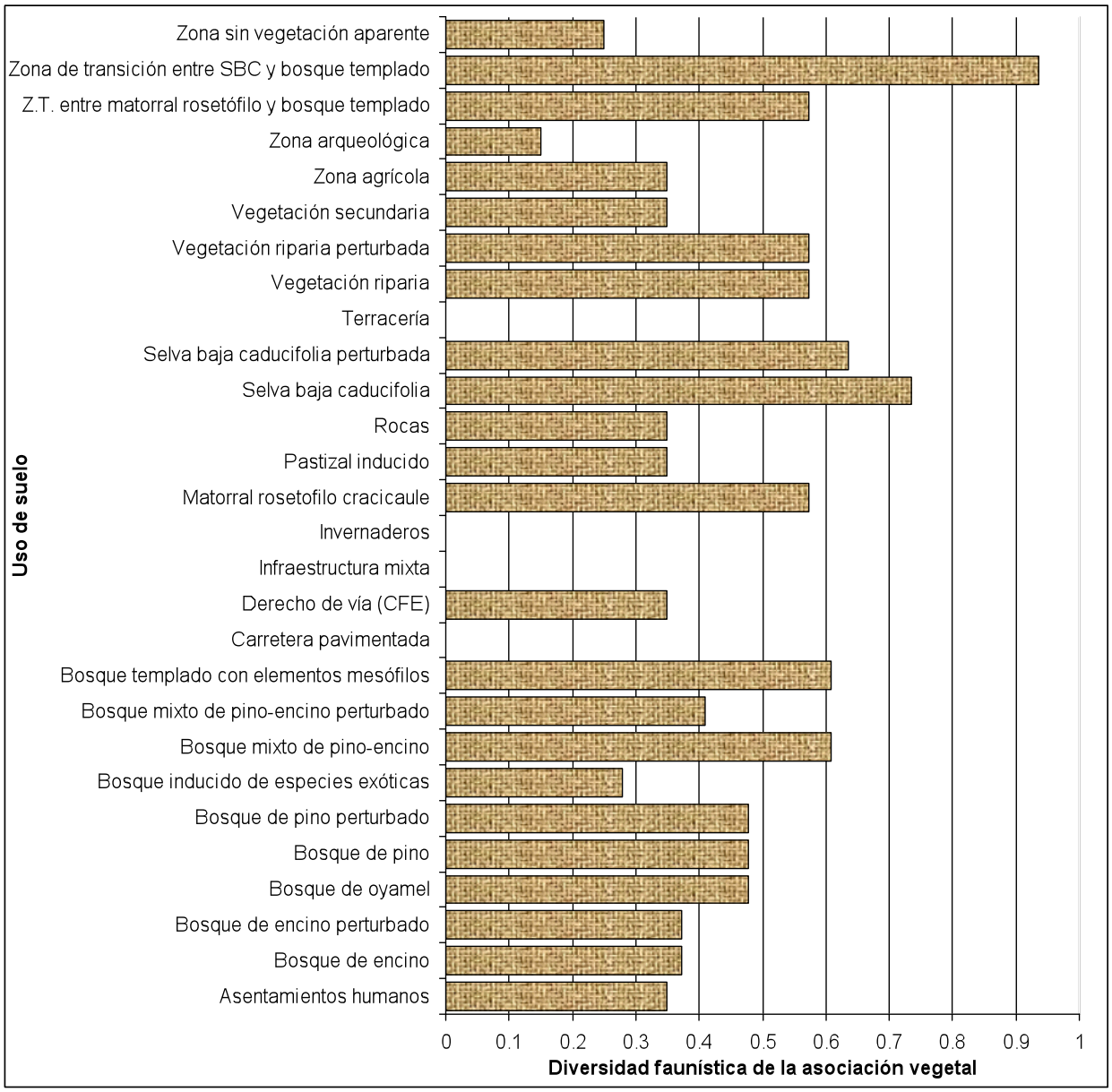


Figura IV.129. Indicador de asociación vegetal como hábitat para fauna

4. Asociación vegetal como hábitat para especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Para obtener la capa de este indicador se utilizó la función de utilidad:

Valor del indicador hábitat = (Número de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que habitan esa veg / 25) donde 25 es el número máximo de especies de fauna en la NOM que habitan una asociación vegetal.

Los resultados por tipo de vegetación se presentan en la Figura IV.130.

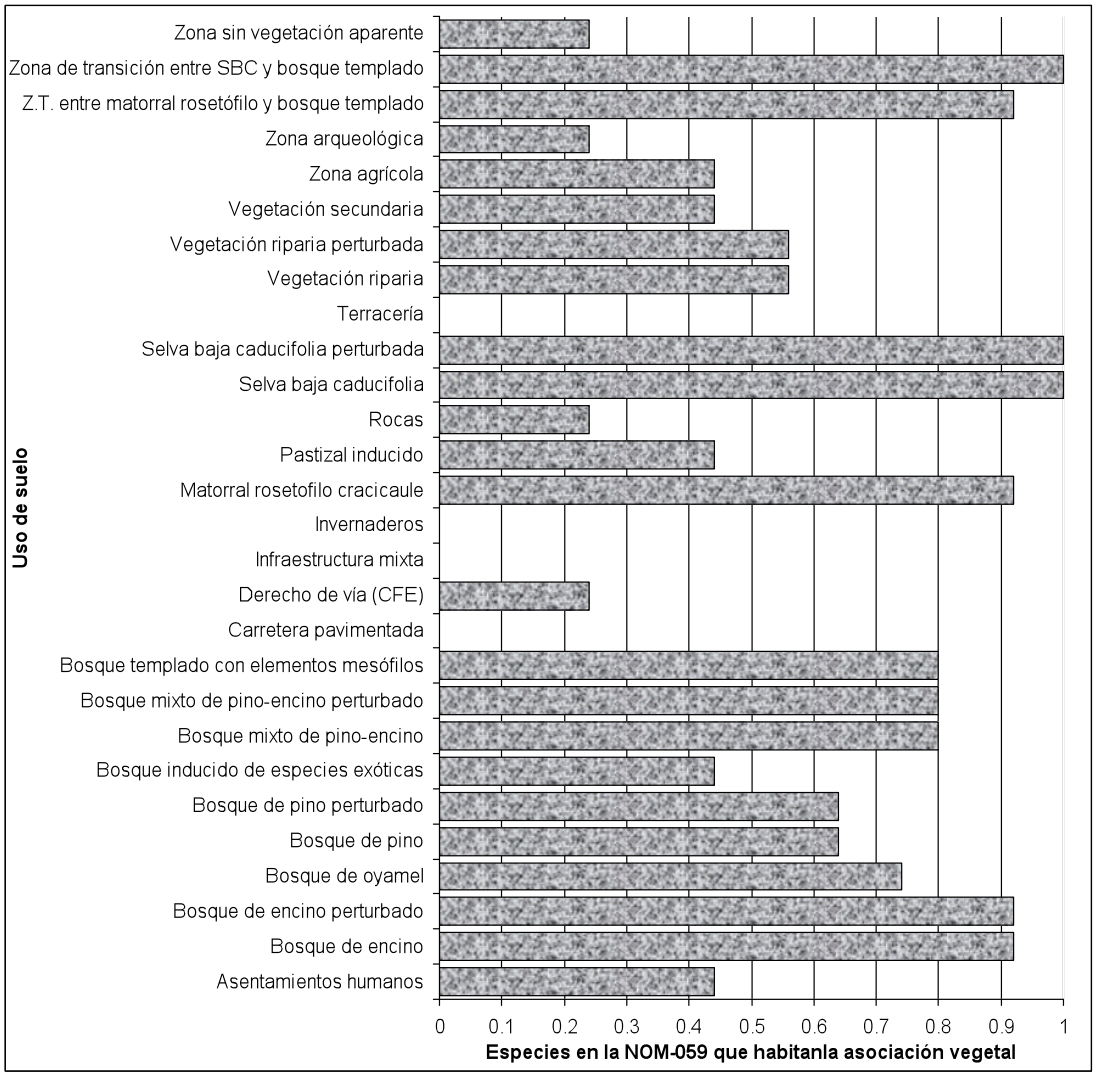


Figura IV.130. Indicador de Asociación vegetal como hábitat de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Finalmente para la elaboración de la capa de ecosistemas frágiles se sacó un promedio de los 5 indicadores por asociación vegetal, cuyos resultados se presentan en la Tabla IV.56.

Tabla IV.56. Valores de la capa de ecosistemas frágiles para frágilidad y conservación

Categoría de uso de suelo o tipo de vegetación	Valor de la capa de ecosistemas frágiles
Asentamientos humanos	0.440
Bosque de encino	0.920
Bosque de encino perturbado	0.920
Bosque de oyamel	0.740
Bosque de pino	0.640
Bosque de pino perturbado	0.640
Bosque inducido de especies exóticas	0.440
Bosque mixto de pino-encino	0.800
Bosque mixto de pino-encino perturbado	0.800
Bosque templado con elementos mesófilos	0.800
Carretera pavimentada	0.000
Derecho de vía (CFE)	0.240
Infraestructura mixta	0.000
Invernaderos	0.000
Matorral rosetofilo cracicaule	0.920
Pastizal inducido	0.440
Rocas	0.240
Selva baja caducifolia	1.000
Selva baja caducifolia perturbada	1.000
Terracería	0.000
Vegetación riparia	0.560
Vegetación riparia perturbada	0.560
Vegetación secundaria	0.440
Zona agrícola	0.440
Zona arqueológica	0.240
Z.T. entre matorral rosetófilo y bosque templado	0.920
Z.T. entre SBC y bosque templado	1.000
Zona sin vegetación aparente	0.240

Los valores presentados en la Tabla IV.56, pesan el 50% de la capa de frágilidad (Figura IV.130), y el 70% para estado. En la Figura IV.131 se presenta los resultados de la evaluación de ecosistemas frágiles del SAR.

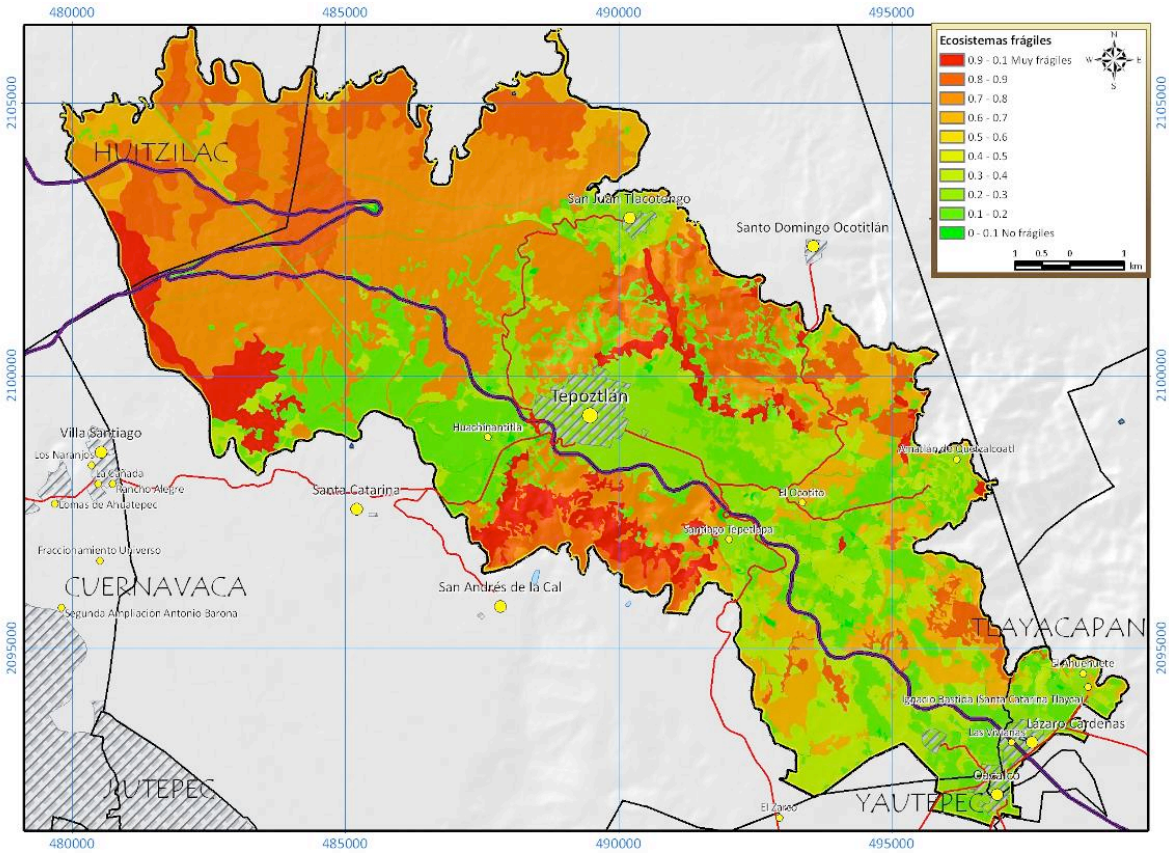


Figura IV.131. Ecosistemas frágiles del SAR ponderado entre 0 y 1 donde 1 es lo más frágil y conservado

Erosión total

La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o la por la acción del viento. La erosión se puede clasificar por su origen en: natural y antrópica, y por sus agentes causantes en eólica (viento) e hídrica (agua). Los factores naturales que influyen en la magnitud de la erosión son el clima, el relieve, la vegetación y el suelo. Las clases de erosión de acuerdo con su magnitud son las descritas en la Tabla IV.57.

Tabla IV.57. Efectos de las clases de erosión debido a su magnitud

Clase	Relieve generado
Sin erosión	-
Ligera	Pequeños surcos (laminar)
Moderada	Surcos grandes
Alta, muy alta, severa	Zanjas o cárcavas

Fuente: Facultad de Ciencias, Universidad de la República de Uruguay

Mapa de erosión total

El cálculo del índice de erosión laminar o de erosión por capas contempló dos etapas, la evaluación de la erosión laminar hídrica Eh y eólica Ee.

Mapa de erosión hídrica Eh

La metodología requiere de la preparación de 9 mapas intermedios que se mencionan a continuación:

1. PECRE: Período de crecimiento,
2. IALLU: Índice de agresividad de la lluvia,
3. IAVIE: Índice de agresividad del viento,
4. CAERO: Coeficiente de erodabilidad,
5. CATEX: Calificación de textura y fase
6. CATOP: Calificación de la topografía,
7. CAUSO: Calificación por uso del suelo,
8. EROH: Erosión hídrica y
9. INDEROH: Degradación

PECRE

El período de crecimiento se define como el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo (media anual). Se obtiene con el siguiente cálculo:

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

IALLU e IAVIE se calculan partiendo de la capa PECRE con las siguientes fórmulas:

$$IALLU = 1.1244\ (PECRE) - 14.7875$$

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (PECRE)$$

CAERO

Para la evaluación de la erosión laminar hídrica en el área se elaboró la capa de coeficiente de erodabilidad (CAERO) con base en los valores que se detallan en la tabla siguiente, reclasificando la capa de edafología (Tabla IV.58).

Tabla IV.58. Reclasificación de la capa de edafología para el cálculo del coeficiente de erodabilidad

CAERO	Unidades de suelo							
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck	Cl
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx	Gc
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	Hl	Jc	Lf

CAERO	Unidades de suelo							
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa	Qc
	Qf	Q1	Rc	Th	Tm	U	Zm	
1.0	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk	Gd
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Kl	Lc
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl	Rd
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg	Zo
2.0	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg	Gx
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg	Po
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We	Ws
	Wx	Xh	Xk	X1	Xy	Yh	Yk	Y1
	Yy	Yt	Zt					

CATEX

La capa se elabora a partir de la textura y fase de los suelos presentes según la Tabla IV.59.

Tabla IV.59. Reclasificación de la textura y fase para el cálculo de la capa CATEX

CATEX	Textura y Fase
0.2	1
0.3	2
0.1	3
0.5	Fase pedregosa o gravosa

CATOP

Esta capa se elabora en base a una reclasificación del mapa de pendientes según la Tabla IV.60.

Tabla IV.60. Valores de la capa de pendientes para el cálculo de la capa de calificación de la topografía (CATOP)

CATOP	Clase de pendiente	Rango (%)
0.35	A	0 - 8
3.50	B	8 - 30
11.00	C	Mayor del 30

CAUSO

Esta capa se elabora a partir del uso de suelo y vegetación. Elaboración de la capa de calificación por uso del suelo (CAUSO) a partir de la capa USV con los valores de la Tabla IV.61.

Tabla IV.61. Valores de la capa USV para el cálculo de la capa de calificación de uso del suelo

Uso de suelo y vegetación	CAUSO
Zona agrícola	0.80
Rocas, Terracería, Zona sin vegetación aparente	0.40
Matorral rosetófilo cracicaule,	0.15
Pastizal inducido, Derecho de vía (CFE), Vegetación secundaria	0.13
Selva baja caducifolia perturbada, Vegetación riparia perturbada, Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	0.12
Vegetación riparia, Bosque inducido de especies exóticas, Bosque de pino perturbado, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado, Selva baja caducifolia, Bosque de oyamel perturbado, Bosque de encino perturbado	0.11
Bosque de pino, Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado, Bosque de encino, Bosque templado con elementos mesófilos, Bosque mixto de pino-encino, Bosque mixto de oyamel-encino-pino, Bosque de oyamel,	0.10
Zona arqueológica, Carretera pavimentada, Infraestructura mixta, Invernaderos, Asentamientos humanos	0

El cálculo de la capa Eh da como resultado la erosión hídrica expresada en términos de toneladas por hectárea por año con el siguiente cálculo:

$$Eh = IALLU \times CAERO \times CATEX \times CATOP \times CAUSO$$

Tabla 62. Resultados del mapa de erosión hídrica

Categoría	Porcentaje (%)	Valor de la erosión laminar (ton/ha/año)
Ligera	28.8	Menor de 12
Moderada	45.4	De 12 a 50
Alta	22.4	De 51 a 200
Muy alta	3.4	Mayor a 200

Mapa de erosión eólica Ee

Para la evaluación de la erosión laminar eólica se elaboraron las siguientes capas:

1. SUECALC: capa suelos calcáreos,

2. CATEX (para suelos calcáreos): calificación de textura,
3. CATEX (para suelos no calcáreos): calificación de textura
4. CAUSO: Calificación por uso del suelo,

SUECALC

Elaboración de la capa suelos calcáreos (SUECALC) a partir de la capa de edafología. Los suelos calcáreos tienen valor 1(Tabla IV.63), los suelos no calcáreos valor 0.

Tabla IV.63. Suelos calcáreos

Suelos calcáreos						
Bk	Ck	E	Gc	Hc	Jc	Kk
Lk	Rc	Xk	Xy	Yk	Yy	

CATEX

Para el cálculo de la capa de calificación de textura y la fase tomando los valores de laTabla IV.64, si se trata de suelos no calcáreos (SUECALC = 0) o de la Tabla IV.64 para suelos calcáreos (SUECALC = 1).

Tabla IV.64. Valores de suelos no calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	Textura y fase de suelos no calcáreos
3.50	1
1.25	2
1.85	3
1.75	1 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.92	3 y fase gravosa o pedregosa

Tabla IV.65. Valores de suelos calcáreos para el cálculo de la capa de calificación de textura

CATEX	Textura y fase de suelos calcáreos
3.5	1
1.75	2
1.85	3
0.87	pedregosa o gravosa

CAUSO

Cálculo de la capa de calificación del uso del suelo a partir de la capa USV utilizando los valores de la 66:

Tabla IV.66. Valores USV para el cálculo de la capa de calificación de uso del suelo

Uso de suelo y vegetación	CAUSO
Zona agrícola	0.70
Rocas, Terracería, Zona sin vegetación aparente	0.50
Derecho de vía (CFE), Vegetación secundaria, Pastizal inducido,	0.30
Vegetación riparia perturbada	0.25
Selva baja caducifolia perturbada	0.24
Vegetación riparia	0.23
Selva baja caducifolia	0.22
Bosque inducido de especies exóticas, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Bosque de pino perturbado, Bosque de oyamel perturbado, Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado, Bosque de encino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado	0.21
Bosque de oyamel, Bosque de encino, Bosque templado con elementos mesófilos, Bosque mixto de pino-encino, Bosque mixto de oyamel-encino-pino, Bosque de pino,	0.20
Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	0.17
Matorral rosetófilo cracicaule	0.15
Zona arqueológica, Invernaderos, Infraestructura mixta, Carretera pavimentada, Asentamientos humanos	0

Para el cálculo de la capa erosión laminar eólica expresada en toneladas por hectárea por año (Ee) se aplica la siguiente fórmula:

$$Ee = IAVIE \times CATEX \times CAUSO$$

Tabla 67. Resultados del mapa de erosión eólica

Categoría	Porcentaje (%)	Valor de la erosión laminar (ton/ha/año)
Ligera	96.3	Menor de 12
Moderada	3.7	De 12 a 50

El cálculo de la erosión resulta de sumar la erosión hídrica y eólica: Et = Eh + Ee

Tabla IV.68. Pérdida anual promedio en el SAR por tipo de suelo debido a procesos erosivos

Clave	Superficie (Ha)	Ton/(ha*año)	Ton/año
Ao /2	41.55	119.3	4,956.2
Hh /2	397.02	19.5	7,738.8

Clave	Superficie (Ha)	Ton/(ha*año)	Ton/año
Hh I /2	509.73	35.8	18,238.4
Hh Vp /2	1,241.95	13.6	16,906.2
Hl Lc /2	695.2	35.7	24,800.3
I /2	682.13	176.0	120,036.6
I Hh /2	889.23	191.7	170,469.0
I Re Th /2	180.06	57.2	10,293.1
I Th /2	1,286.80	47.9	61,666.9
Lc Hl /2	45.24	23.6	1,068.4
Re I Hh /2	70.06	29.3	2,052.0
Th Hh /2	2,731.59	20.7	56,636.0
Th I /2	324.82	20.9	6,799.6
Th I Hh /2	783.98	17.4	13,634.4
Vp /3	73.4	20.2	1,481.9
Vp Hh /2	1,708.95	61.7	105,469.6
Vp Hh /3	120.65	20.5	2,477.0

El cálculo del índice de erosión laminar o de erosión por capas contempló dos etapas, la evaluación de la erosión laminar hídrica E_h y eólica E_e con las cuales se obtiene la erosión total. Posteriormente se reclasificaron los valores como se observa en la Tabla IV.69 para utilizar la variable erosión para el cálculo de la fragilidad ecológica.

Tabla 69. Reclasificación de la capa de erosión para el cálculo de la fragilidad ecológica

Ton/Ha/año	Valor
0-20	0
20-40	0.1
40-60	0.2
60-80	0.3
80-100	0.4
100-120	0.5
120-140	0.6
140-160	0.7
160-180	0.8
180-200	0.9
>200	1.0

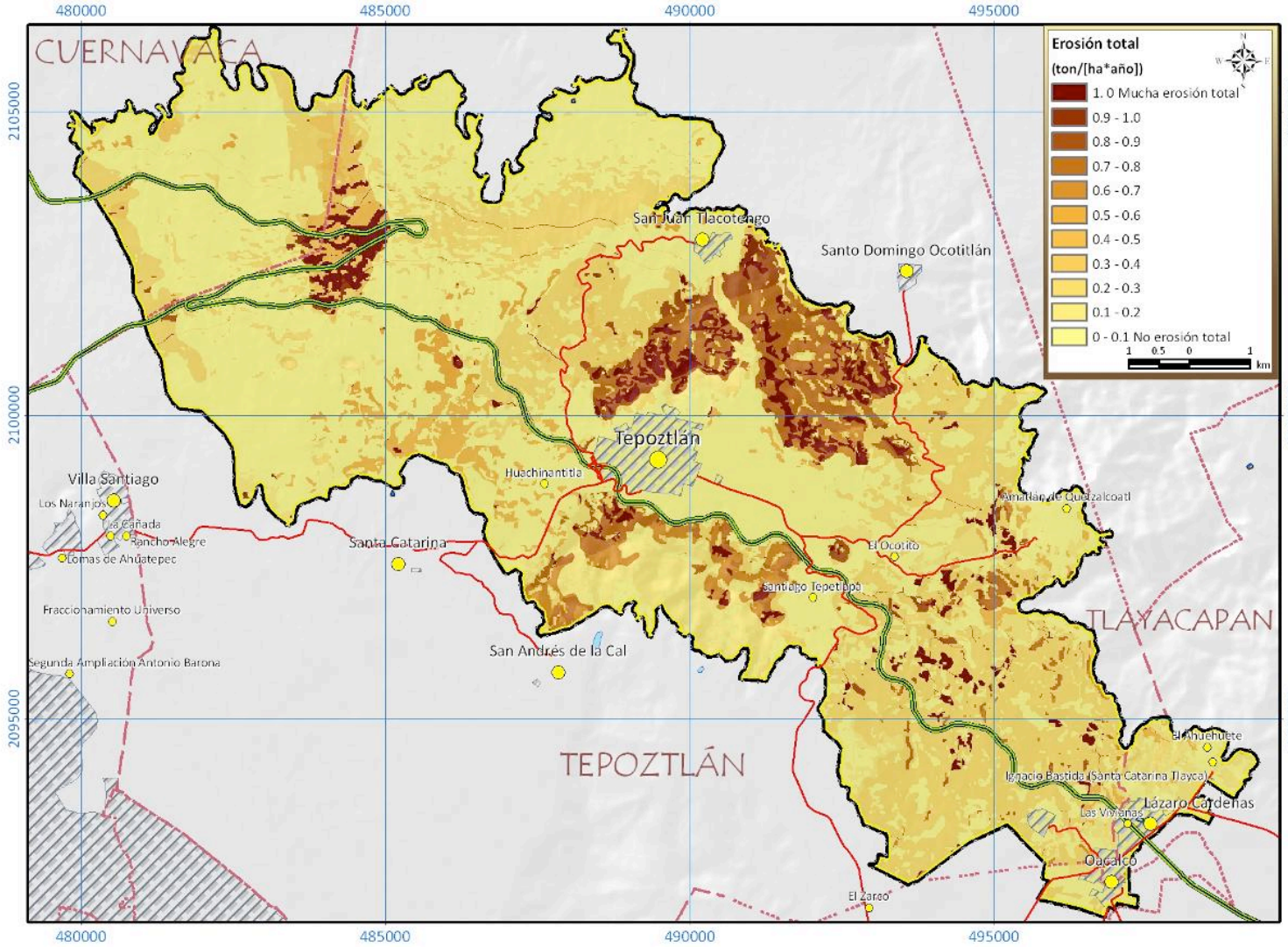


Figura IV.132. Erosión total del SAR escalada en valores entre 0 y 1 para fines de diagnóstico

Escurrimiento (balance hídrico)

El balance hídrico consiste en un análisis cuantitativo del ciclo hidrológico de una región, el cual considera las entradas al sistema (precipitación) y las salidas del sistema (evaporación, transpiración, infiltración y escurrimiento). De este modo, es posible estimar el excedente hídrico de un sitio, es decir la cantidad de agua que potencialmente puede escurrir (formando cauces perennes o intermitentes) y la que puede recargar un acuífero por infiltración.

Existen diversas metodologías para realizar el cálculo del balance hídrico, dividiéndose estas en dos grupos, dependientes de la mínima unidad de tiempo a analizar. Las metodologías consideran el ritmo de precipitación por día (pluviogramas) o el comportamiento anual de la precipitación. Dependiendo de la información disponible se utilizarán ciertas variables del medio físico al realizar el cálculo, entre ellas se incluyen la precipitación, uso de suelo y vegetación, unidades de suelo, litología, evaporación, transpiración, evapotranspiración, pendiente, caudales, volúmenes de extracción, etc.

El mapa de infiltración representa en sí uno de los componentes de la ecuación que modela el ciclo del agua, dejando aislado el término del volumen de agua infiltrada (Figura IV.133). Este balance se obtiene de forma simplificada realizando la suma aritmética de las contribuciones de agua filtrada de forma natural mediante la siguiente fórmula:

Recarga = *Precipitación - Evaporación -Transpiración - Escurrimiento superficial – Extracciones (Aprovechamientos) – Flujo lateral + Aportaciones subterráneas*

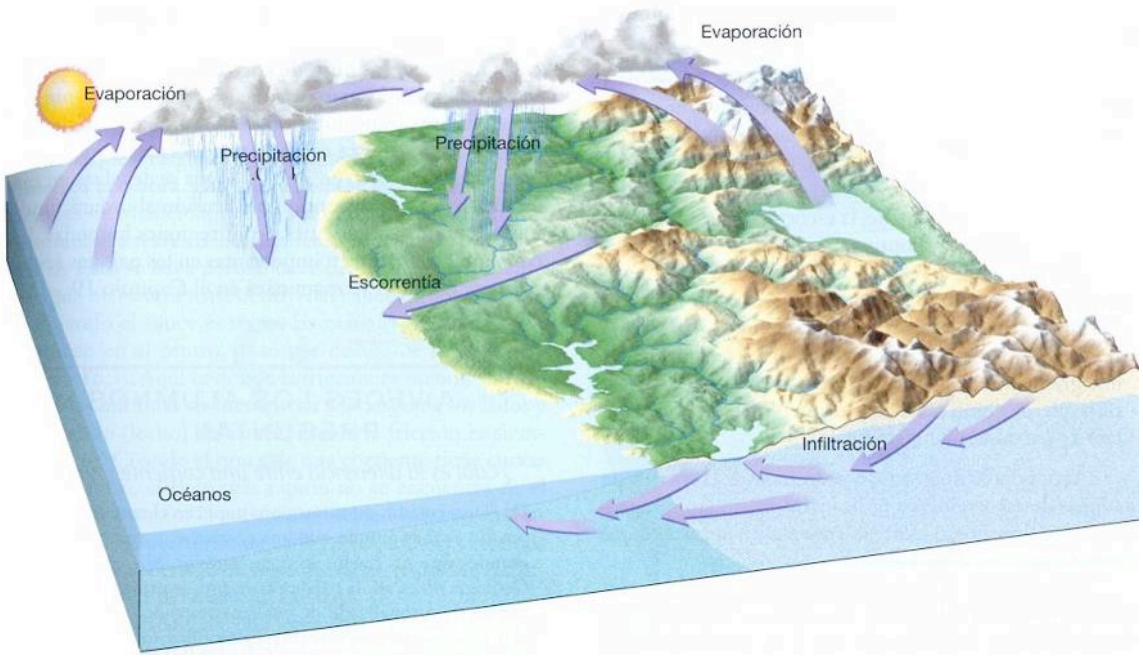


Figura IV.133. Ciclo hidrológico. Fuente: Tarbuck y Lutgens, Cuencas de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física.

Simplificando con evapotranspiración y omitiendo las salidas se tiene la siguiente expresión:

Infiltración = *Precipitación - Evaporación - Transpiración - Escurrimiento superficial*

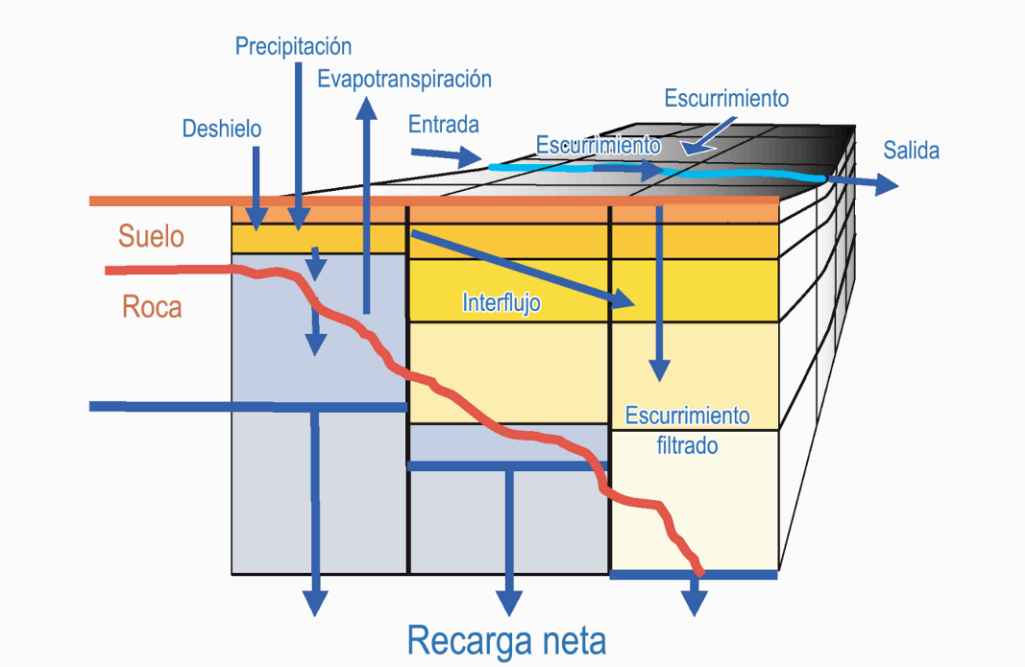


Figura IV.134. Diagrama conceptual del modelo de recarga. Fuente: Geology, Ground-Water Hydrology, Geochemistry, and Ground-Water Simulation of the Beaumont and Banning Storage Units, San Gorgonio Pass Area, Riverside County, California, USGS

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial se calcula a partir del llamado coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua de precipitación que escurre sobre la superficie hasta acumularse en los cuerpos de agua o seguir a través de corrientes superficiales.

$$\text{Escurrimiento} = C_e * \text{Precipitación}$$

$$C_e = V_e / V_p$$ [11]

C_e = coeficiente anual de escurrimiento

V_e = volumen de escurrimiento anual

V_p = volumen de precipitación = P * A

P = Precipitación

A = Área

Por lo tanto:

$$V_e = C_e * V_p = C_e * P * A$$

Para establecer el valor del coeficiente de escurrimiento se utilizan las siguientes ecuaciones:

[11] Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, Diario oficial de la Federación, 17 de Abril de 2002

$$C_e = K\,(P-250) / 2000, \text{ para } K <= 0.15$$

$$C_e = K\,(P-250) / 2000 + (K-0.15)/1.5, \text{ para } K > 0.15$$

Donde:

K = parámetro que depende del tipo y uso de suelo

Nota: C_e incluye el efecto de la evapotranspiración y las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm.

En la Tabla IV.70 se describen los tipos generales de suelos que se reclasifican con letras según su permeabilidad para posteriormente hacer lo mismo pero por tipo de uso de suelo y vegetación.

Tabla IV.70. Valores de k en función del tipo de suelo

Permeabilidad (k)	Descripción	Suelo
a	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos	Leptosol
b	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos	Acrisol órtico, Andosol húmico-Feozem háplico, Andosol húmico-Leptosol, Andosol húmico-Leptosol- Feozem háplico, Andosol mólico-Leptosol, Feozem háplico, Feozem háplico-Leptosol, Feozem háplico-Vertisol pélico, Feozem lúvico- Luvisol calcárico, Leptosol-Feozem háplico, Leptosol-regosol eútrico-Andosol húmico Leptosol-Andosol húmico, Regosol Eútrico-Leptosol-Feozem háplico
c	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas	Luvisol Crómico-Feozem lúvico, Vertisol Pélico, Vertisol Pélico-Feozem háplico

La Tabla IV. 71, muestra las agrupaciones de los usos de suelo y vegetación según lo indica la anteriormente citada NOM-011-CNA-2000 y sus diferentes permeabilidades según el suelo sobre el que estén asentados.

Tabla IV.71. Valores de k por tipo de suelo (permeabilidad) y de vegetación[12]

Uso de suelo y vegetación	Ka	Kb	Kc
Bosque mixto de pino-encino, Bosque de encino, Bosque mixto de oyamel-encino-pino, Bosque de oyamel, Bosque de pino, Bosque templado con elementos mesófilos	0.07	0.16	0.24
Bosque inducido de especies exóticas, Bosque de encino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado, Bosque de pino perturbado, Bosque de oyamel perturbado, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	0.12	0.22	0.26
Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	0.15	0.22	0.27
Vegetación riparia, Selva baja caducifolia	0.17	0.26	0.28
Matorral rosetófilo cracicaule, Vegetación riparia perturbada, Selva baja caducifolia perturbada, Vegetación secundaria, Derecho de vía (CFE)	0.22	0.28	0.30
Zona agrícola	0.24	0.27	0.30
Pastizal inducido	0.24	0.28	0.30
Terracería, Rocas, Zona sin vegetación aparente	0.26	0.28	0.30
Invernaderos, Infraestructura mixta, Zona arqueológica, Asentamientos humanos	0.26	0.29	0.32
Carretera pavimentada	0.27	0.30	0.33

Escurrimiento superficial ES

El mapa de escurrimiento superficial se obtuvo a partir de los atributos de precipitación cobertura vegetal y tipo de suelo, para evaluar la fragilidad de cada área de acuerdo a su escurrimiento, la capa de escurrimiento superficial se reclasifico de acuerdo a la Tabla IV.72.

[12] Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua, Diario oficial de la Federación, 17 de Abril de 2002

Tabla IV.72. Reclasificación de la capa de escurrimiento superficial para el cálculo de la fragilidad ecológica

Ton/ha/año	Valor
0-40	0
40-80	0.1
80-120	0.2
120-160	0.3
160-200	0.4
200-240	0.5
240-280	0.6
280-320	0.7
320-360	0.8
360-400	0.9
>400	1.0

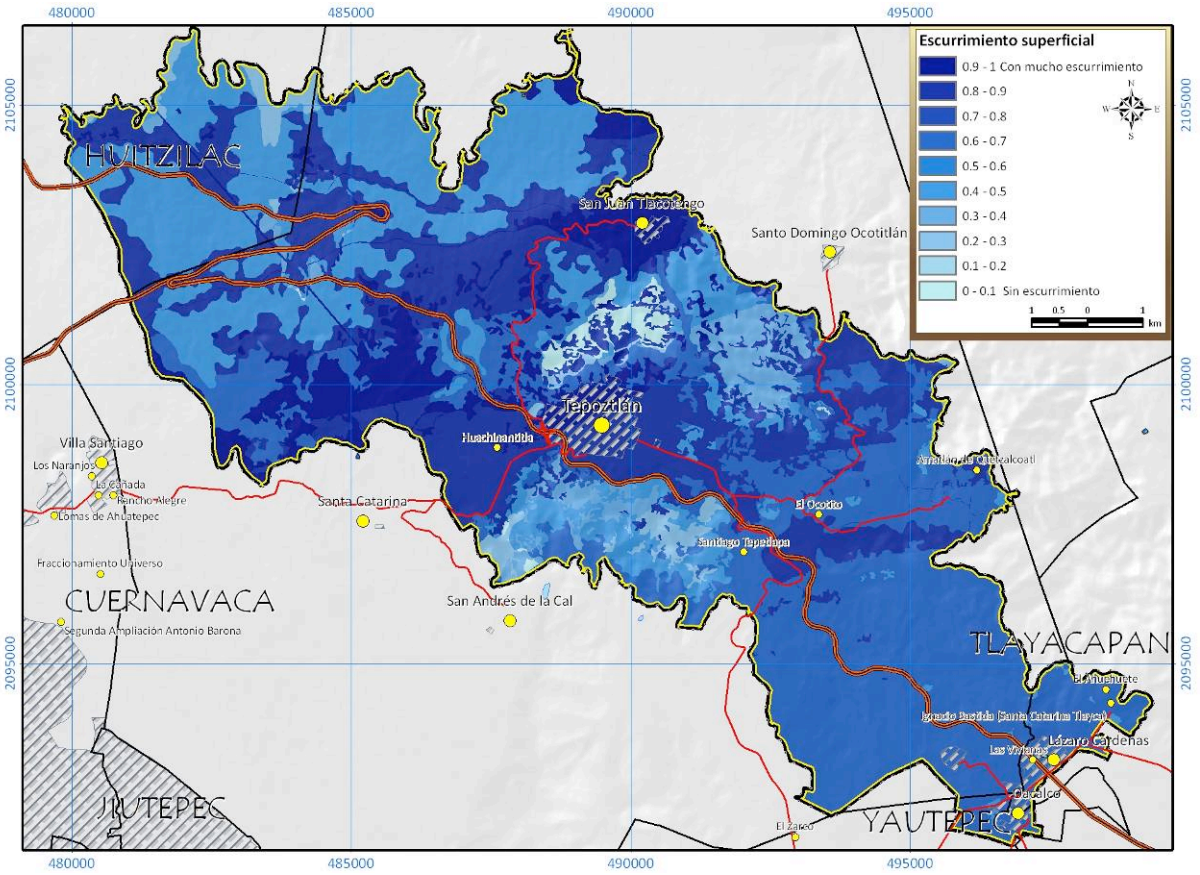


Figura IV.135. Escurrimiento superficial del SAR en escala de 0 al 1 para fines de diagnóstico

Vulnerabilidad del acuífero

Las fuentes de contaminación del acuífero provienen de fuentes tales como: desechos orgánicos de animales domésticos, ganadería, asentamientos humanos y agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas). Para evaluar calcular la vulnerabilidad del acuífero se realizó un proceso de evaluación multicriterio con las variables escaladas entre 0 y 10 a nivel cartográfico, utilizando 10 para los indicadores que dan al acuífero mayor protección ante un agente contaminante. La vulnerabilidad del acuífero es independiente al estado de contaminación del mismo, ya que se evaluó para una fuente teórica de contaminación ubicada en cualquier sitio dentro del SAR. Posteriormente se realizó una ponderación entre las mismas variables para decidir su peso relativo en la decisión, asignando valores de 1 y 3 entre cada una de ellas. La Tabla IV.73 se lee de la siguiente manera: los valores de comparación entre todas las variables se indica en las celdas de la columna correspondiente. Por ejemplo en la primera columna se compara permeabilidad del suelo contra infiltración del acuífero: permeabilidad del suelo tiene una ponderación de tres a uno comparado con infiltración. El coeficiente beta (β) es la suma de los valores de la línea y alfa (α) es el coeficiente normalizado que se utilizará como multiplicador de cada variable cartográfica.

Tabla IV.73. Ponderación de variables características de los acuíferos

Variable							β	α
Infiltración	1	1	1				3	0.125
Permeabilidad del suelo	3			1	1		5	0.208
Conductividad hídrica (k^{-1})		3		3		3	9	0.375
Superficie topográfica			3		3	1	7	0.291
Total							24	1

Infiltración: Las zonas con menor infiltración ofrecen mejores condiciones de protección de los acuíferos ya que tanto las condiciones físicas del suelo como la precipitación regional colaboran a que la lluvia no sea un elemento multiplicador y d transporte de los puntos de contaminación probables.

Permeabilidad del suelo: Para el caso de los tipos de suelo, se considera que los de menor permeabilidad ofrecen mayor protección al acuífero y viceversa.

Conductividad hídrica: Se consideró el valor de k como un parámetro de conductividad hídrica ya que es independiente del volumen de precipitación. Entre mayor sea k, mayor será el escurrimiento y a la vez la impermeabilidad del suelo.

Superficie topográfica: Entre mayor sea la pendiente topográfica del terreno, mayor será la velocidad de escurrimiento de cualquier agente externo al acuífero y por tanto menor la posibilidad de infiltración. En la Figura IV.135, se muestran los principales puntos de vulnerabilidad del acuífero, siendo los de muy alta vulnerabilidad: el norponiente del SAR,

sobre la Sierra Chichinautzin; el Poniente del SAR, desde el Km 0 hasta el Km 4 de la carretera La Pera-Cuautla y el centro del SAR en el C. Tepozteco.

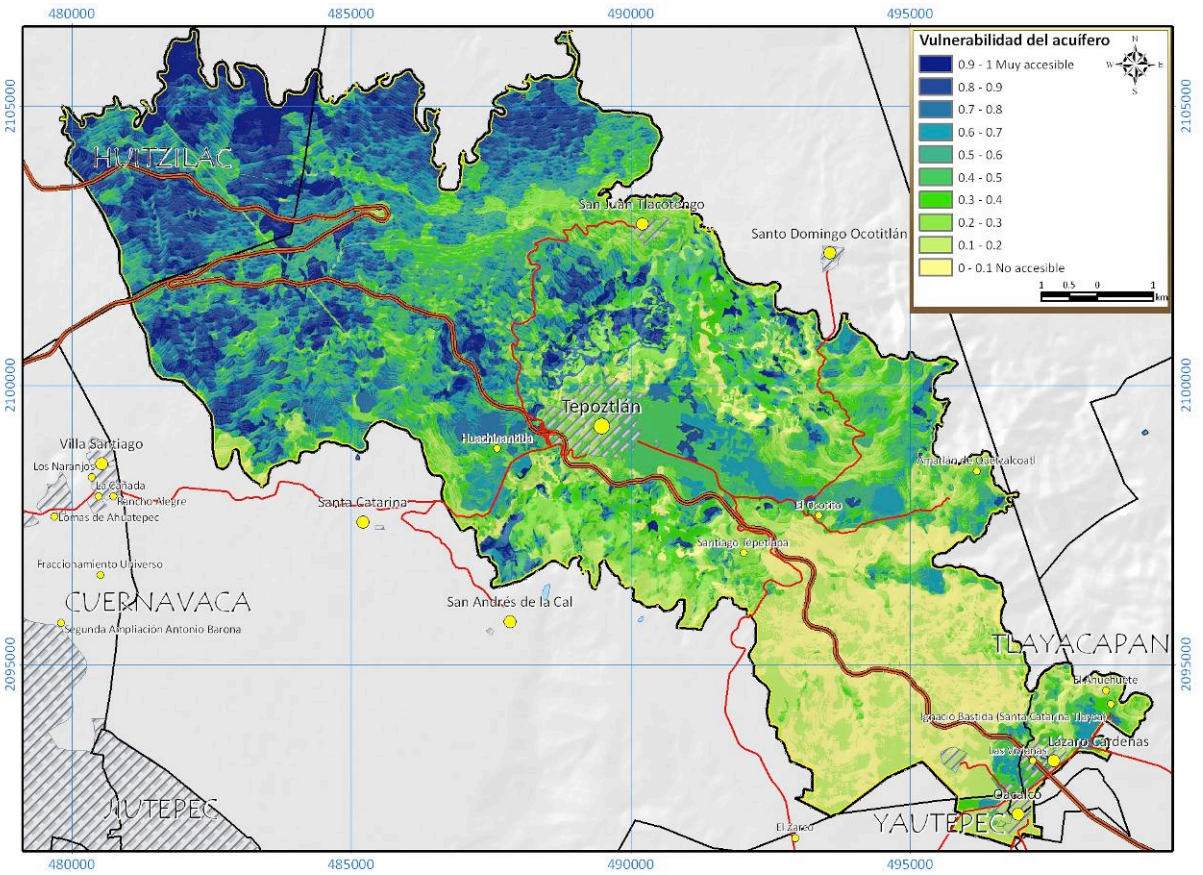


Figura IV.136. Vulnerabilidad del acuífero en el SAR ponderado entre 0 y 1 para fines de diagnóstico (el 1 es lo más vulnerable y el 0 en no vulnerable)

Accesibilidad

La accesibilidad muestra la facilidad de acceso a cierta región desde cualquier punto del SAR, tomando en cuenta el camino más corto y menos difícil (costdistance o costo de desplazamiento relativo regional), la dificultad o facilidad de desplazamiento local (uso de suelo y vegetación), altitud y pendiente. El resultado de aplicar el modelo observado en la ver Figura IV.134 es la “Inaccesibilidad” y aplicando el inverso se obtiene la accesibilidad. La pendiente se reclasifica para darle mayor valor a las pendientes altas y laderas, y uno menor a valles, mientras que la altitud se reclasifica asignándole valores de mayor accesibilidad a los cercanos al promedio del SAR (1,673 msnm), mientras que los más lejanos al promedio darán menor accesibilidad, es decir, se penaliza la acción de transportarse de una altitud mayor a una menor y viceversa.

Los factores que favorecen la mayor accesibilidad de un lugar son la cercanía con vialidades o caminos que conduzcan hacia un sitio. Estos lugares de origen y destino, son las localidades y los puntos de infraestructura, considerados como sitios de trabajo o visita (granjas avícolas, ranchos, viveros, gasolinerías, casetas de peaje, bodegas y escuelas).

Caminos como la terracería que ocupa la antigua vía del ferrocarril México-Cuernavaca, entre Coajumulco y San Juan Tlacotenco, y los caminos de acceso y salida sobre la carretera La Pera – Cuautla hacia distintas colonias incrementan la accesibilidad a su alrededor, tanto para el aprovechamiento de los bosques como la comunicación de los asentamientos humanos respectivamente.

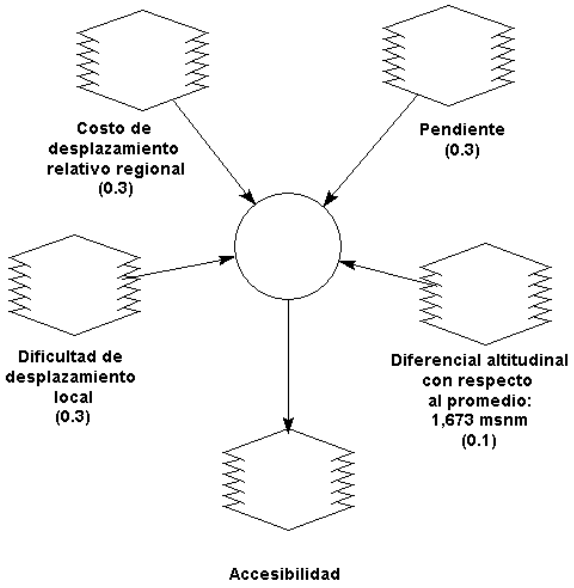


Figura IV.137. Modelo de construcción del mapa de accesibilidad

La herramienta que se utilizó para elaborar el cálculo del Costo de desplazamiento relativo regional fue la herramienta *Costdistance* de ARC/INFO, que requiere como insumos un mapa raster de facilidad de desplazamiento y otro de fuentes o puntos de partida para transitar, donde se utilizaron todos los asentamientos humanos y puntos de infraestructura localizados. La dificultad de desplazamiento local se obtuvo al reclasificar el mapa de uso de suelo y vegetación según la Tabla IV.74.

Tabla IV.74. Reclasificación de las clases de uso de suelo y vegetación para accesibilidad (dificultad de desplazamiento local)

Uso de suelo y vegetación	Costo de desplazamiento relativo
Bosque mixto de pino-encino, Bosque de encino, Bosque mixto de oyamel-encino-pino, Bosque de oyamel, Bosque de pino, Bosque templado con elementos mesófilos	10
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado, bosque de encino perturbado, Bosque mixto de oyamel-encino-pino perturbado, Bosque de pino perturbado, Bosque de oyamel perturbado, Bosque mixto de pino-encino perturbado	9

Uso de suelo y vegetación	Costo de desplazamiento relativo
Bosque inducido de especies exóticas, Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado, Vegetación riparia, Selva baja caducifolia	8
Matorral rosetófilo cracicaule, Selva baja caducifolia perturbada, Vegetación riparia perturbada	7
Derecho de vía (CFE), vegetación secundaria	6
Zona sin vegetación aparente, Rocas	5
Pastizal inducido	4
Zona agrícola	3
Zona arqueológica, Terracería	2
Infraestructura mixta, Invernaderos	1
Asentamientos humanos, Carretera pavimentada	0

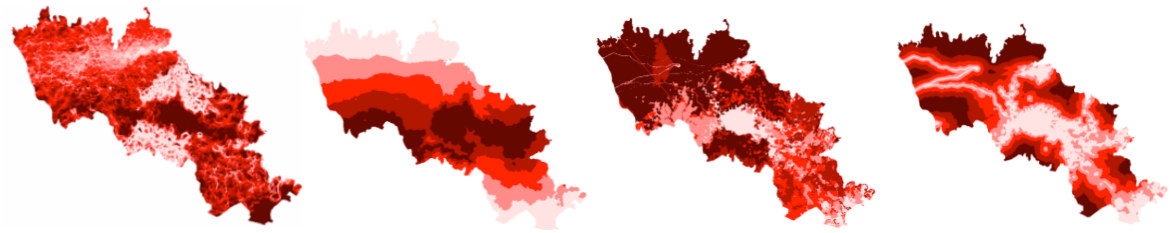


Figura IV.138. Componentes del mapa de calidad de accesibilidad: Pendiente, diferencial altitudinal, dificultad de desplazamiento relativo local y costo de desplazamiento relativo regional

La accesibilidad muestra la facilidad de acceso a cierta región desde las localidades ubicadas en el área de estudio, tomando en cuenta las pendientes derivadas del modelo numérico de terreno y el tipo de suelo transitado, aquellas áreas de mayor acceso comúnmente se encuentran con un mayor grado de perturbación o transformación debido principalmente a la influencia antropogénica. El mapa de accesibilidad se reclasifica con valores de 0 a 1 como se observa en la Tabla IV.75.

Tabla IV.75. Reclasificación de la capa de accesibilidad

Valor de accesibilidad	Valor
0	0
1	0.1
2	0.2
3	0.3

Valor de accesibilidad	Valor
4	0.4
5	0.5
6	0.6
7	0.7
8	0.8
9	0.9
10	1.0

El SAR tiene en promedio una accesibilidad “Moderada”, que se representa con franjas de terreno que se ubican alrededor de los caminos de terracería y carreteras pavimentadas, así como asentamientos humanos (25.1% del SAR). Las regiones donde se marca esta clase de accesibilidad están en el oriente del SAR, entre Santo Domingo y Amatlán de Quetzalcóatl, y entre Oacalco y Santiago Tepetlapa, ocupando la franja de ranchos, colonias y cultivos entre la carretera La Pera-Cuautla y la carretera federal Tepoztlán-Yautepec. Los sitios con la categoría de accesibilidad “Muy baja” ocupan el 15.5% del SAR y se encuentran en el Norte del SAR y norponiente de San Juan Tlacotenco (Sierra Chichinautzin), y en el centro del SAR, justo en las cimas de los cerros Tepozteco, Zematzin y Chalchiltepetl. Existen algunos senderos que permiten las caminatas sobre el C. Tepozteco, sin embargo sus paredes verticales y topografía no permiten el uso de estas vías sino para el uso turístico.

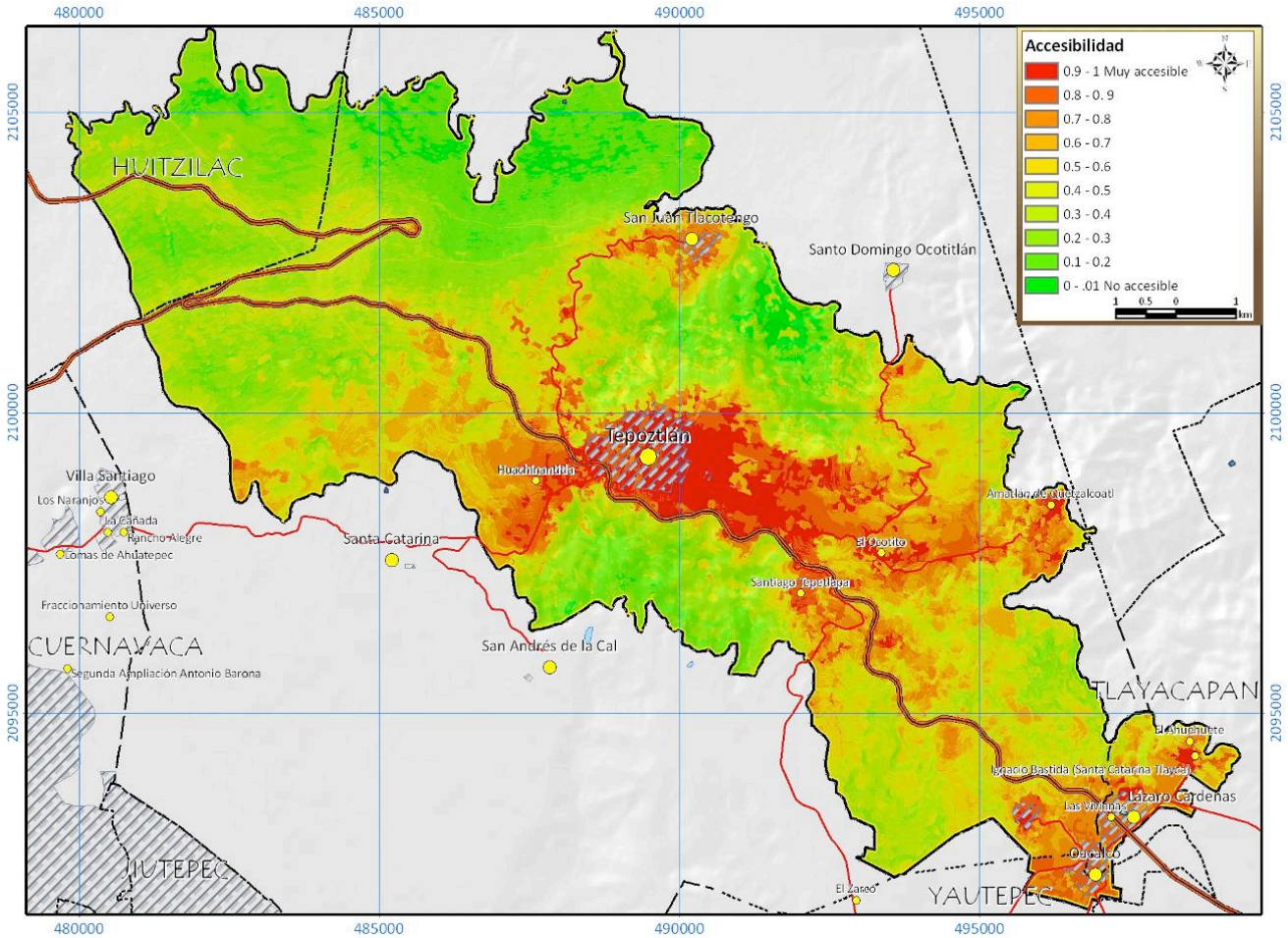


Figura IV.139. Mapa de accesibilidad ponderado del 0 al 1 para fines de diagnóstico

IV.3.2.1. Estado de conservación del SAR

Una vez obtenido los mapas de ecosistemas conservados E_C y accesibilidad A_C, se procede al cálculo del estado de conservación, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = 0.70\ E_f + 0.30\ A_C$$

C= Estado de Conservación

E_f = Ecosistemas frágiles

A_C = Accesibilidad

Como se observa en las Figura IV.139 y IV.140, las zonas en mejor estado de conservación al igual que las de mayor fragilidad se localizan al norte del SAR, aunque a diferencia de la fragilidad donde destaca el matorral rosetofilo, aquí destacan también otras áreas, principalmente de zonas de transición entre matorral y bosque templado, selva baja con bosque templado, y bosque de encino con bosque de pino.

Como se indicó, el estado de conservación se obtuvo con la sobreposición de las capas de ecosistemas frágiles y accesibilidad que se ponderáron según el peso de la capa, los valores de ecosistemas frágiles se multiplicaron por 0.7 (que corresponde al 70% del peso), mientras que la de accesibilidad se multiplicó por 0.3 (30% del peso). El valor del índice final de cada píxel que compone el mapa de estado de conservación es el resultado de la suma entre los ponderados de ecosistemas frágiles y de accesibilidad, el resultado se presenta en la Figura IV.140.

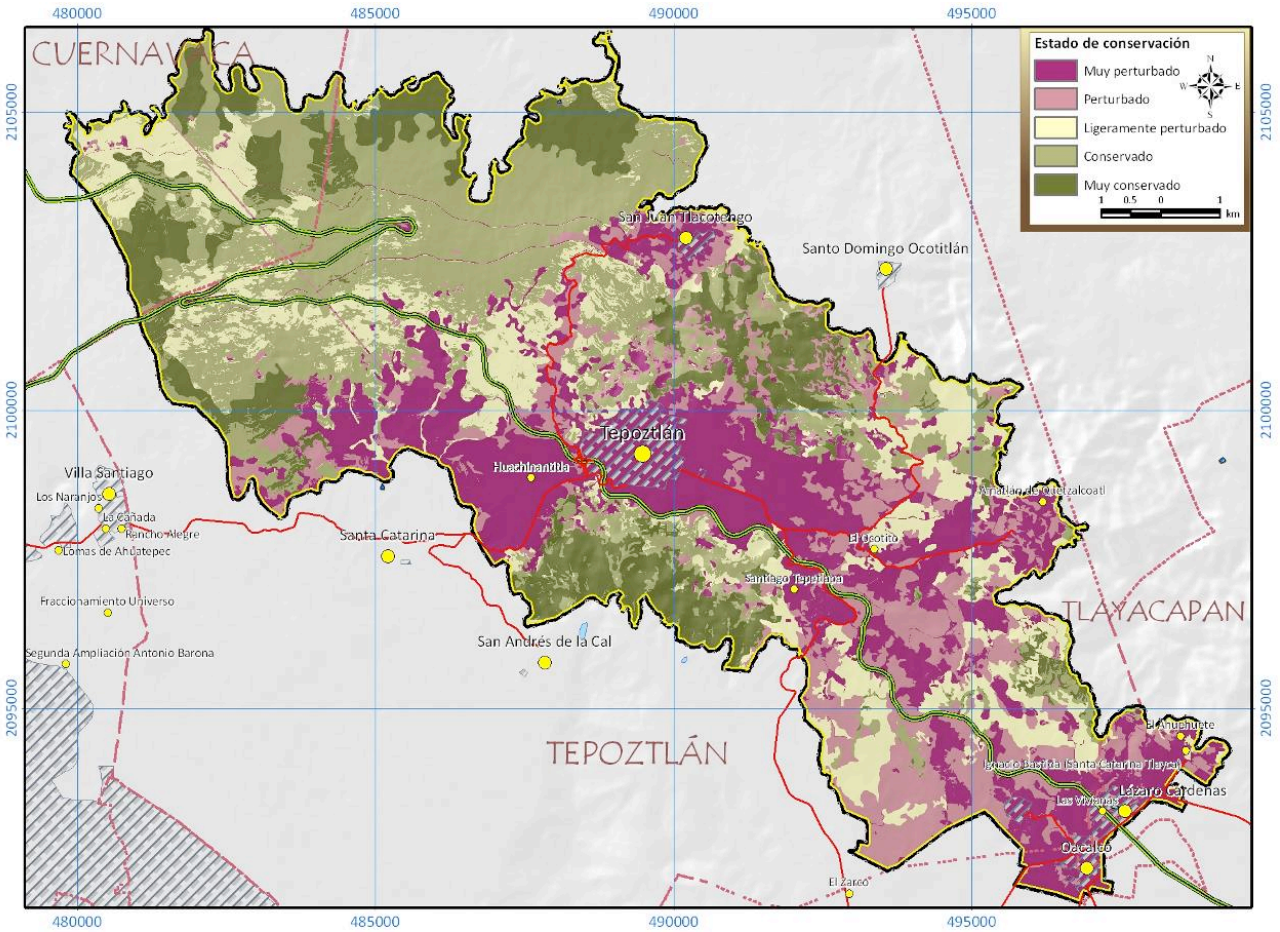


Figura IV.140. Estado de Conservación del SAR en 5 categorías

Para el estado del SAR se obtuvo que la mayor parte quedó en la categoría de conservado que se distribuye en el 41.84% del SAR, después con el 24.19% esta quedó la categoría de perturbado, el 15.26% quedó en la categoría de muy perturbado; el 14.40% como muy conservado; y la clase que menos está representado en el SAR es la categoría de ligeramente perturbado en un 4.31%.

IV.3.2.2. Fragilidad del SAR

Una vez obtenido los mapas de ecosistemas frágiles E_f , erosión total E_t, escurrimiento ES, y Vulnerabilidad del acuíferose Va; se procede al cálculo de la frágilidad, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F = 0.50\ F_V + 0.20\ E_T + 0.17\ V_A + 0.13\ E_S$$

F= Fragilidad

E_f = Ecosistemas frágiles

E_t = Erosión total

ES = Escurrimiento

V_a = Vulnerabilidad del acuífero

En el SAR, la categoría más frecuente fue el territorio considerado como resistente con el 36.80% del SAR, seguido por el territorio considerado ligeramente frágil con el 35.56%, seguido por las áreas frágiles que ocupa el 25.55% del SAR, mientras que los extremos presentaron menos de 2%, las áreas muy resistente ocupa el 1.18% y las muy frágiles son las más escasas (corresponden a las zonas de mayor pendiente con bosque templado con elementos mesófilos) el 0.90% (Figura IV.141).

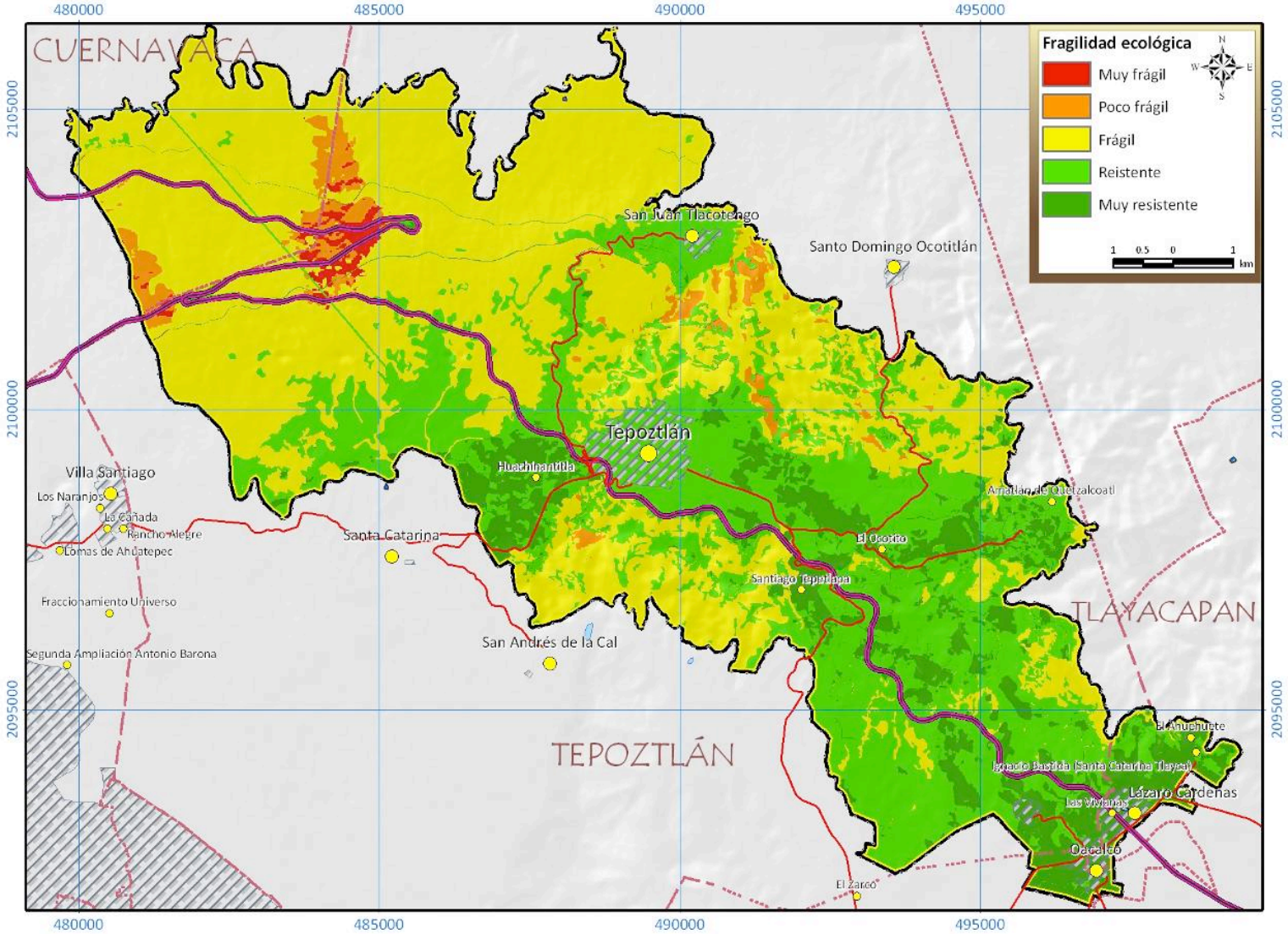


Figura IV.141. Fragilidad ecológica del SAR en 5 categorías

IV.3.2.3. Discusión de resultados del diagnóstico

Para el diagnóstico se sobrepusieron las capas de fragilidad y estado de conservación, con lo que se encontró que hay todo tipo de variaciones; a diferencia de otras áreas de la República; en el SAR se presenta todo tipo de combinaciones, se tienen por ejemplo áreas muy conservadas con resistencia media, como algunos de los bosques de encino; o zonas perturbadas y frágiles, por ejemplo los bosques templados perturbados en áreas de alta vulnerabilidad del acuífero. Es sin sentido discutir todas las combinaciones presentadas en el SAR, no obstante se mencionarán las que ocupan mayor área (Tabla IV.76)

Tabla IV.76. Diagnostico del SAR las combinaciones presentadas y su superficie de distribución

Diagnóstico	Superficie (Ha)	Porcentaje de distibución en el SAR
Muy frágil y Ligeramente perturbado	0.12 Ha	0.001%
Frágil y Perturbado	0.24 Ha	0.002%
Frágil y Ligeramente perturbado	12.91 Ha	0.110%
Muy frágil y Muy conservado	13.99 Ha	0.119%
Muy resistente y Perturbado	18.58 Ha	0.158%
Ligeramente frágil y Muy perturbado	55.57 Ha	0.473%
Muy frágil y Conservado	91.71 Ha	0.780%
Muy resistente y Muy perturbado	119.83 Ha	1.019%
Resistente y Ligeramente perturbado	180.62 Ha	1.536%
Ligeramente frágil y Perturbado	297.72 Ha	2.533%
Ligeramente frágil y Ligeramente perturbado	312.8 Ha	2.661%
Ligeramente frágil y Muy conservado	343.67 Ha	2.923%
Frágil y Muy conservado	1,334.61 Ha	11.353%
Resistente y Muy perturbado	1,618.35 Ha	13.767%
Frágil y Conservado	1,656.35 Ha	14.090%
Resistente y Perturbado	2,527.64 Ha	21.502%
Ligeramente frágil y Conservado	3,170.84 Ha	26.973%

La clase combinada más común fue ligeramente frágil y conservado; se refiere a zonas donde la vulnerabilidad del acuífero y erosión potencial no son muy grandes, no obstante si presentan una fragilidad media con valores entre 0.4 y 0.6; se trata de regiones forestales donde hay dominancia de especies primarias, pero llegan a tener hasta el 40% de secundarias, pérdidas en su altura y/o el DAP de los elementos arboreos; esta clasificación dominate es congruente a todo lo que se ha dicho del SAR. La segunda clasificación que sigue en distribución del ´SAR es resistente y perturbado con el 21.5% del áera del SAR, se trata sobre todo de la región aluvial, con campos agrícolas; donde se ha concentrado la zona urbana de Oacalco y actividades del sector primario de la región. Sigue en área de distribución el Frágil y conservado con el 14.1% del SAR; corresponde a los bosques templados sobre pendientes mayores al 8% y menores al 15%, con una permeabilidad

media, la conservación de estas zonas en los programas de gobierno debe ser prioritaria. En cuarto lugar con el 13.77% del SAR esta las áreas resistentes y muy perturbados, corresponden a las zonas urbanas y a la infraestructura varia que se distribuye en todo el SAR; finalmente el quinto lugar en extensión es la clase frágil y muy conservado con el 11.35% del SAR; en estas regiones se ubican el matorral rosetófilo y los bosques templados con mejor estado de conservación, que se concentran al norte del SAR y en algunas zonas del Cerro del Tepozteco y sierra asociada. El resto de las combinaciones fueron menores al 3% en la extensión del SAR, por lo que no son significativas en su diagnóstico (Figura IV.142).

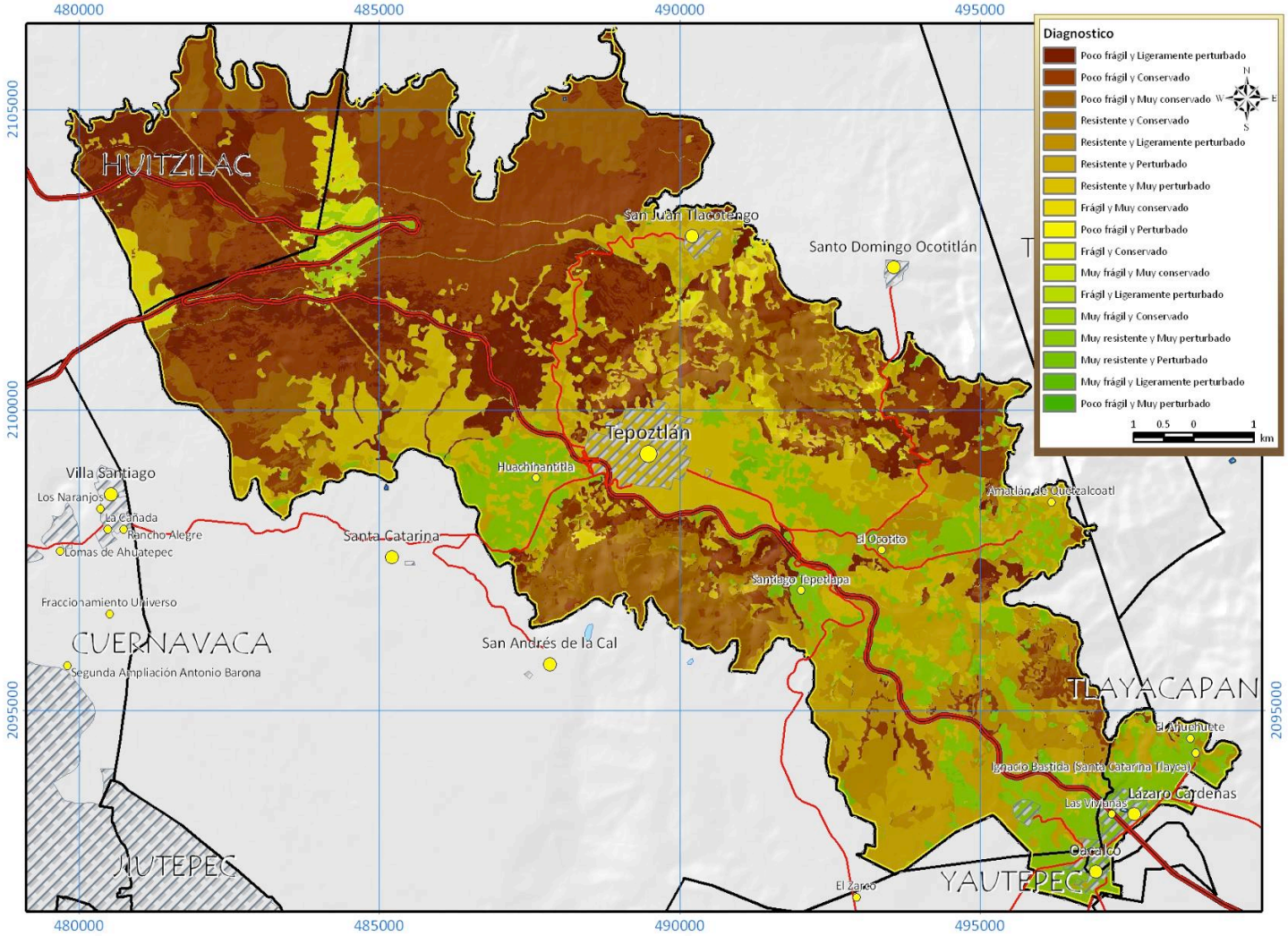


Figura IV.142. Diagnóstico del SAR en 17 categorías

En la MIA-R en otras regiones de la República se señalan políticas para las construcciones de carreteras dentro del SAR, durante su diseño y construcción de la obra para considerarse como criterios ambientales desde su trazado; en este caso no se realizará dicho analisis para cada una de las poligonales, porque la obra es una ampliación de un trazo existente cuyo derecho de vía fue totalmente antropizado en 1968 y lo que se tiene actualmente en dicha área es el resultado de las reforestaciones de esa época y la vegetación que ha logrado crecer a la sombra de la reforestación original; no hay condiciones ambientales originales. Como toda la modernización se llevará a acabo dentro del derecho de vía, no tiene caso poner políticas ambientales durante el trazado, porque el área de afectación esta antropizada, a diferencia de los terrenos vecinos; además de que el trazo no cruzará cada una de las 17 clases identificadas para el SAR. En el Capítulo V se identificarán los impactos ambientales que salen del derecho de vía y en el Capítulo VI las medidas de mitigación.

En la Tabla IV.51 se presenta las clases que son cruzadas por el trazo; así como poíticas que deberán observarse durante la preparación y construcción del cuerpo de circulación nuevo, políticas que se tomarán en cuenta para la elaboración de las MM qu ese presentan en el Capítulo VI.

Se encontró que la mayor parte del trazo 53.71% cruza por áreas consideradas perturbadas y resistentes, después el 25.50% por zonas muy perturbadas resistentes o muy resistentes; después el 11.49% del recorrido por áreas ligeramente frágiles; el 4.75% por áreas ligeramente frágiles y lperturbadas; y fianalmente el 1.49% por áreas frágiles. Es importante hacer notar que el trazo no cruza áreas muy frágiles ni muy conservadas y que casi el 80% de su recorrido es sobre áreas antropizadas y resistentes con poco valor para la conservación dodne se ha rebasado su resilencia y resistencia del ecosistema (Tabla IV.77).

Es importante recalcar que el derecho de vía está más perturbado que los ecosistemas fuera del derecho de vía, y mucho del diagnositco al hacerlo con la imagen de satelite y criterios globalizados sale dentro del DV como más conservado de lo que realmetne está, como se mencionón, no hay bosques puros de autóctonas, sino que todo el DV esta mezclado con exóticas, no tiene un sotobosque desarrollado y en grandes áreas son dominantes especies nocivas y exóticas sobre las autóctonas que comparten con los ejemplares que se desarrollan fuera del derecho de vía. Por lo que dentro del predio donde realmente se hará la modernización no hay áreas conservadas; las políticas señaladas en la Tabla IV.77, son más bien para proteger las areas aledañas al DV que realmente no se tocarán durante la preparación del sitio ni construcción.

Tabla IV.77. Sobreposición del trazo sobre el diagnóstico del SAR y políticas de manejo

Tramo	Diagnóstico y % del recorrido	Políticas de manejo
Km 0+800 al 1+250, 1+280 al 1+560, 1+580 al 1+750, 2+010 al 2+210, 8+970 al 9+570, 12+170 al 12+750, 18+210 al 18+250	Ligeramente frágil (11.49%) y ligeramente perturbado	Esto tramos en su conjunto miden 2.32 Km del recorrido del trazo, se refiere a áreas del derecho de vía que cruzan sobre la mezcla de especies exóticas con bosque templado al inicio del trazo, intercalado con acahuales en el derecho de vía. Se consideró ligeramente conservado porque junto al derecho de vía se tienen bosques templados sanos y conservados, pero dentro del DV está tan perturbado como los tramos vecinos. En el tramo intermedio se presenta vegetación exótica con buena cobertura en el derecho de vía y aledaño se tiene caserios y vegetación forestal. En el tramo final se presenta relicto de

Tramo	Diagnóstico y % del recorrido	Políticas de manejo
		matorral micrófilo con pastizal inducido a sus bordes, aunque en el derecho de vía entra muy poco matorral, este se extiende hacia fuera del derecho de vía en la geoforma de derrame de lava malpais. Estos tramos existe infiltración del acuífero a través de los fallamientos del basamento, no obstante la vulnerabilidad del acuífero es baja porque existe un flujo laminar activo que propicia el lavado de cualquier contaminante que llegará a llevar el agua. Hay escurrimientos a través de cuerpos de agua identificados, por lo que el riesgo de represamiento de flujo laminar debido al trazo es bajo. La mayor parte de la fauna tiene establecidas ya sus rutas por las obras de drenaje; no obstante se presenta atropellamiento de mamíferos pequeños y medianos, así como de reptiles en estos tramos, los primeros no cruzan las obras de drenaje más que de día por el riesgo de depredación, sin embargo las especies de talla mediana presentan hábitos crepusculares y al amanecer (zorrillo, mapache, tlacuache), por lo que prefieren utilizar sitios que presenten pocos obstáculos para atrevsar (en este caso la carpeta asfáltica), ya que pueden ser blanco de especies rapaces o mamíferos carnívoros de talla mas grande, en el caso de los reptiles, el atropello ocurre por el hecho de que estas especies requieren regular su temperatura, al ser la carpeta asfáltica de color negro tiene mayor facilidad de captar energía calorífica del sol, lo que atrae estas especies a los bordes de la misma y ser blancos fáciles de los automotores que circulan en los bordes de la carretera). No colocar en esta zona ninguna obra anexa; el resto de la construcción se llevará a cabo como lo planeado. Construir pasos para fauna y cercado de la vía de acuerdo a las necesidades identificadas durante la caracterización de la fauna y sus rutas.
Km 1+250 al 1+280, 1+750 al 1+870, 1+930 al 2+010, 12+750 al 12+940, 15+420 al 15+850, 16+080 al 16+160, 16+200 al 16+230	Perturbado y ligeramente frágil (4.75%)	Esta clase es cruzada por el trazo en 0.94 Km de su recorrido. Estos tramos se parecen mucho a los anteriores, el derecho de vía hay básicamente exóticas algunas veces intercaladas con nativas, sobre todo en los dos tramos del inicio; la diferencia con las anteriores es que fuera del derecho de vía se tiene bosques perturbados o acahuales, lo que le da la categoría de ligeramente perturbado. Lo ligermente frágil es el mismo caso que el anterior. Igual que en el caso anterior se observaron mamíferos y reptiles atropellados. No colocar en esta zona ninguna obra anexa; el resto de la construcción se llevará a cabo como lo planeado. Construir pasos para fauna y cercado de la vía de acuerdo a las necesidades identificadas durante la caracterización de la fauna y sus rutas.

Tramo	Diagnóstico y % del recorrido	Políticas de manejo
Km 1+560 al 1+580, 1+870 al 1+930, 5+550 al 5+590, 5+630 al 5+690, 5+790 al 5+840, 5+950 al 6+080, 6+470 al 6+740, 7+750 al 8+130, 8+200 al 8+970, 10+590 al 10+650, 11+160 al 11+310, 11+450 al 11+480, 11+640 al 11+850, 13+270 al 13+850, 14+610 al 15+420, 15+850 al 15+940, 16+160 al 16+200, 16+230 al 16+610, 17+330 al 17+510, 18+500 al 18+760, 18+930 al 19+010, 20+090 al 20+120, 20+310 al 20+420, 20+580 al 20+940, 21+060 al 21+150	Muy perturbado, resistente o muy resistente (25.50%)	El trazo cruza esta clase en 5.15 Km de su recorrido. Estas áreas son las más perturbadas del SAR y más resistentes. Se observan los pastizales inducidos, exóticas y/o suelo desnudo dentro del derecho de vía; por fuera del derecho de vía, también esta totalmente antropizado; se cruza asimismo por zonas urbanas, caserios, áreas agrícolas y/o pastizales. Corresponden áreas de poca vulnerabilidad al acuífero, la infiltración es nula o baja. El suelo es de textura fina por lo que si hay infiltración es muy lenta y el agua es totalmente filtrada de sus posibles contaminantes. El escurrimiento si lo hay es a través de los cauces que se han moldeado en el paisaje. Es hábitat de fauna generalista y/o nociva. En estas áreas deberán orientarse los impactos mayores de la construcción de la carretera, debido a su resistencia. En esta zona deberá pernoctar la maquinaria, si se requieren obras anexas se deberán colocar en estos sitios. Se cercará el derecho de vía con malla triple nudo, exclusivamente para seguridad del usuario, ya que la fauna nociva y generalista también suele cruzar el trazo en estos puntos. No obstante no se construirán pasos para fauna, para ellos.
Km 2+210 al 2+460, 2+460 al 2+620	Frágil y perturbado (2.38%)	Por esta clase cruza solo 300 m del trazo. Estos tramos corresponden a los pocos donde hay una dominancia en derecho de vía de especies primarias sobre exóticas y/o secundarias, y existe un continuo boscoso con un estado de conservación ligeramente mejor que el resto del derecho de vía, en este tramo se incluye buena parte del matorral rosétofilo con mayor concentración de especies, sobre el derrame de lava y suelo de tipo litosol. Se consideró frágil porque en algunas áreas existe una infiltración activa; que en la mayor parte del recorrido se trata de roca volcánica extrusiva con suelos con poca capacidad filtrante, por lo que la vulnerabilidad del acuífero es alta. Entonces hay escurrimiento laminar a través del perfil edáfico y escurrimeintos superficiales, pero en el fallamiento del basamento el agua se infiltra, en algunos tramos, el agua no alcanza a recorrer suficiente distancia como para terminar de limpiarse antes de su infiltración, en esos casos es que se dice que existe una

Tramo	Diagnóstico y % del recorrido	Políticas de manejo
		vulnerabilidad alta del acuífero. Habitat de fauna especialista fuera del derecho de vía, pero en los ecosistemas vecinos y se ubican parte de las principales rutas de la fauna; es un importante sitio de cruce por la presencia de grandes macizos forestales en los sitios adyacentes al derecho de vía. No se permite que pernocte la maquinaria en estos tramos. El personal no puede comer ni permanecer en estos tramos. No se permite ninguna obra accesoria. Se deberá colocar una zanja al final del desague de lavaderos o cunetas con un polimero que absorba a hidrocarburos y aceites, esto es que sea hidrofóbico e lipofílico y que deje inertes a dichos contaminantes (existe uno en el mercado llamado AB absorb total). No se permite lavado, ni ningun tipo de reparación por pequeñá que sea a maquinaria, equipo ni vehículos en estos tramos.
Km 2+620 al 2+660, 2+2760 al 5+550, 5+590 al 5+630, 5+690 al 5+790, 5+840 al 5+950, 6+080 al 6+470, 6+740 al 7+750, 8+130 al 8+200, 9+570 al 9+800, 9+870 al 9+960, 10+000 al 10+140, 10+160 al 10+590, 10+650 al 11+160, 11+310 al 11+450, 11+480 al 11+640, 11+850 al 12+170, 12+940 al 13+270, 13+850 al 14+610, 15+940 al 16+080, 16+610 al 17+050, 17+510 al 18+210, 18+250 al 18+500, 18+760 al 18+930, 19+010 al 20+090, 20+120 al 20+310, 20+420	Perturbado y resistente (53.71%)	En esta clase cruza 10.85 Km del trazo. Corresponde a áreas donde en el derecho de vía se distribuye pastizales inducidos, suelo desnudo, acahuales y bosques exoticos de eucalipto, jacarandas, en algunos casos mezcladas con especies sembradas pero de las especies nativas. El derecho de vía en algunos casos funciona como corredor biológico de especies generalistas y/o nativas que se mueven entre campos agrícolas o áreas con dotación de agua. En estos sitios no hay o es muy baja la infiltración; sus suelos tienen buena capacidad de absorción de contaminantes por lo que el riesgo de contaminación al acuífero es muy bajo. La erosión potencial es baja debido por un lado a que la mayor parte de su superficie tiene cubierta vegetal de herbáceas y en algunos casos tambien arbóreas y por otro lado, las pendientes son menores al 15% y en el mayor de los casos menores también al 8%. En estas áreas deberán orientarse también las obras más impactantes de la construcción del trazo. Se permite colocación de infraestructura de apoyo (en caso de requerirse) solo sobre pastizal inducido o suelo desnudo. Se permite que pernocte la maquinaria en estos tramos. Se permite hacer reparaciones muy pequeñas sin desperdicio de hidrocarburos ni aceites en caso de alguna contingencia con la maquinaria o equipo.

Tramo	Diagnóstico y % del recorrido	Políticas de manejo
al 20+580, 20+940 al 21+060		
Km 2+730 al 2+760, 9+800 al 9+870, 9+960 al 10+000, 10+140 al 10+160, 17+050 al 17+330	Ligeramente frágil y perturbado (2.18%)	La carretera entra dentro de esta clase 440 m de su recorrido.Comparte la perturbación con la clase anterior. La diferencia radica en la fragilidad, porque estos tramos si pasan por áreas donde hay una infiltración media; y/o donde la erosión potencial es mayor, debido a que llega a presentar pendientes ligeramente mayores al 15%. Es habitat de fauna generalista y/o nativa, que llega a cruzar sobre la carpeta asfáltica, incluidos animales domesticos como perros y gatos. En estos tramos se permite que pernocte la maquinaria. No se permite ningun tipo de reparaciones ni lavado de maquinaria, equipo o vehiculos No se permite colocación de obras de apoyo.

V.4. Tendencias de desarrollo y deterioro del Sistema Ambiental Regional

Los estudios sobre el cambio del uso del suelo y cobertura vegetal proporcionan una herramienta importante que puede ser utilizada para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001).

Asimismo, estos estudios nos permiten entender y analizar la relación que existe entre los procesos socioeconómicos con el desarrollo de diversas actividades que implican el uso de los recursos naturales y la manera en la que los cambios sobre estos, afectan la estructura y función de los ecosistemas (Turner y Meyer, 1991).

Los modelos de cambio de uso de suelo y vegetación han sido desarrollados para determinar dónde, cómo y por qué ocurren estos cambios (Brown, *et al*, 2000). Dichos modelos toman en cuenta patrones de cambio históricos, comparándolos con los esquemas de cambio actual y extrapolando estos para predecir los cambios futuros (Lambin, 1997).

Este análisis de cambio de uso de suelo conforma una parte importante del estudio del Ordenamiento Ecológico Territorial, ya que permite visualizar los impactos pasados y presentes de los distintas actividades humanas en los usos del suelo y realizar una prospección tendencial que orienta en la búsqueda de estrategias para regular dichos impactos y tener un manejo más adecuado del territorio y de sus recursos naturales.

Se define al uso del suelo, a aquel uso del territorio que es designado por las actividades humanas e influenciado por factores económicos, culturales, políticos, históricos, ambientales, entre otros (Brown *et al.,* 2000). Sin embargo, el crecimiento de la población humana ha traído como consecuencia impactos diversos sobre el territorio, lo que se manifiesta en el uso del mismo y por ende, la pérdida de cobertura vegetal y otros recursos naturales, así como la generación de distintos conflictos entre sectores económicos.

El objetivo de este estudio es realizar un análisis del cambio de uso del suelo y vegetación en un escenario tendencial al 2025 del SAR y determinar la tasa de cambio de algunos usos

de suelo, así como los impactos que dichos cambios tendrán sobre la situación ambiental de la zona.

Para la creación del escenario tendencial se utilizo la dinámica de cambio lineal entre dos coberturas de uso de suelo y vegetación, en este caso se utilizó la cobertura actual presentada en el Capítulo IV de esta MIA-R y una cobertura del año de 1993 creada a partir de ortofotos digitales de INEGI, escala 1:20,000.

IV.4.1. Metodología

Para proyectar los cambios de uso de suelo y vegetación a futuro es necesario crear dos coberturas de uso de suelo y vegetación de fechas distintas, a la misma escala y con los mismos criterios de interpretación del uso de suelo y los tipos de vegetación presentes en el área. Para ello se utilizaron la cobertura de uso de suelo y vegetación actual presentada en la caracterización y una cobertura de uso de suelo y vegetación del 2005 a partir de imágenes Quickbird y de satélite de dicho año.

Cartografía del uso de suelo y vegetación (1993).

Para poder crear un escenario tendencial al 2025 fue necesario la elaboración de una cobertura de uso de suelo y vegetación de un periodo pasado al actual, para poder crear una cobertura que pudiera compararse con la actual, elaborada en el Capítulo IV, era necesario utilizar imágenes con una resolución similar a las utilizadas en dicha cobertura, por lo que se decidió utilizar ortofotos digitales escala 1:20,000 de INEGI del año de 1993, con las cuales mediante su interpretación visual a escala 1:10,000 se creó la cobertura de uso de suelo y vegetación de dicho año. (Figura IV.143)

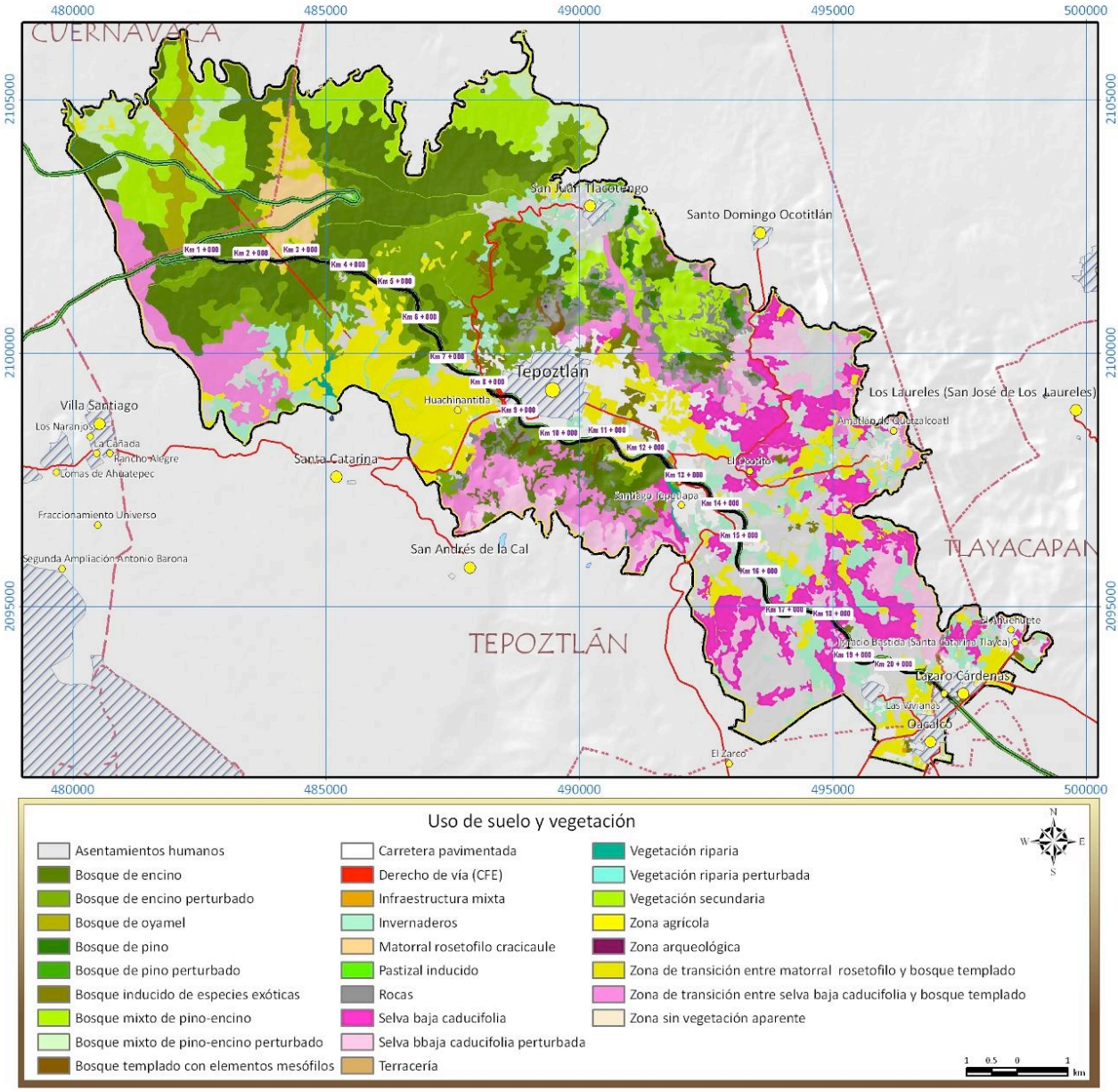


Figura IV.143. Cartografía de uso de suelo y vegetación de 1993

Cartografía del uso de suelo y vegetación actual (2009).

Una vez obtenida la cobertura de uso de suelo y vegetación del año de 1993, se compara con la cobertura de uso de suelo y vegetación actual (Figura IV.144) esta se corrige mediante la herramienta “combine” del módulo “grid” del software “Arc info”, con la cual se combinan ambas coberturas y se obtiene una tabla de todos los cambios presentes entre ambas coberturas eliminando aquellos ilógicos o imposibles, posteriormente mediante el modulo change time series-markov del software idrisi andes, se genera una matriz de probabilidad de cambio entre las diferentes categorías de uso de suelo o tipos de vegetación

presentes en el área de estudio, la cual permite identificar aquellos cambios que tienen una mayor probabilidad de ocurrir, basándose en la dinámica de cambio que ha existido entre las coberturas de 1993 y 2009.

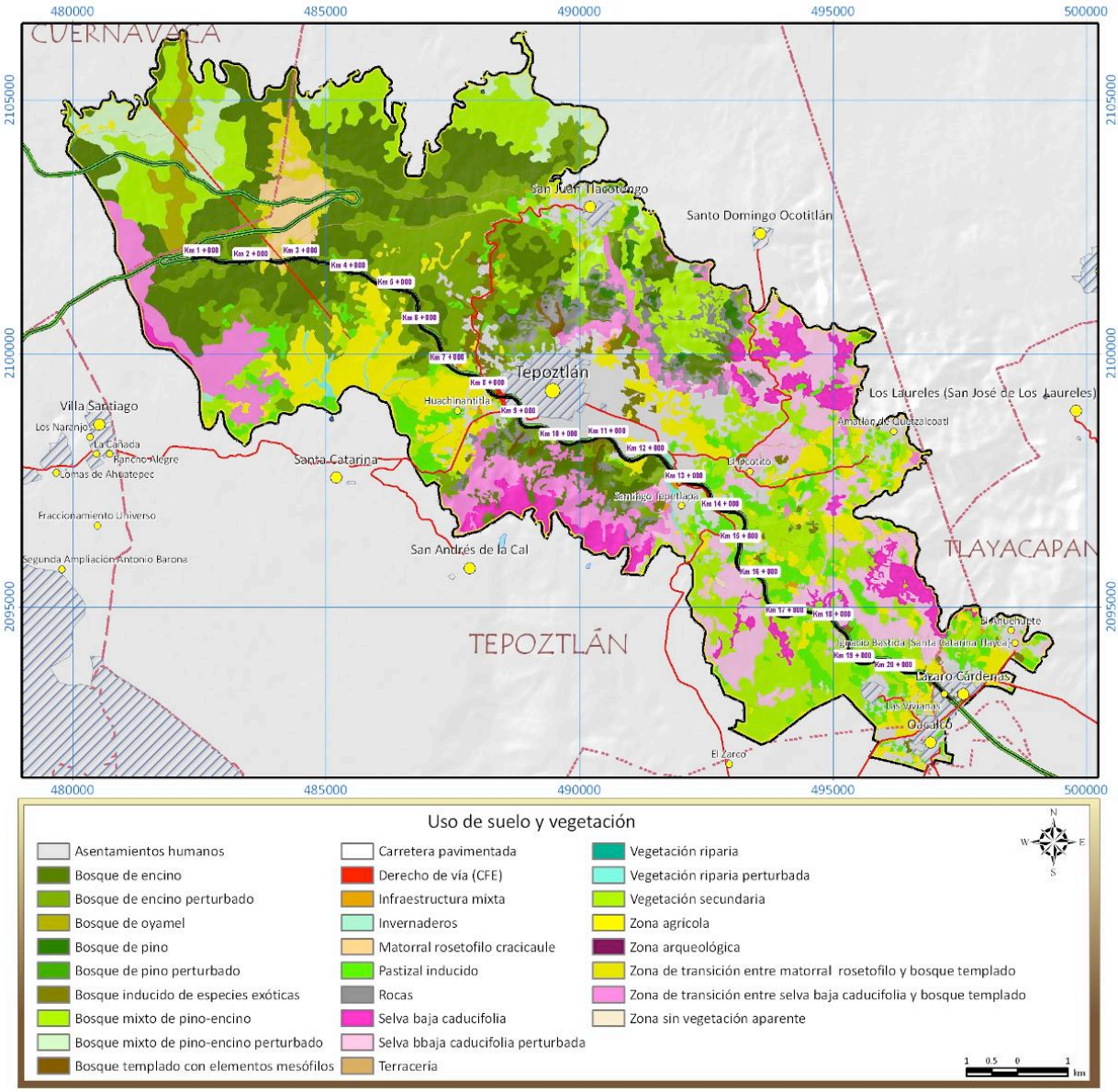


Figura IV.144. Cartografía de uso de suelo y vegetación de 2009

Creación del escenario tendencial futuro (2025)

Para generar el escenario tendencial a partir de la dinámica de cambio del uso del suelo entre las coberturas de 1993 y el 2009 se utilizó el algoritmo “CA_Markov”, incluido en el modulo “Change time series” del software “IDRISI-ANDES”.

El algoritmo utiliza cadenas Markovianas que permiten calcular la probabilidad de cambio de una clase a otra con base en la matriz de cambios de un cierto lapso. La idea subyacente es que los cambios observados en un periodo de tiempo tienen tendencia a repetirse en un periodo posterior (Paegelow et al, 2003). Se utiliza la matriz de probabilidad de transición entre las categorías de uso de suelo y vegetación de un momento inicial (el uso del suelo y vegetación 2003) y la de uno siguiente (el uso del suelo y vegetación del 2009).

A partir de la matriz de probabilidad de transición se realiza el cálculo de cuáles serán las superficies de cada clase de usos del suelo en el año 2025 si las tendencias lineales del periodo 1993-2009 prosiguieran.

El programa utiliza también un subprograma de decisiones multicriterio y multiobjetivos. Con técnicas multicriterios se definen las áreas más aptas para cada clase de uso del suelo.

Es la técnica que se empleó para la elaboración de los mapas sectoriales de aptitud del suelo en la fase de diagnóstico, pero ahora enfocada a las clases de uso del suelo. Con la técnica multiobjetivo se asignan las mejores áreas para ubicar o para eliminar superficie de las clases que se calcularon con las cadenas Markovianas.

Finalmente el programa utiliza un modelo de autómata celulares que a partir de una celda evalúa su entorno inmediato e incrementa los valores de aptitud de una clase si alrededor existen otras cedas con el mismo tipo de uso del suelo.

Resumiendo el programa con base en el pasado prevé las cantidades de superficies que cambiarán y con base en la vocación del suelo y el entorno inmediato de cada celda las ubica, creando un mapa a futuro. El sistema efectúa cálculos muy pesados y por lo tanto el número de clases utilizadas y el nivel de resolución del análisis (tamaño de cada celdas) tiene que ser calculado para no saturar el procesador.

En la Figura IV.143 se puede observar el escenario tendencial creado a partir de la dinámica y probabilidad de cambio entre las coberturas de uso de suelo y vegetación de los años 1993 y 2009, se puede observar un crecimiento moderado de los asentamientos humanos de manera gradual en todas las localidades, sin embargo ya en la actualidad existe una conurbación importante entre Tepoztlán y pueblos vecinos que podría incrementarse al 2025, el ecosistema que ha sido más impactado en la zona es la selva baja caducifolia, los fragmentos en buen estado de conservación de la misma estarán restringidos a zonas de menor acceso y topografía mas accidentada, de igual manera las zonas de mayor acceso de bosques templados de encino y mixto de pino-encino podrían perturbarse a futuro.

Cambio de uso de suelo y vegetación (2009-2025)

Los cambios más notables de la cobertura de uso de suelo y los ecosistemas son el aumento de la superficie de los asentamientos humanos, el aumento de las zonas de vegetación secundaria que se da en dos sentidos por la pérdida de zonas de selva baja caducifolia y por el abandono de zonas agrícolas, la superficie de bosques templados en buen estado de conservación disminuye, mientras que las zonas perturbadas aumentan, principalmente en las zonas de mas fácil acceso cercanas a las localidades del área.

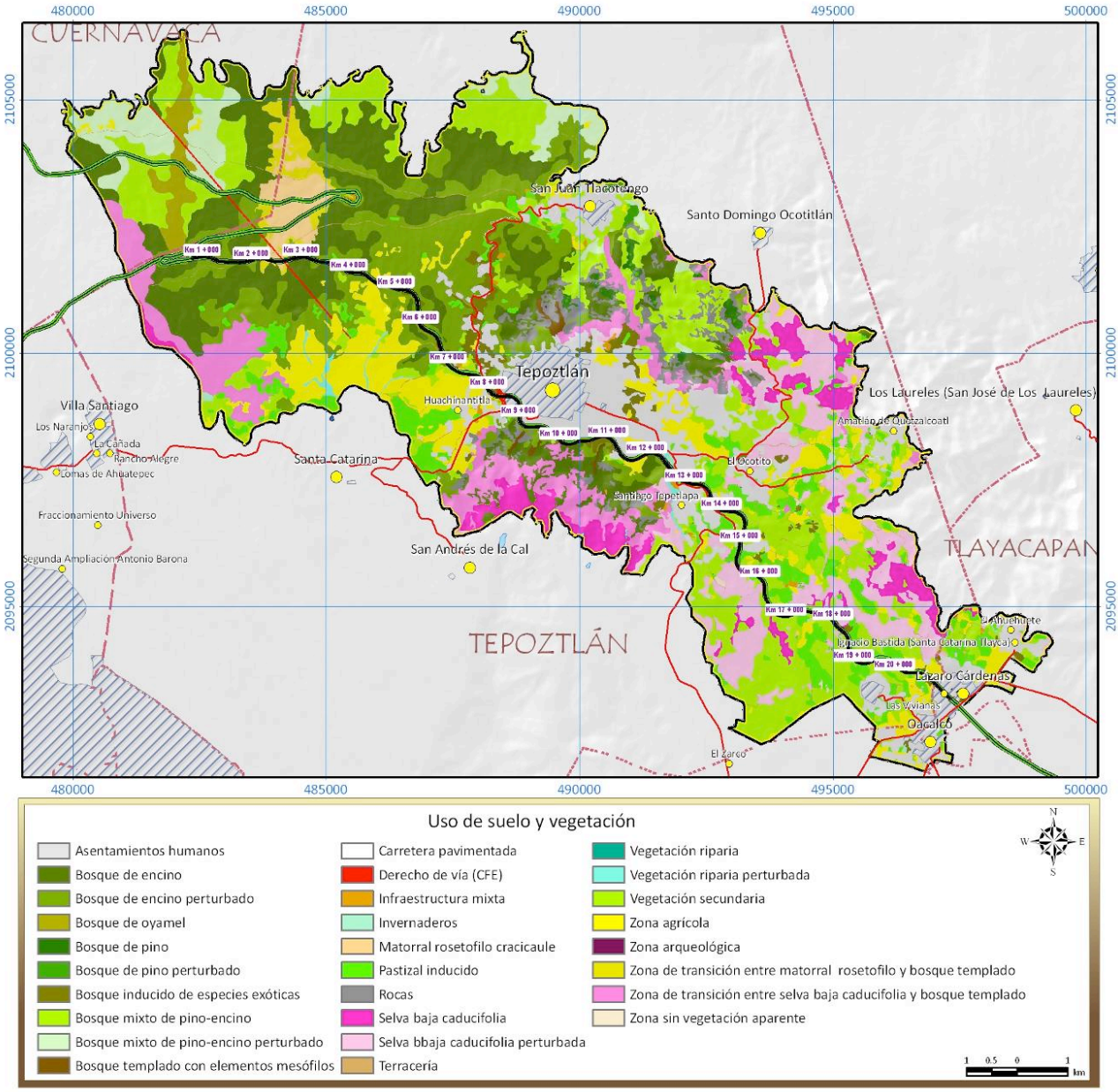


Figura IV.145. Cartografía de uso de suelo y vegetación del 2025

Tabla 78. Superficies en Ha por uso de suelo o tipo de vegetación para 2003, 2009 y 2025

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993 (ha)	2009 (ha)	2025 (ha)
Zona agrícola	1130.48	1025.24	936.29
Pastizal inducido	707.66	684.58	697.36
Invernaderos	7.19	7.46	7.39
Infraestructura mixta	10.66	28.07	28.07
Vegetación secundaria	1317.65	1313.95	1339.08
Asentamientos humanos	790.23	1094.84	1305.59
Carretera pavimentada	83.64	84.22	84.22
Terracería	52.64	53.4	50.89
Selva baja caducifolia perturbada	883.48	841.41	808.69
Selva baja caducifolia	562.79	485.86	444.91
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	811.34	748.09	712.44
Bosque de encino	1899.53	1739.52	1631.46
Bosque de encino perturbado	1109.8	1246.02	1324.98
Bosque mixto de pino-encino	980.98	919.41	880.58
Bosque mixto de pino-encino perturbado	349.48	412.59	449.09
Bosque de pino	51.67	45.83	42.31
Bosque de pino perturbado	7.98	13.92	17.09
Bosque templado con elementos mesófilos	23.52	23.66	23.57
Bosque de oyamel	147.22	146.99	146.7
Matorral rosetofilo cracicaule	153.8	153.73	153.73
Zona de transición entre matorral rosetofilo y bosque templado	123.45	123.22	123.17
Bosque inducido de especies exóticas	218.54	232.09	220.77
Vegetación riparia perturbada	14.07	38.74	38.71
Vegetación riparia	28.56	3.87	1.11
Zona arqueológica	0.21	0.2	0.2
Zona sin vegetación aparente	13.96	13.87	12.38
Rocas	277.27	276.67	276.67
Derecho de vía (CFE)	18.23	18.3	18.3

En la Figura IV.146 se presentan los porcentajes de cambio en cada categoría de uso de suelo y vegetación para el área de estudio de acuerdo a la cartografía de 1993, 2009 y 2025 y en la Tabla. IV.78, se pueden observas los cambios que se presentaron entre 2009 y 2025 entre todas las categorías de uso de suelo y vegetación.

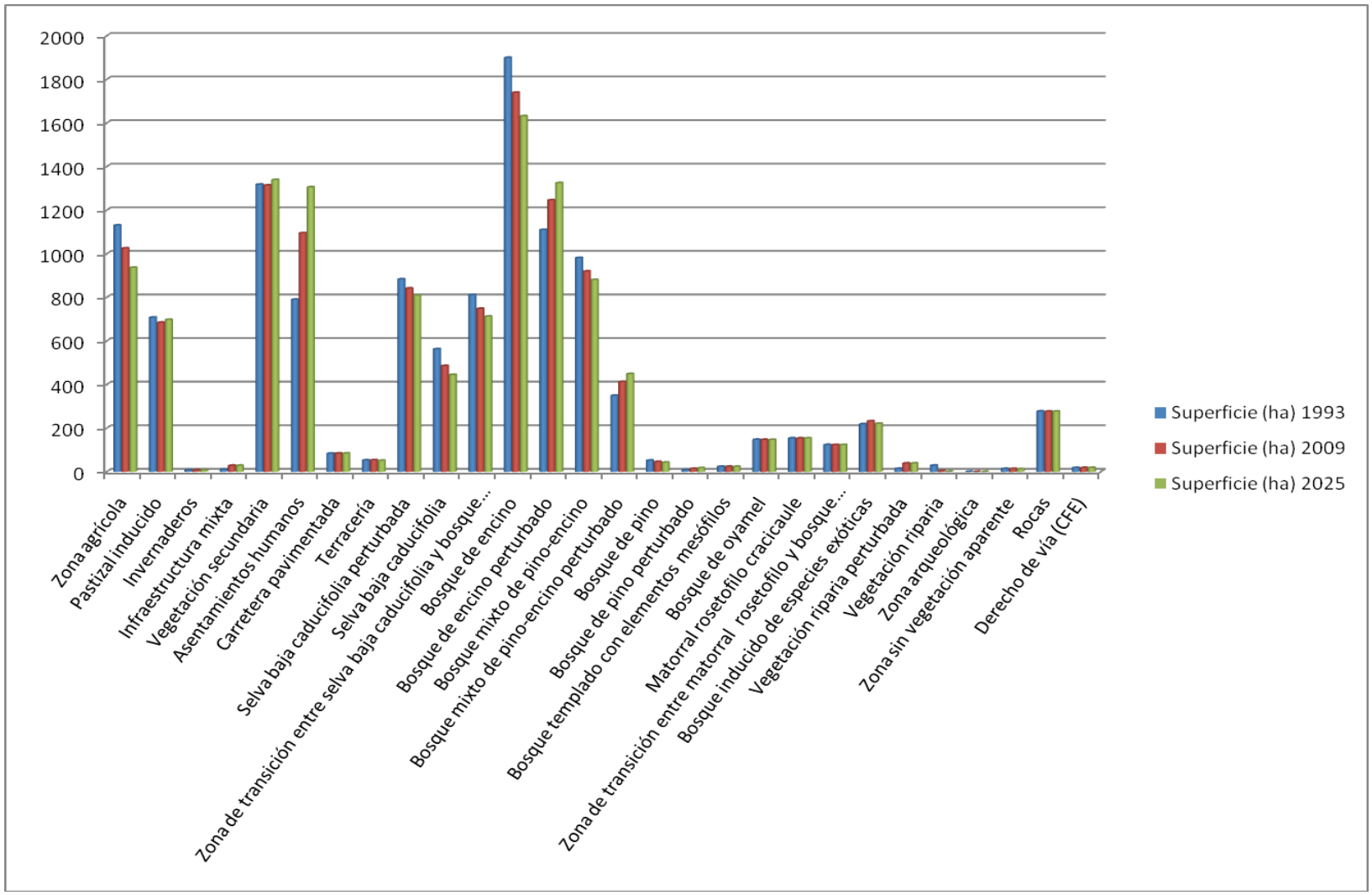


Figura IV.146. Superficie de cada categoría de uso de suelo y vegetación para 1993, 2009 y 2025

Tabla IV.79. Cambios entre las coberturas de uso de suelo y vegetación de 2009 y 2025

Uso de suelo y vegetación 2009	Escenario tendencial 2025	Sup (Ha)
Bosque de encino	Bosque de encino perturbado	107.65
Bosque de encino	Pastizal inducido	0.35
Bosque de encino	Vegetación secundaria	1.37
Bosque de encino perturbado	Asentamientos humanos	11.51
Bosque de encino perturbado	Bosque de encino	1.31
Bosque de encino perturbado	Pastizal inducido	4.08
Bosque de encino perturbado	Vegetación secundaria	6.28
Bosque de encino perturbado	Zona agrícola	5.51
Bosque de oyamel	Zona agrícola	0.29
Bosque de pino	Bosque de pino perturbado	3.52
Bosque de pino perturbado	Asentamientos humanos	0.22
Bosque de pino perturbado	Pastizal inducido	0.03
Bosque de pino perturbado	Vegetación secundaria	0.1
Bosque inducido de especies exóticas	Asentamientos humanos	11.71
Bosque inducido de especies exóticas	Pastizal inducido	1.18
Bosque inducido de especies exóticas	Vegetación secundaria	1.32
Bosque mixto de pino-encino	Bosque mixto de pino-encino perturbado	38.66
Bosque mixto de pino-encino	Vegetación secundaria	0.17
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Asentamientos humanos	0.92
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Pastizal inducido	0.08
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Vegetación secundaria	0.18
Bosque mixto de pino-encino perturbado	Zona agrícola	0.98
Bosque templado con elementos mesófilos	Asentamientos humanos	0.09
Invernaderos	Asentamientos humanos	0.07
Pastizal inducido	Asentamientos humanos	53.55
Pastizal inducido	Bosque inducido de especies exóticas	1.05
Pastizal inducido	Selva baja caducifolia perturbada	3.69
Pastizal inducido	Vegetación secundaria	9.52
Selva baja caducifolia	Asentamientos humanos	0.4
Selva baja caducifolia	Pastizal inducido	1.09
Selva baja caducifolia	Selva baja caducifolia perturbada	39.72
Selva baja caducifolia	Vegetación secundaria	7.64

Uso de suelo y vegetación 2009	Escenario tendencial 2025	Sup (Ha)
Selva baja caducifolia perturbada	Asentamientos humanos	30.01
Selva baja caducifolia perturbada	Pastizal inducido	4.87
Selva baja caducifolia perturbada	Selva baja caducifolia	3.07
Selva baja caducifolia perturbada	Vegetación secundaria	54.31
Terracería	Asentamientos humanos	2.51
Vegetación riparia	Pastizal inducido	0.09
Vegetación riparia	Vegetación riparia perturbada	2.53
Vegetación riparia	Vegetación secundaria	0.14
Vegetación riparia perturbada	Pastizal inducido	0.16
Vegetación riparia perturbada	Vegetación secundaria	0.57
Vegetación riparia perturbada	Zona agrícola	1.83
Vegetación secundaria	Asentamientos humanos	51.54
Vegetación secundaria	Bosque inducido de especies exóticas	0.86
Vegetación secundaria	Pastizal inducido	16.38
Vegetación secundaria	Selva baja caducifolia	1.17
Vegetación secundaria	Selva baja caducifolia perturbada	3.34
Vegetación secundaria	Zona agrícola	8.47
Zona agrícola	Asentamientos humanos	39.86
Zona agrícola	Bosque inducido de especies exóticas	0.95
Zona agrícola	Pastizal inducido	46.89
Zona agrícola	Selva baja caducifolia perturbada	11.49
Zona agrícola	Vegetación secundaria	6.84
Zona de transición entre matorral rosetófilo y bosque templado	Vegetación secundaria	0.05
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	Asentamientos humanos	8.26
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	Pastizal inducido	4.92
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	Selva baja caducifolia	3.66
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	Selva baja caducifolia perturbada	1.23
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	Vegetación secundaria	17.58
Zona sin vegetación aparente	Asentamientos humanos	0.1

Uso de suelo y vegetación 2009	Escenario tendencial 2025	Sup (Ha)
Zona sin vegetación aparente	Bosque inducido de especies exóticas	0.03
Zona sin vegetación aparente	Pastizal inducido	0.47
Zona sin vegetación aparente	Selva baja caducifolia perturbada	0.07
Zona sin vegetación aparente	Vegetación secundaria	0.82

Cartografía de uso de suelo y vegetación 1:10,000 del SAR

La cartografía de uso de suelo y vegetación de un área es importante ya que permite tener una visión sinóptica y cuantitativa de la condición de los recursos naturales y su dinámica espacio-temporal.

La constante degradación de los sistemas naturales, derivados de la expansión de las machas urbanas y la falta de planeación del uso del territorio ha derivado en la pérdida de la biodiversidad y de recursos naturales.

Por este motivo, la elaboración de cartografía de uso de suelo y vegetación constituye una herramienta importante como apoyo a las tareas vinculadas con la instrumentación de políticas ambientales y eventualmente la base para los planes de uso del territorio, lo que representa una de las premisas centrales del ordenamiento ecológico en su conjunto.

Los productos cartográficos elaborados en este estudio servirán de insumo para identificar las áreas de mayor relevancia del SAR.

Material y métodos

Trabajo de gabinete

Para la actualización de la cartografía de uso de suelo y vegetación se utilizaron imágenes tomadas con el sensor de satélite del año 2009. Se da un compuesto Pan-sharpenned, que se obtienen mediante la combinación de la banda pancromática de 2.5 m de resolución por pixel y una imagen multiespectral que combina las bandas infrarrojas verde y azul con 5 m de resolución.

Las imágenes adquiridas tienen una corrección geométrica realizada con base en la posición del satélite y por los tanto requiere de una ulterior corrección efectuada a partir de información espacial más precisa. Para esto se utilizaron ortofotos digitales del año 1993 de INEGI, correspondientes al área de estudio. Utilizando el programa de procesamiento de imágenes ERDAS Imagine, se ubicaron aproximadamente 100 puntos de control para la corrección y se aplicó un polinomio de segundo grado.

Se realizó la interpretación visual de las imágenes de satélite a una escala 1:10,000, a través de la poligonización de cada tipo de uso de suelo y vegetación, utilizando el programa ArcView versión 3.2. (Figura IV.147)

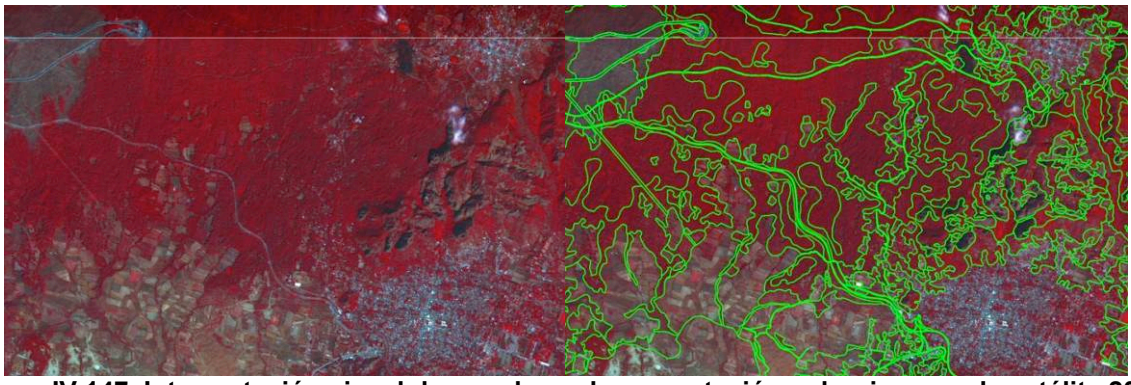


Figura IV.147. Interpretación visual de uso de suelo y vegetación sobre imagen de satélite 2009

Trabajo de campo

De igual manera se realizó trabajo de campo que permitió verificar la interpretación visual de las imágenes y corregir cuando fuera necesario, el trabajo de campo consistió en 5 muestreos realizados durante el mes de Mayo, los cuales se hicieron en 5 recorridos aleatorios cubriendo en su totalidad el área de estudio, en cada uno de ellos se tomaron puntos de verificación de vegetación.

El diseño del muestreo de campo se realizó mediante la observación de la imagen de satélite del año 2009. Sobre esta imagen se trazaron una serie de transectos que garantizarán visitar los diferentes ecosistemas del área de estudio y evaluar su estado de conservación.

En los recorridos se tomaron alrededor de 25 puntos georeferenciados por recorrido, con los siguientes datos de: posición geográfica, altitud, estructura y composición florística de las especies herbáceas, arbustivas, arbóreas y epifitas y la vegetación circundante, actividades productivas y potencial del área. De igual manera se tomaron fotografías en cada punto.

Resultados

La clasificación de las categorías de vegetación se basó en la clasificación de Miranda y Hernández, aunque por ser un trabajo a una escala muy detallada y con base en los recorridos de campo y la interpretación visual de las imágenes satelitales se determinaron 28 categorías de cobertura vegetal y uso de suelo, en la Figura IV.148 y Tabla IV.80 se presentan las categorías de uso de suelo y vegetación, así como el área y porcentaje.

Tabla IV.80. Tipos de Uso de Suelo y Vegetación, agrupados por formación y mostrando la superficie y porcentaje que ocupa cada clase (2009)

Formación	Tipo	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Ecosistemas naturales	Bosque de encino	1,739.95	14.77
	Bosque de encino perturbado	1,246.39	10.58
	Bosque mixto de pino-encino	918.89	7.80
	Bosque mixto de pino-encino perturbado	412.93	3.51
	Bosque de pino	45.85	0.39

Formación	Tipo	Superficie (Ha)	Superficie (%)
	Bosque de pino perturbado	13.83	0.12
	Bosque de oyamel	147.12	1.25
	Bosque templado con elementos mesófilos	23.60	0.20
	Zona de transición entre matorral y bosque	123.03	1.04
	Matorral rosetófilo cracicaule	153.81	1.31
	Zona de transición entre selva baja y bosque	748.25	6.35
	Selva baja caducifolia	485.76	4.12
	Selva baja caducifolia perturbada	841.66	7.15
	Vegetación riparia	3.90	0.03
	Vegetación riparia perturbada	38.85	0.33
Zona agropecuaria	Zona agrícola	1,026.19	8.71
	Invernaderos	7.48	0.06
	Pastizales inducidos	683.96	5.81
	Vegetación secundaria		
		1,313.86	11.16

Formación	Tipo	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Asentamientos humanos y zona urbanizada	Asentamientos humanos	1,095.28	9.30
	Infraestructura mixta	28.11	0.24
	Carretera pavimentada	83.87	0.71
	Zona arqueológica	0.199	0.00
	Derecho de vía CFE	18.25	0.15
	Terracería	52.90	0.45
Otras coberturas	Bosque inducido con especies exóticas	231.93	1.97
	Rocas	276.70	2.35
	Zona sin vegetación aparente	13.87	0.12
Total		11,776.39	100.00

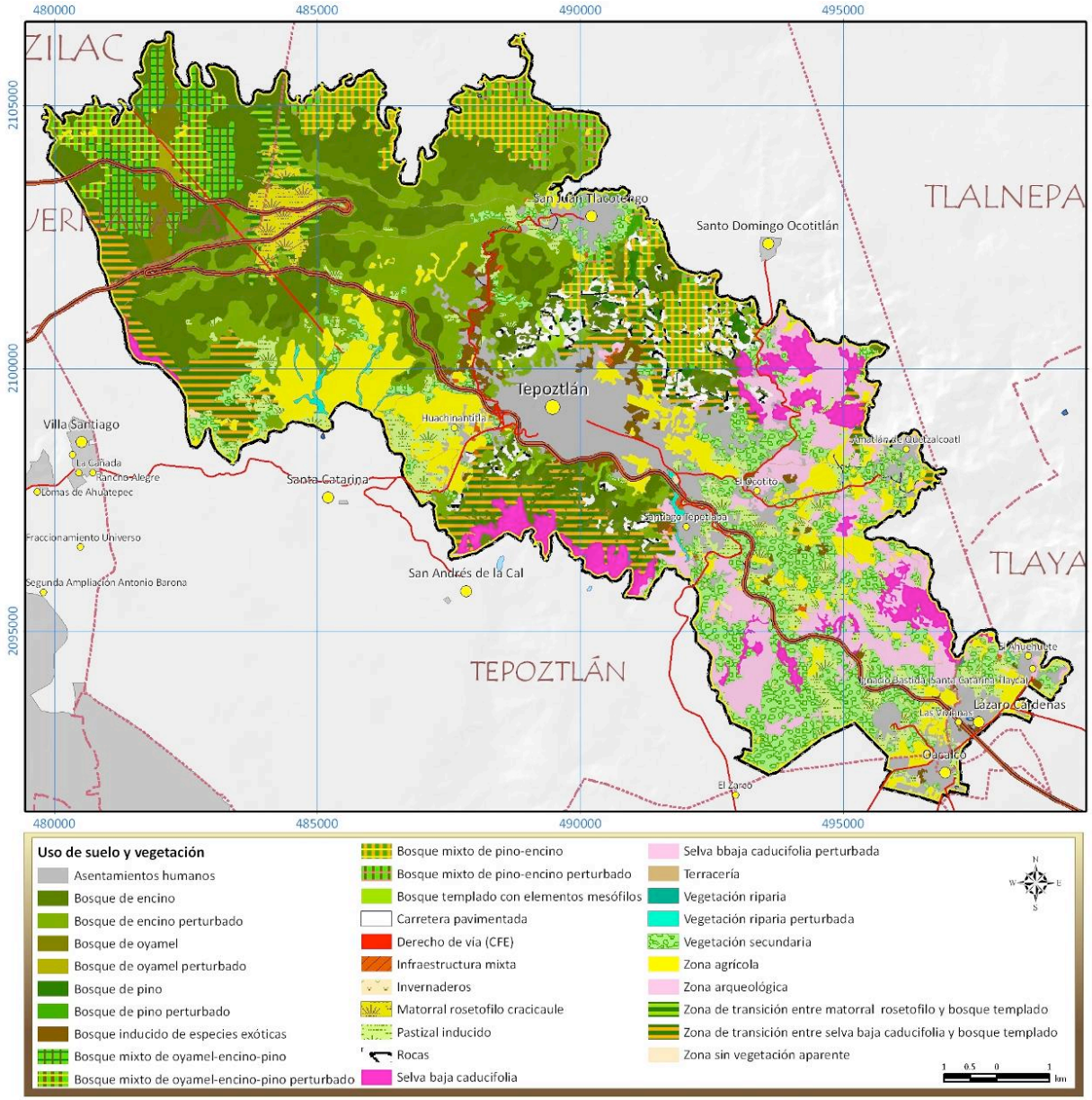


Figura IV.148. Mapa de uso de suelo y vegetación del SAR 2009

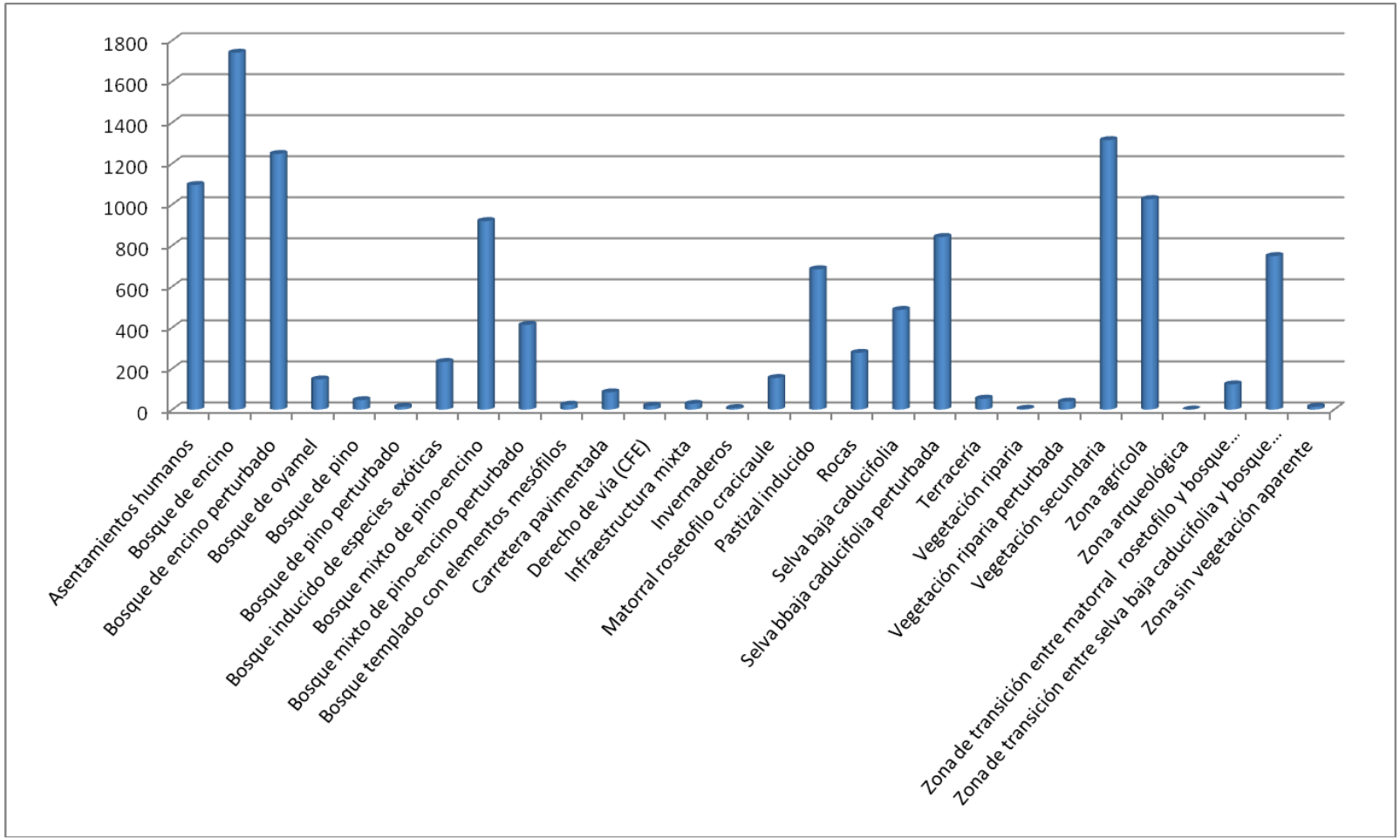


Figura IV.149. Superficie en Ha por uso de suelo y vegetación del SAR

IV.4.3. Resultados de la aplicación del modelo tendencial al 2025

El Sistema Ambiental Regional comprende una superficie de 11,776.40 Ha, que está constituido por una serie de unidades de paisaje que consideran la geomorfología, edafología, microcuencas y uso de suelo y vegetación. Comprende aquellas áreas ambientalmente relacionadas con las unidades de gestión ambiental que cruza el trazo. Entre los usos de suelo, el SAR incluye zonas de bosque templado de oyamel, pino, bosques mixtos, encino, zonas de transición y se extiende hasta zonas de selva baja caducifolia.

Políticamente el SAR se asienta en los municipios de Tepoztlán en un 86%, además de Huitzilac (10.6%), Yautepec (2.9%) y en menor grado en Tlayacapan (0.5%) y Tlanepantla (0.1%). Cabe señalar que dentro del Sistema solo se ubican asentamientos humanos correspondientes a Tepoztlán, Yautepec y Tlayacapan, por lo que la caracterización social, se realizó con base en estas comunidades. En virtud de que las modificaciones en el SAR son provocadas en gran medida por el hombre, es importante, entender primero las modificaciones que se esperan para el medio socioeconómico y con base en lo que ha sucedido en el pasado, inferir los cambios para los siguientes 15 años. Como ya se ha detallado en la metodología que se explica en párrafos anteriores.

Para el caso del SAR la tasa de crecimiento alcanzó sus niveles más altos en el periodo de 1990 a 1995, con excepción de Tepoztlán, cuya situación socioeconómica en ese tiempo se veía afectada por movimientos sociales que impidieron la construcción de infraestructura turística y habitacional por considerar que afectaba su medio ambiente, esto creó un clima que inhibió el crecimiento poblacional llegando a registrar tasas decrecientes, en promedio de menos 0.84%, esta tendencia se revirtió en el quinquenio siguiente en donde se alcanzó un 4.43% de crecimiento, el último censo de 2005 señala una tasa positiva del 1.88%, los municipios de Yautepec y Tlayacapan se mantienen en tasas por debajo del crecimiento nacional.

El crecimiento anual de la población en el Morelos en 2000 fue de 3.4%, para 2010 el Consejo Estatal de Población señala que rondará el 4%, y para el 2025 se estima que llegue al 4.4%, para estabilizarse en 2030 en promedio a 3.3%. Para el caso de los municipios en el SAR, todos se ubican dentro de los primero 15, con mayor crecimiento poblacional a nivel estatal, Tlayacapan ocupa el séptimo, Yautepec, el noveno; Huitzilac el décimo; Tlanepantla el décimo primero y Tepoztlán el décimo cuarto. Por lo que se infiere que la región por donde cruza el trazo, demandará mayores servicios públicos y vías de acceso de altas especificaciones.

El SAR se asienta en terrenos con uso de suelo ejidal, comunal y privado, se ubican 41 poblados en los que habitan un total de 27,717 habitantes, lo que representa el 1.71% de la entidad. El municipio que concentra mayor población en el SAR es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%); tan sólo su cabecera municipal cuenta con 15,245 habitantes. En segundo lugar se ubica Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 hab (5.53%).

De acuerdo a las proyecciones de CONAPO, se estima que la población en el SAR se incremento de 2005 al 2010 en 14.65%, alcanzando los 32,478 habitantes y se prevé que en 15 años esta tendencia de crecimiento continúe en ascenso aumentando en promedio un 17.67% la población, rondando los 39,449 habitantes.

El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial., así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización.

La población en el SAR se compone en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años lo que refleja un potencial de aportación económica, al encontrarse en edad productiva y también este grupo es propenso a crear nuevos hogares, y por tanto demandar nueva vivienda, servicios, y fuentes de empleo. En segundo lugar está la población menor de 14 años que requiere de centros educativos y servicios de salud, finalmente se tiene en menor porcentaje a la población mayor de 60 años, que ronda el 15% en promedio.

La tendencia de acuerdo a CONAPO es que los cambios sucesivos en la reducción en las tasas de mortalidad, fecundidad e inmigración han provocado importantes transformaciones en la composición por edad de la población, dando lugar a una estructura más joven pero que potencialmente mantendrá al estado en un proceso de envejecimiento los siguientes 25 años, lo que generará un nivel de dependencia económica y de servicios que de no preverse traerá grandes complicaciones.

La pirámide poblacional en el SAR es dinámica y se estima que para el 2025 la población entre 0 y 14 años sólo se incrementará en 1.2; la población entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% de 2010 al 2025 y la población mayor a 65 años se incrementarán en 113.47% en el mismo periodo.

De acuerdo al análisis y proyecciones realizadas con respecto al cambio de uso de suelo, se puede inferir que para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos en 1993 se tenían 790.23 Ha ocupadas por este rubro, para el 2009 se incremento a 1094.84 Ha y para 2025, se estima que la superficie pasará 1,305.59 Ha (Figura IV.145)

Las hectáreas dedicadas a infraestructura mixta, carreteras, terracerías, también registrarán cambios, la primera en 1993 ocupada 10.66 Ha, para el 2025 se estima que se incremente a 28.07 Ha; las carreteras pavimentadas en 1993 se asentaban en 83.64 Ha, para 2025 registrarán una superficie de 84.22 Ha; las terracerías por el contrario disminuirán de 52.64 Ha en 1993 a 50.89 para el 2025, esto motivado por su transformación a caminos pavimentados principalmente.

El crecimiento de las zonas urbanas se prevé que sea entre 2009 y 2025 de 210.75 Ha a costa principalmente de las zonas vegetadas, tales como bosque de encino perturbado (11.51 Ha menos); bosque de pino perturbado (0.22 Ha, menos); bosque inducido de especies exóticas (11.71 Ha); bosque mixto de pino – encino perturbado (0.92 Ha); bosque templado con elementos mesófilos (0.09 Ha); invernaderos (0.07 Ha); pastizal inducido (53.55 Ha); Selva baja caducifolia (0.40 Ha); Selva baja caducifolia perturbada (30.01 Ha) y se complementa el área con el cambio de terracerías en asentamientos humanos en 2.51 Ha. Esta tendencia de crecimiento de las hectáreas dedicadas a los asentamientos humanos debe entenderse como parte de un proceso de metropolización, que se vive en el SAR, y particularmente en Tepoztlán, motivada por el crecimiento y desarrollo acelerado de destinos aledaños como Cuernavaca y la zona metropolitana del Distrito Federal. El crecimiento de los asentamientos humanos se percibe que será en torno al municipio de Tepoztlán, su cabecera municipal, la comunidad de Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa.

La vocación económica del SAR se orienta hacia las actividades terciarias, principalmente turísticas y de servicios, ya que posee factores naturales y culturales que representan variables potenciales de crecimiento para lograr atraer la atención del turismo.

El municipio de Tepoztlán recientemente recuperó su lugar como Pueblo Mágico, mismo que perdió en 2009, y recuperó en tiempo record, en relación a otros pueblos en el mismo caso. Desde 1992 se han invertido más de 57 millones de pesos para que este municipio cuente con las condiciones necesarias para ostentar este reconocimiento. El gobierno federal, a

través de la Secretaría de Turismo señaló que incluirá a Tepoztlán dentro del circuito turístico denominado “La magia de nuestras tradiciones y la naturaleza”, con ello se espera incrementar sustancialmente la afluencia de turistas a la zona. Cabe señalar que no sólo es un destino de fin de semana, sino que funge también como destino eje, a partir de este municipio, se pueden realizar diferentes recorridos, como los de balnearios, rutas de los conventos, ruta de Zapata, ruta arqueológica entre otros. La importancia económica del turismo radica en que este rubro significa el 9% del Producto Interno Bruto a nivel nacional y el 12 a nivel estatal.

Las actividades primarias, también tienen impacto en el cambio de uso de suelo en el SAR, por una parte se extenderán a costa de vegetación como bosque de encino perturbado, de oyamel; mixto de pino – encino perturbado; riparia perturbada y vegetación secundaria, pero en contraste, la zona agrícola cederá hectáreas a asentamientos humanos (39.86 Ha); bosque inducido de especies exóticas; pastizal inducido; selva baja caducifolia perturbada y vegetación secundaria. Siendo que la Agricultura ocupaba en 1993, 1130.48 Ha, para el 2009, disminuyó a 1,025.24 Ha y para 2025 volverá a disminuir a 936.29 Ha, según el escenario tendencial.

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001- 2006, vigente a la fecha, establece dentro de sus políticas para el Municipio de Tepoztlán en el contexto social la actualización de los documentos normativos que permita una adecuada administración, en materia de desarrollo urbano situación que obliga a la existencia de una adecuada articulación entre el Gobierno y los Municipios. El establecimiento de reservas territoriales que satisfagan las necesidades de los requerimientos de la población, que permitan inducir el crecimiento urbano de forma ordenada hacia las áreas aptas para este fin. Establecer programas de ampliación, mejoramiento y construcción de la infraestructura básica y el equipamiento urbano para las localidades del Estado. Para la actividad económica en el desarrollo urbano; reactivar la cadena productiva en el sector primario, aprovechando al máximo el suelo apto y la tecnología de punta, principalmente en zonas cercanas a los centros urbanos, en donde la mancha urbana ha reducido los espacios cultivables. Impulsar programas de aprovechamiento del potencial turístico del Estado, mediante la promoción en el ámbito nacional e internacional de los recursos naturales, históricos y culturales existentes en la entidad; para el medio ambiente; conservación y control de los ecosistemas de la entidad Morelense, que por sus características son considerados como protegidos y prohibidos para su urbanización; control de las áreas con potencial para su explotación en el uso urbano con medidas restrictivas, en aquellas zonas con actividades agrícolas de productividad baja.

El municipio de Tepoztlán se ubica en la Región Centro Poniente del Estado, zona para la cual se proponen políticas y acciones tales como la conservación de las áreas agrícolas existentes en la región; actualización de los documentos normativos en materia de planeación del desarrollo urbano; programas de rescate de la imagen urbana de los centros históricos de las cabeceras municipales; reactivación de los Comités Interinstitucionales para el manejo de las áreas Naturales Protegidas, proponiendo acciones de control y seguimiento de programas operativos del Corredor Biológico Chichinautzin y el Parque Nacional el Tepozteco; De acuerdo a la disponibilidad de recursos naturales, ubicación estratégica y al potencial de desarrollo que presenta esta región, se determina que es prioritario el impulso al subsector turismo aprovechando el gran potencial existente, consolidación del subsector comercio y abasto ordenando su crecimiento.

Por su parte el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tepoztlán establece los siguientes objetivos: Alcanzar para el Municipio de Tepoztlán un desarrollo integral y

equilibrado acorde a las necesidades sentidas por la población; elevar todos los niveles de bienestar social de la cabecera municipal y sus comunidades; conservación de los recursos naturales con que cuenta el municipio; evitar nuevos asentamientos humanos en terrenos del Parque Nacional el Tepozteco. Dentro de las Políticas se encuentra el apoyo a las actividades productivas, especialmente las agropecuarias para mejorar el nivel de vida de la población e impulso a las actividades terciarias, especialmente las que se relacionan con el sector turismo; aplicación de una política de consolidación y control que garantice un desarrollo equilibrado.

Vegetación

Los principales tipos de vegetación presentes en el SAR son: Bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, bosques mixtos, vegetación riparia y selva baja caducifolia. Las actividades que se desarrollan han modificado su vocación natural, principalmente en la selva baja caducifolia y en la vegetación riparia, en donde el cambio en el uso del suelo es más evidente por la apertura de actividades agrícolas o asentamientos humanos. Los bosques templados y el matorral rosetófilo presentes en el SAR, se encuentran protegidos de alguna forma, por estar dentro del Parque Nacional el Tepozteco, sin embargo actividades tales como la tala hormiga, extracción de flora y fauna en pequeña escala así como el saqueo de tierra de hoja merman y modifican la estructura y función de los ecosistemas del SAR.

Estos cambios obligan a realizar un análisis de los principales tipos de vegetación con respecto al cambio de suelo de la vegetación original y las actividades económicas que se realizan en cada una de ellas. Para ello se analizan tres escenarios, uno de 1993 (pasado), 2009 (actual) y para el tendencial hacia el año 2025 (Figura IV.145).

De esta forma se observa como de 1993 hacia el 2009 existe una disminución en la selva baja caducifolia de 119 Ha, de esta selva conservada se han perdido en un periodo de 16 años 42.07 Ha, y en la selva perturbada 76.93 Ha, la tendencia indica que para el año 2025 habrá una disminución de 73.67 Ha de las cuales 40.95 corresponden a la selva conservada actualmente y 32.72 Ha a la selva que hoy se encuentra en estado de perturbación. Estos cambios que se han manifestado través del tiempo son básicamente una respuesta a la modificación de las actividades primarias, la ganadería es una actividad común así como la agricultura en donde se han abierto terrenos para el establecimiento de campos de cultivo de temporal principalmente para la producción de maíz y forraje y de riego o perennes como el cultivo del agave y la opuntia. Aunado a esto la expansión de las zonas urbanas está propiciando la lotificación para su posterior venta.

Los servicios ambientales son los primeros en cambiar una vez que el uso de suelo ha sido modificado, esto se ve claramente reflejado en la capacidad de fijar el Carbono (Tabla IV.55). La selva baja conservada ha tenido una marcada disminución, en 1993 fijaba 86,669.66 mgC/SAR en el 2009 fija 74,822.44 y se pronostica que según las hectáreas que existirán para el 2025 solo se fijaran 68,516.14 mgC/SAR. En la selva baja perturbada suceda algo similar de 1993 al 2009 se perdieron 5,805.66 mgC/SAR y esta tendencia indica que para el 2025 se perderán 4,515.36 mgC/SAR.

La zona de transición entre selva baja caducifolia y el bosque templado de 1993 al 2009 ha tenido una merma en su extensión de 63.25 Ha, se visualiza que para el año 2025 se reducirán 35.65 Ha más, esta modificación se puede deber a varios factores, uno de ellos y quizá el principal es la presencia de incendios en esta zona, los visitantes del lugar realizan fogatas y dejan sus desechos de basura, ambas cosas pueden generar incendios

principalmente en la época de estiaje, otra causa pueden ser las plagas, principalmente por muérdago que se desarrollan actualmente en este ecotono, éstas plagas provocan la muerte de las especies de las que se posan, generando así una disminución de cobertura vegetal.

Esta disminución en la cobertura vegetal se ve reflejada en la fijación de CO_2, en 1993 se fijaban 156,588.62, para el 2009 se fijan 144,381.37 y por la reducción de hectáreas que se pronostica para el 2025, se calcula que para ese año solo se fijarán 137,500.92 mgC/SAR

A su vez el bosque de encino ha tenido un comportamiento diferente, el bosque conservado ha perdido 160.01 Ha en 16 años, sin embargo el bosque de encino perturbado se ha incrementado con 126.22 Ha, la tendencia dice que para el 2025 el bosque conservado perderá 108.06 Ha más y el bosque perturbado ganara 78.96 Ha.

Esta ganancia en los bosque pareciera ser un escenario alentador, sin embargo si se analizan las cifras, se observa que prácticamente las hectáreas perdidas del bosque conservado, son las que gana el bosque perturbado, por lo que en términos generales no hay incremento, sino un disminución del ecosistema conservado, lo cual se verá reflejado en la estructura y las funciones de este bosque.

Esta modificación puede generarse por las actividades antrópicas, como la extracción de tierra de hoja en donde también es extraído el germoplasma depositado en el suelo, lo que disminuye la regeneración natural, aunado a esto la posibilidad de incendios por los visitantes es un peligro constante, así como la caza ilegal que aun se practica, pues de manera indirecta afectan la dispersión de semillas por zoocoria.

En el bosque conservado de encino se observa una disminución en la fijación de CO_2 en 1996 se fijaba 438,791.43, en el 2009 se fijan 401,829.12 y para el 2025 de fijarán únicamente 376,867.26 mgC/SAR, es decir se perderá la absorción de 619.24 mgC, debido a la disminución del bosque, en el bosque perturbado sucede el caso contrario, la fijación aumentará, pero en realidad lo que aumenta son las hectáreas perturbadas que se le restan al bosque conservado por ello es que en 1993 se fijaban 195,324.8, en el 2009 se fijan 219,299.52 y para el 2025 se fijaran 233,196.48 mgC/SAR.

El bosque mixto de pino-encino conservado, actualmente cuenta con 919.41 Ha, en el año de 1993 existían 980.98 Ha por lo que en 16 años se perdieron 61.57 Ha, este bosque perturbado en 1993 contaba con 349.48 Ha y para el 2009 existen 412.59 Ha, esto representa un incremento de 63.11 Ha. Para el 2025 se observa esta misma tendencia, el bosque tendrá un decremento de 38.83 Ha y el bosque mixto perturbado se incrementará en 36.5 Ha. La situación es la misma que en el bosque de encino, el decremento de bosque conservado es el número de hectáreas que se incrementan en el bosque perturbado.

La disminución de hectáreas del bosque mixto conservado se verá reflejado en la disminución de fijación de carbono, pues en 1993 se fijaba 230,530.3, ya para el 2009 sólo se fijan 216,061.35, para el 2025 se calcula que se fijaran 206,936.3 mgC/SAR. En el bosque mixto perturbado se incrementa la fijación porque se incrementan las hectáreas perturbadas por ello se ve que en 1993 se fijaban 62,556.92, en el 2009 73,853.61 y para el 2025 se fijaran 80,387.11 mgC/SAR.

A su vez el bosque de pino conservado, actualmente existen 45.83 Ha, en 1993 existían 51.67 Ha, esta representa una pérdida de 5.84 Ha, para el 2020 se pronostica que habrá únicamente 42.35 Ha, es decir 3.52 Ha menos que hoy. En cuanto al bosque de pino perturbado cuenta actualmente con 13.92 Ha, en 1993 existían 7.98 Ha y para el 2025 habrá 17.09 Ha, con esto se puede observar el incremento que tiene el bosque perturbado en hectáreas.

Los pinos han estado sometidos a la extracción, actualmente se pueden observar zonas reforestadas con pinos, principalmente en los terrenos de Coajomulco, la extracción y la reforestación son elementos preponderantes para el incremento y el decremento de las hectáreas de este tipo de vegetación, aunque también los incendios son un factor perjudicial e importante para este ecosistema.

La fijación de CO_2 seguirá la misma tendencia de la pérdida de hectáreas, pues también en el bosque de pino conservado se espera una merma de 2,227.68 mgC/SAR para el 2025 mientras que en el bosque perturbado así como se incrementan las hectáreas también se incrementara la fijación se espera que para el 2025 se fijen 1,639.8 mgC/SAR.

El bosque templado con elementos mesófilos a lo largo de 16 años ha mostrado la misma tendencia a través del tiempo, en 1993 contaba con 23.52 Ha, para el 2009 se registran 23.66 Ha y se pronostica que para el 2025 existirán 23.57 Ha; esta estabilidad puede ser resultado de la zonas en que se distribuye esta vegetación, pues se encuentra generalmente en zonas encañonadas, de difícil acceso, lo que evita la entrada de ganado y turistas; concentra la humedad y favorece la diversidad de plantas y animales que ahí habitan, como se requieren de condiciones especiales para este ecosistema: como la alta humedad, la presencia de especies características, la poca incidencia de la luz en los estratos inferiores, es posible que pueda disminuir su área pero, no incrementarse. Sin embargo la tendencia es que en los próximos 16 años este bosque mantenga su misma extensión y por lo tanto sus mismos servicios ambientales como se pronostica en la fijación de CO_2, que en 1993 fijaba 7079.52, en el 2009 fija 7121.66 y se pronostica que para el 2025 fijará 7,094.57 mgC/SAR.

El bosque de oyamel también es uno de los ecosistemas más estables del SAR a través del tiempo, en 1993 contaba con 147.22 Ha, para el 2009 se registran 146.99 Ha y para el 2025 se prevé que existirán 146.7 Ha, esta bosque se distribuye en la parte central de los bosques templados, es una franja de desciende del Norte al Sur, por lo que le confiere un resguardo a los elementos arbóreos del bosque, actualmente no hay tala clandestina en este sitio, el *Abies religiosa* no es una especie sensible a la plaga de muérdago que se distribuye en otras especies, de este modo la distribución de este bosque se ha mantenido estable y el escenario tendencial indica la misma situación para el 2025.

También en la fijación de carbono, este bosque muestra mucha estabilidad, en 1993 fijaba 35,038.36, en el 2009 34,983.62 y para el 2025 se calcula que fijara 34,914.6 mgC/SAR, esta diferencia es poco significativa ya que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años.

El matorral rosetófilo crassicaule necesita condiciones específicas para su desarrollo, por lo que ha encontrado el nicho adecuado en el derrame de lava que se distribuye en La Pera, este ecosistema tiene una buena capacidad de regeneración si es afectado en su estructura, sin embargo pese al transcurrir del tiempo se ha mantenido estable y desde 1993 cuanta con 153.8 Ha, según el análisis realizado indica que en un escenario tendencial del 2025 existirán 153.73 Ha, las mismas que se observan en el 2009. Por ello la fijación de CO_2 se mantiene estable en 1993 se fijaba 121,50.2 mgC/SAR, en el 2009 se fijan 12,144.67 y para el 2025 se fijaran 12,144.67 mgC/SAR.

La zona de transición entre el matorral rosetófilo y el bosque templado, muestra la misma estabilidad que el matorral rosetófilo en 1993 se contaba con 123.45 Ha, actualmente existen 123.22 y para el 2025 existirán 123.17. De igual forma la fijación de carbono es estable en 1993 se fijaban 19,134.75, en el 2009 se fijan 19,099.1, para el 2025 se pronostica que la fijación será muy similar con 19,091.35 mgC/SAR.

En la vegetación riparia perturbada existe un situación inversa en 1993 existían 14.07 Ha, para el 2009 existen 38.74 Ha, de este modo se incremento la vegetación riparia perturbada con 24.67 Ha, lo cual es exactamente la áreas que se perdieron del ecosistema conservado en 16 años. La tendencia indica que para el 2025 la vegetación perturbado contará con las 38.7 Ha existentes y la vegetación conservada disminuirá hasta ser únicamente 1.11 Ha.

La mayor presión que recibe este ecosistema es la contaminación por aguas negras, además de que son utilizados como basureros locales; se permite la ganadería libre lo cual genera compactación de suelo y defoliación de plantas; además se han introducido especies ajenas al ecosistema principalmente jacarandas y eucaliptos.

Los servicios ambientales que proveen también se verán disminuidos sobre todo en la vegetación riparia conservada. En 1993 fijaba 8,596.56 mgC/SAR, en el 2009 fija 1,164.87 y par el 2025 solo fijara 334.11 mgC/SAR, esto por la disminución en su área de distribución; por otro lado, la vegetación riparia perturbada sufrió un incremento en la fijación de carbono de 1993 al 2009 con 5,230.04, este incremento es el resultado del aumento de vegetación riparia perturbada, se pronostica que para los próximos 16 años la fijación se mantendrá estable con 8206.52 mgC/SAR. En la Figura IV.145 se presenta la comparativa de los escenarios al 1993, actual y 2025; todos sin proyecto. En cuanto a los usos de suelo antrópicos (Figura IV.149) también se observan cambios, principalmente en los asentamientos humanos, en 1993 existían 790.23 Ha, para el 2009 1,094.84 Ha y se pronostica según esta tendencia que para año 2025 existirán 1,305.59 ha esto es 210 Ha mas que en la actualidad, estas se desarrollaran principalmente en las zonas agropecuarias y de selva baja o acahual, mas no en los bosques de climas templados.

En las zonas agropecuarias existen dos actividades primordiales, la agricultura y la ganadería, los terrenos agrícolas han tenido una disminución, en 1993 existían 1,130.48 Ha para cultivo, en el 2009 existen 1,025.24 Ha, por lo que se han dejado de trabajar 105.24, para el 2025 se calcula que solo habrá 936.29, esto esta vinculada con la lotificación y venta de terrenos para viviendas. La fijación de carbono también se ha visto disminuida en 1993 se fijaba 101,743.2 mgC/SAR, para el 2009 solo se fija 101,743.2 y se pronostica que par el 2025 la fijación de carbono se reducirá a 84,266.1 mgC/SAR.

Por su parte para la ganadería los pastizales inducidos se han mantenido estables en 1993 existían 707.66 Ha, para el 2009 se reportan 684.58 Ha, para el año 2025 se calcula que habrá 697.36 Ha, esta estabilidad en su extensión en el territorio puede deberse a lo redituable de la actividad ganadera en la zona y a la capacidad de rebrote de los pastizales por lo que no es necesario cambiar de actividad ni abrir nuevos pastizales

Esta estabilidad también se ve reflejada en los servicios ambientales que provee, como la fijación de carbono que en 1993 era de 68643.02 mgC/SAR, en el 2009 es de 66404.26 y para el 2025 se calcula que será de 67643.92 mgC/SAR.

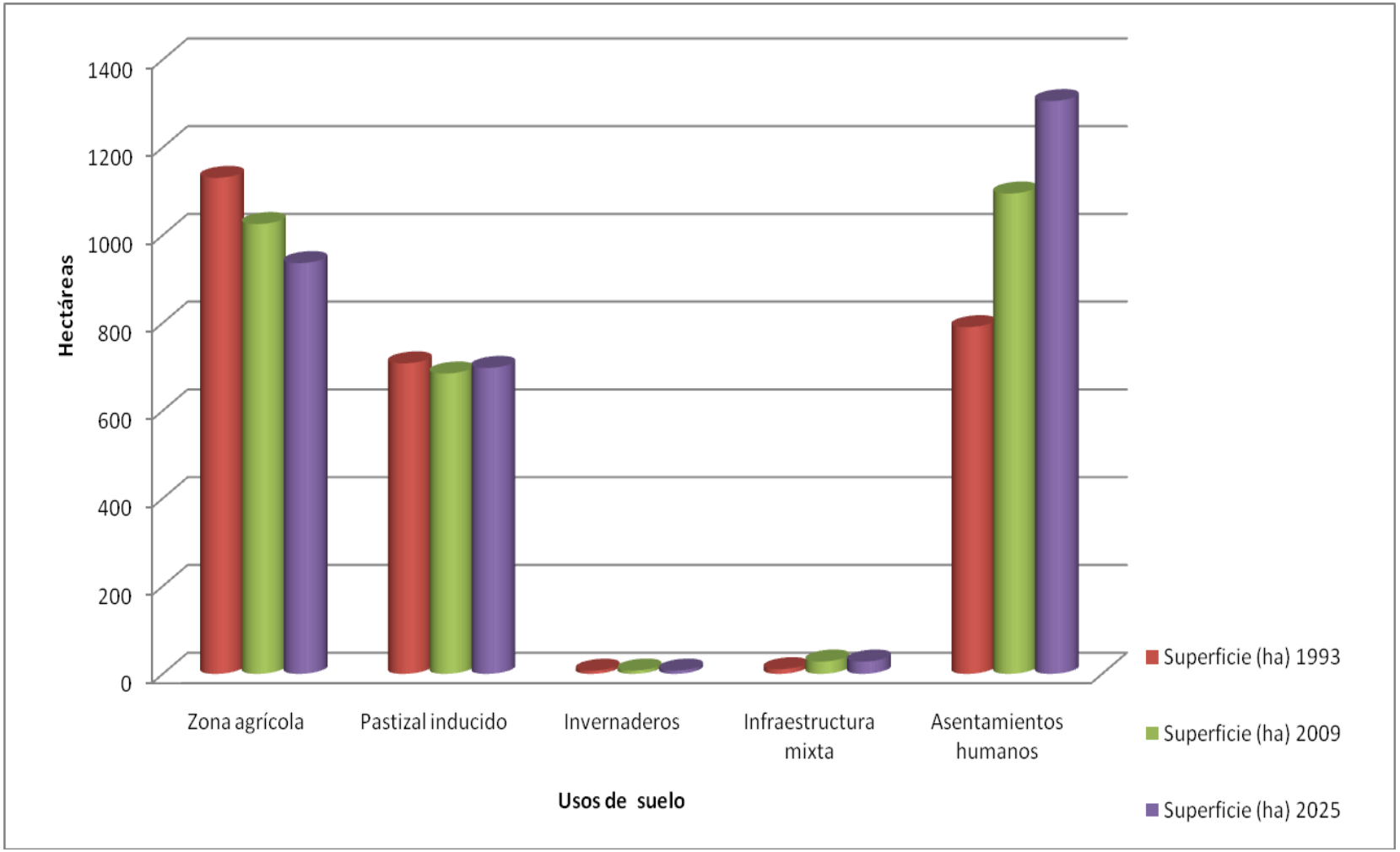


Figura IV.150. Tendencias del cambio de uso del suelo dentro del SAR para los próximos 16 años (Expresado en Ha)

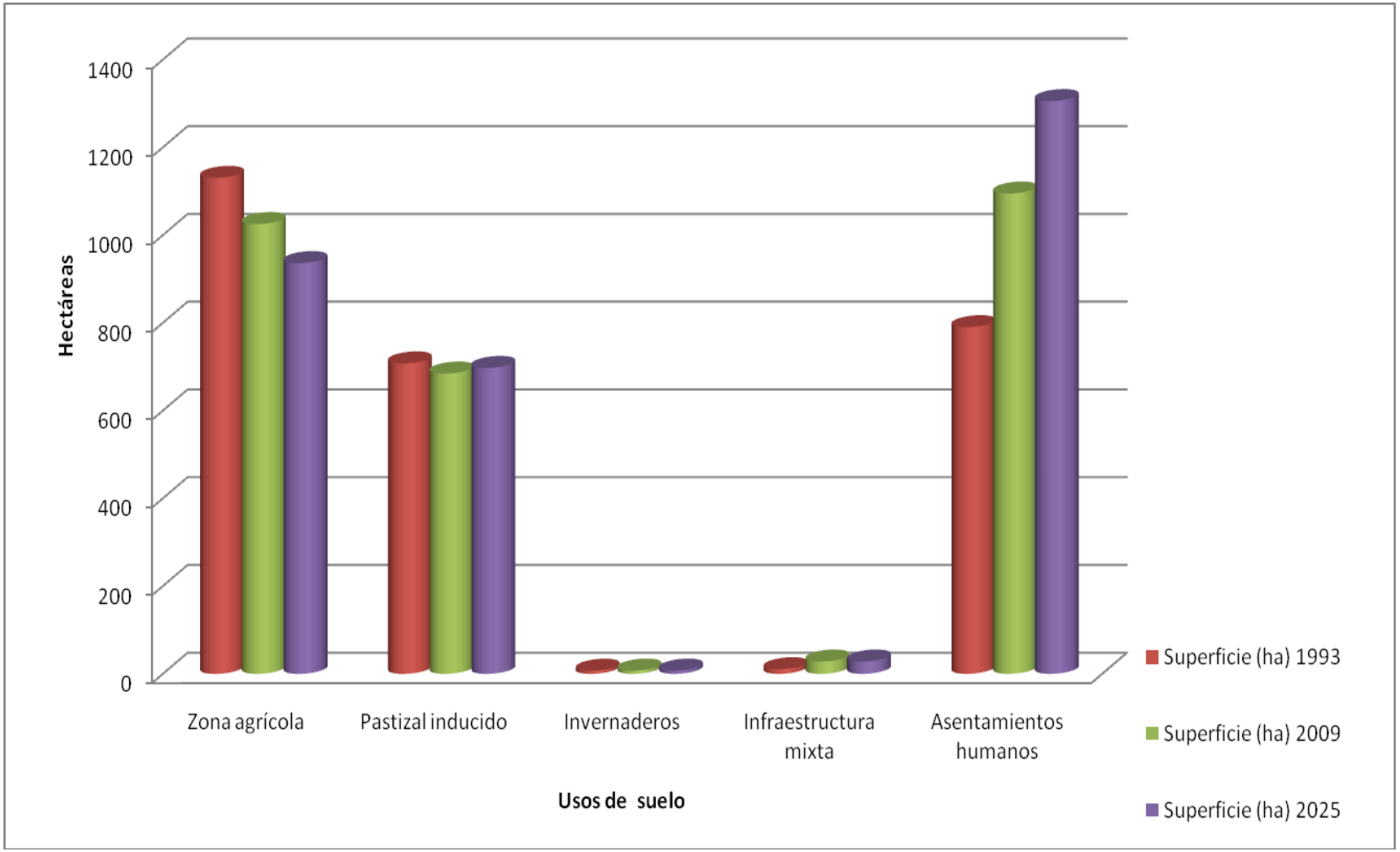


Figura IV.150. Tendencias del cambio de uso del suelo dentro del SAR para los próximos 16 años (Expresado en Ha)

Tabla IV.81. Fijación de CO_2 en el SAR

Uso De Suelo y vegetación	Fijación total 1993 (mg C/Ha)	Fijación total 2009 (mg C/Ha)	Fijación total 2025 (mg C/Ha)
Asentamientos humanos	0	0	0
Bosque de encino	438,791.43	401,829.12	376,867.26
Bosque de encino perturbado	195,324.80	219,299.52	233,196.48
Bosque de oyamel	35,038.36	34,983.62	34,914.60
Bosque de pino	12,297.46	10,907.54	10,069.78
Bosque de pino perturbado	1,436.4	2505.6	3,076.2
Bosque inducido de especies exóticas	40,648.44	43,168.74	41,063.22
Bosque mixto de pino-encino	230,530.3	216,061.35	206,936.3
Bosque mixto de pino-encino perturbado	62,556.92	73,853.61	80,387.11
Bosque templado con elementos mesófilos	7,079.52	7,121.66	7,094.57
Carretera pavimentada	0	0	0
Derecho de vía (CFE)	1,768.31	1,775.10	1,775.10
Infraestructura mixta	0	0	0
Invernaderos	64.71	67.14	66.51
Matorral rosetófilo crasicaule	12,150.2	12,144.67	12,144.67
Pastizal inducido	68,643.02	66,404.26	67,643.92
Rocas	0	0	0
Selva baja caducifolia	86,669.66	74,822.44	68,516.14
Selva baja caducifolia perturbada	121,920.24	116,114.58	111,599.22
Terracería	0	0	0
Vegetación riparia	8,596.56	1164.87	334.11
Vegetación riparia perturbada	2,982.84	8,212.88	8,206.52
Vegetación secundaria	162,070.95	161,615.85	164,706.84
Zona agrícola	101,743.20	92,271.60	84,266.10
Zona arqueológica	0	0	0
Zona de transición entre matorral rosetofilo y bosque templado	19,134.75	19,099.10	19,091.35
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	156,588.62	144,381.37	137,500.92
Zona sin vegetación aparente	837.60	832.20	742.80

Fauna

En el periodo 2009 a 2025 respecto al hábitat disponible para la fauna, se aprecia una reducción moderada, es decir, una pérdida de 144 Ha de vegetación primaria, esto corresponde al 1.22% de la superficie total del SAR. (0.27% de bosques templados, 0.92% de selva baja caducifolia y 0.02% de vegetación riparia), (Figura IV.151), está perdida de hábitat se focaliza principalmente en las zonas aledañas a las comunidades humanas (Tepoztlán, Colonia Ángel Bocanegra, Amatlán de Quetzalcoatl, Santiago Tepetlapa, San Juan Tlacotenco, Huachinantitla, Cuitzcuixcatla, Tlalnahuac, Xolatlaco, Col. Huilotepec, Ignacio Bastida (Santa Catarina Tlayca), Oacalco, Lázaro Cárdenas, Campo el Capulin), ya que se estima que para los próximos años el crecimiento de estas áreas será de 1.78% (210 Ha), este aumento se encuentra asociado por la pérdida de áreas agrícolas, elementos de selva baja caducifolia) y bosques templados, los cuales han fungido como áreas de alimentación y resguardo.

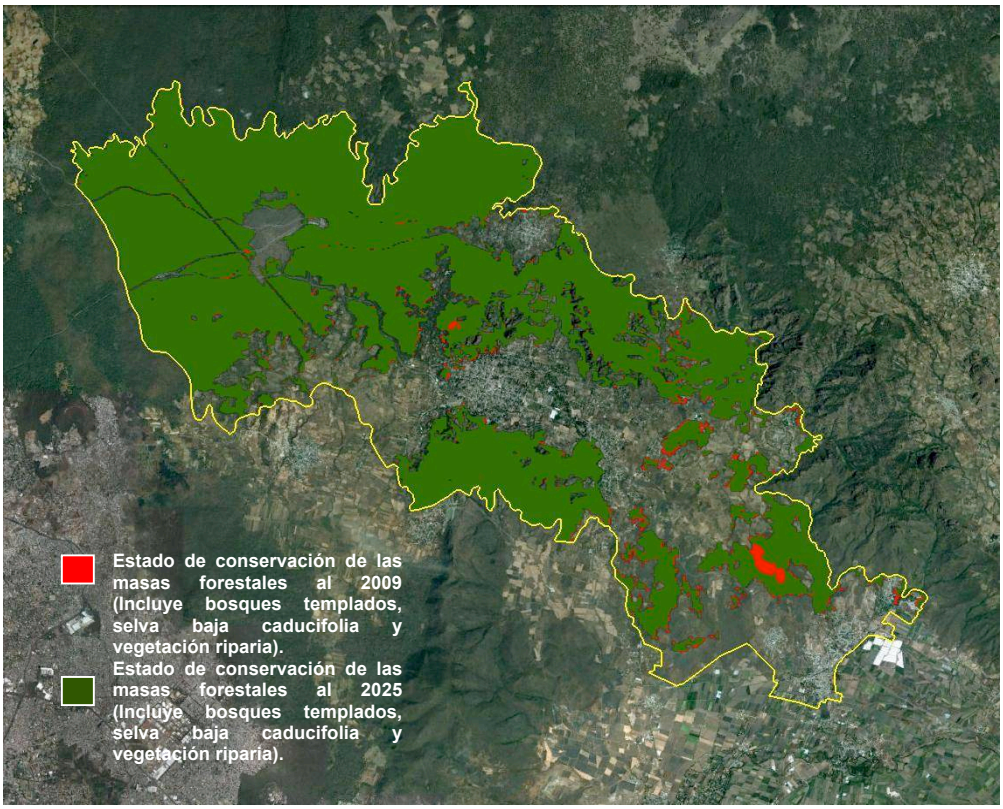


Figura IV.151. Distribución de las masas forestales dentro del SAR. En rojo se puede observar el estado de conservación de las masas forestales de acuerdo al uso de suelo y vegetación del 2009, en verde se aprecia el estado de conservación de las masas forestales al 2025, la perdida de hábitat para la fauna por cambio de uso de suelo ocupa 144 Ha

La modificación de hábitat en el periodo de 2009 al 2025 es atenuada por dos razones; la primera corresponde a las áreas transformadas (agrícolas, comunidades humanas, infraestructura, etc), en ella se desarrollan comunidades faunísticas asociadas a ambientes perturbados en este caso, especies oportunistas y cuyo umbral de tolerancia a las

actividades humanas es elevado, como ejemplo destacan distintas aves, entre ellas *Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Molothrus aeneus, Pyrocephalus rubinus, Hirundo rustica, Pitangus sulphuratus, Columbina passerina, Columbina inca, Columba livia*, así como diversos mamíferos de talla pequeña y mediana, entre ellos ratones, ardillas, murciélagos, tlacuaches, armadillos, zorillos, mapaches). El segundo factor corresponde a la recolonización de sitios perturbados por especies autóctonas de la zona, es decir, un aumento de la diversidad alfa, principalmente en bosque de encino perturbado, bosque mixto perturbado y bosque de pino perturbado, por el incremento de estas masas forestales a razón de 7.9 Ha al año (solo en bosques templados).

En términos generales se puede hablar de una reducción en el tamaño poblacional por efecto directo de la disminución del hábitat, pero en un orden de magnitud bajo (ya que la perdida de hábitat seria de manera paulatina, es decir 9.6 Ha por año (0.08% de la superficie total del SAR), está perdida en el hábitat no se concentrará en una sola región del sistema, por lo que no existirá perdida en diversidad beta y gama, sin embargo la diversidad alfa[13] presentara una reducción por el reacomodo de las poblaciones (migración de especies menos tolerantes hacia sitios más conservados y mayor concentración de especies generalistas en los bordes de las comunidades humanas y áreas con vegetación). Además del efecto directo sobre la reducción de hábitat para poblaciones de animales silvestres, también hay efectos indirectos como es la presencia misma de la gente, con su consecuente interacción con la fauna silvestre, como resultado se espera un aumento de conflictos entre el hombre y la fauna, considerada nociva (serpientes, ratones, mapaches, tlacuaches), así como los efectos de la fauna domestica y feral (gatos y perros que han escapado del control domestico) sobre la fauna silvestre que inciden principalmente sobre las poblaciones de lagartijas, serpientes, roedores y aves pequeñas.

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial al 2025 será de 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR equivalente a un volumen de 26.4 Mm^3, si se toma en cuenta que la degradación de las los bosques, principalmente, y los cambios de uso de suelo a pastizal o cultivos disminuyen, aumentan el escurrimiento y disminuyen la infiltración. En el presente el escurrimiento es de 222.7 mm/año, equivalente a 26.2 Mm^3, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. Las zonas que contribuirán al pequeño incremento en el escurrimiento superficial son aquellas ubicadas al Norte de la localidad de Tepoztlán: los bosques de encino, mixto de pino-encino y mixto de oyamel-encino-pino conservados se perturbarán, los bosques de encino perturbado se degradarán a pastizales o cultivos y al Poniente de la caseta de peaje de Tepoztlán (del Km 0 al Km 6+620), en ambos lados de la carretera La Pera Cuautla, la zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado se degradará a pastizales y cultivos (Figura IV.152). La distribución del escurrimiento no cambiará, excepto las magnitudes esperadas en las franjas límite de las comunidades vegetales y usos de suelo mencionados, sobre todo en las supramicrocuencas Quiahuistepec y Acolapan

[13] *Diversidad Alfa*: es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. En orden de magnitud la perdida de este tipo de diversidad es variable y difícil de cuantificar debido a los efectos acumulativos del desarrollo antrópico que se dará alrededor del SAR. En este contexto es importante recordar que a diferencia de la vegetación, la fauna es móvil y no responde a las fronteras geopolíticas o de planeación generadas por el hombre.

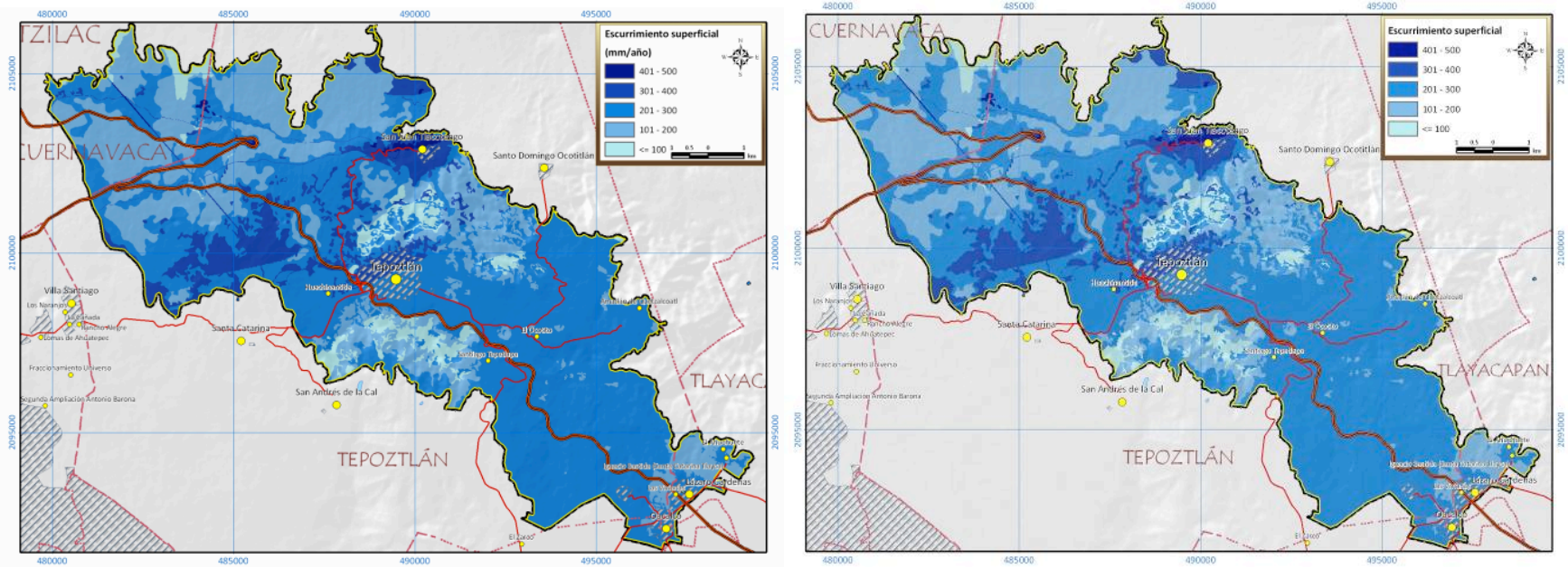


Figura IV.152. Izquierda: Mapa de escurrimiento superficial actual. Derecha: Mapa de escurrimiento superficial tendencial al 2025

Infiltración

Para el 2025 se espera una infiltración promedio de 215.7 mm/año dentro de todo el SAR (11,776.4 Ha) que equivale a 25.4 Mm^3, mientras que en el presente se calculan 217.1 mm/año equivalentes a 25.6 Mm^3. Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Existe una mínima y pequeña zona de recuperación de infiltración, debido a la restauración de un fragmento de bosque de oyamel, ubicado entre la autopista México-Cuernavaca, la antigua vía de ferrocarril entre Coajomulco y San Juan Tlacotenco y la línea de transmisión eléctrica de alto voltaje (19.2 Ha). Donde habrá degradación de la cubierta vegetal, y por consiguiente una disminución en la infiltración, serán las zonas ya conocidas en el Norte y Poniente del SAR, por la degradación de los bosques principalmente; y en el Suroriente del SAR por el avance de los asentamientos humanos y la agricultura, sobre pastizales, vegetación secundaria y selva baja caducifolia, en su mayor parte. Este proceso de urbanización, y en ocasiones de expansión de la frontera agrícola sobre terrenos con escasa vegetación natural, se efectuará entre las localidades de Tepoztlán, Santo Domingo, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa, siendo el Km 14 de la carretera La Pera-Cuautla y las colonias El Pedregal y Chisco, los límites hacia el Sur, de la zona de disminución de infiltración. Hacia la caseta de peaje de Oacalco no se registrarán mayores cambios en esta variable hídrica. El proceso de disminución de infiltración es casi homogéneo en todo el SAR, exceptuando las partes bajas de las supramicrocuencas Apanctezalco y Tepecapa (Figura IV.152).

Erosión total

En el presente la erosión total promedio es de aproximadamente 53.0 ton/(Ha*año) equivalente a 624,397.1 ton/año, mientras que para el 2025 se espera una disminución neta hasta las 52.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 612,906.3 ton/año. Lo anterior significa una disminución de 1.9% en el mencionado período de tiempo. La disminución en la erosión se presentará en aquellas zonas donde los asentamientos humanos ocuparán el territorio de pastizales y campos agrícolas, y donde los pastizales habrán recuperado terreno frente a parcelas abandonadas de agricultura de temporal.

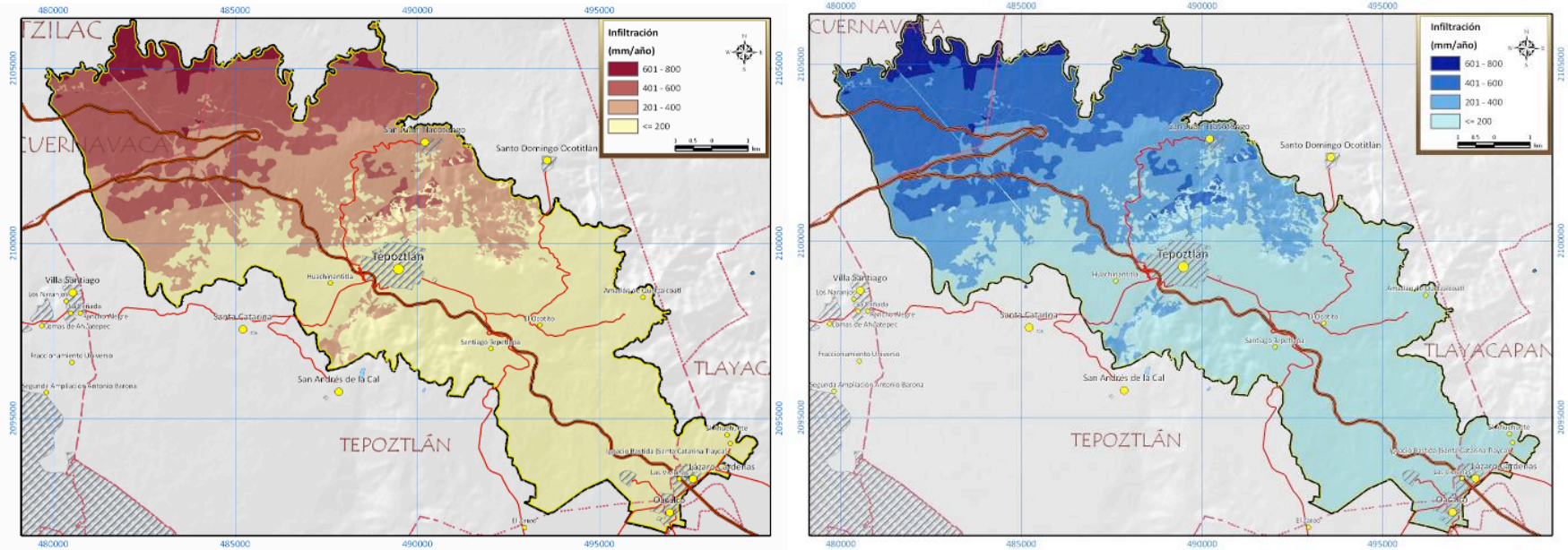


Figura IV.153. Izquierda: Mapa de infiltración del acuífero actual. Derecha: Mapa de recarga del acuífero tendencial al 2025

El crecimiento de los asentamientos humanos será alrededor de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa, mientras que la recuperación de pastos se efectuará al poniente del Cerro Zematzin, sobre el Km 15 de la carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán, donde también se presenta el fenómeno de venta de terrenos para construcción de vivienda residencial. El aumento de la erosión, se dará en menor medida, solo en pequeñas regiones, por la degradación de los bosques para cultivos y pastoreo de menor escala (Figura IV.154).

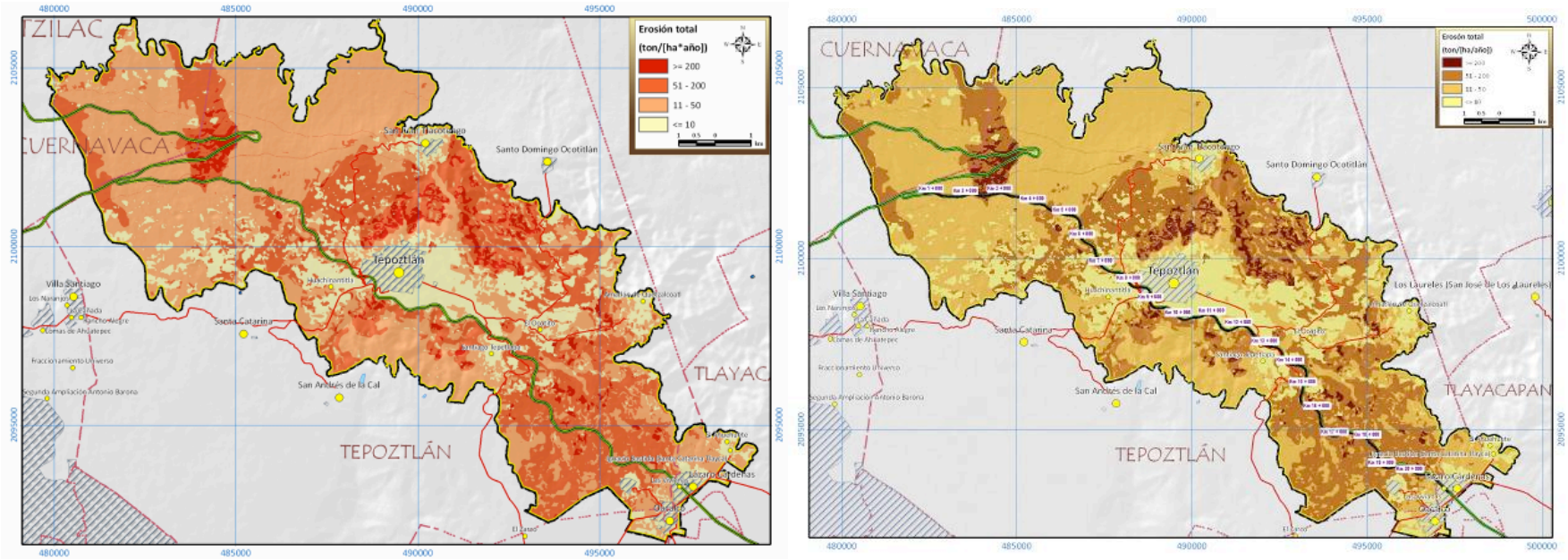


Figura IV.154. Izquierda: Mapa de erosión potencial total actual. Derecha: Mapa de erosión potencial total tendencial al 2025

Fragilidad

La fragilidad ambiental se entiende como el conjunto de propiedades del sistema ambiental para resistir una actividad, es decir para experimentar la mínima alteración por la misma. De esta forma, el impacto ambiental generado en un sistema dependerá en gran medida de su calidad y fragilidad ambiental. Por lo que los impactos van a ser mayores cuanto mayor sea la calidad y la fragilidad del medio en el que se emplaza la nueva actividad, independientemente a la que se refiera.

Acorde con esto, el SAR actualmente en términos generales está regido por la categoría *resistente* en un 36.80% (4,326.61 Ha) y por la categoría *ligeramente frágil* en 35.56% (4,180.60 Ha); en el primero de los casos se trata de zonas agrícolas intercaladas con vegetación secundaria, en donde se desarrollan también asentamientos humanos; las zonas ligeramente frágiles hacen referencia a zonas ocupadas por el matorral rosetofilo cracicaule; conjuntamente estas dos categorías ocupan más de la mitad del Sistema, subsecuentemente, se encuentran las zonas frágiles (25.55%) que también representarían una parte significativa del polígono, las cuales hacen referencia a sitios ocupados por bosques de pino, encino y oyamel en diferentes estados de conservación, consecuentemente las zonas *muy resistentes* en donde se asientan la gran mayoría de los asentamientos humanos del SAR solo ocupan 1.18% y las *muy frágiles* 0.90% donde se muestran los bosques templados con elementos mesófilos; de esta forma en un escenario tendencial a 15 años se espera se siga dando el mismo comportamiento y dinámica que hasta el momento ha tenido el SAR, lo que se verá evidenciado en los incrementos y decrementos poco significativos de cada una de estas categorías de fragilidad en términos tendenciales (Figura IV.155).

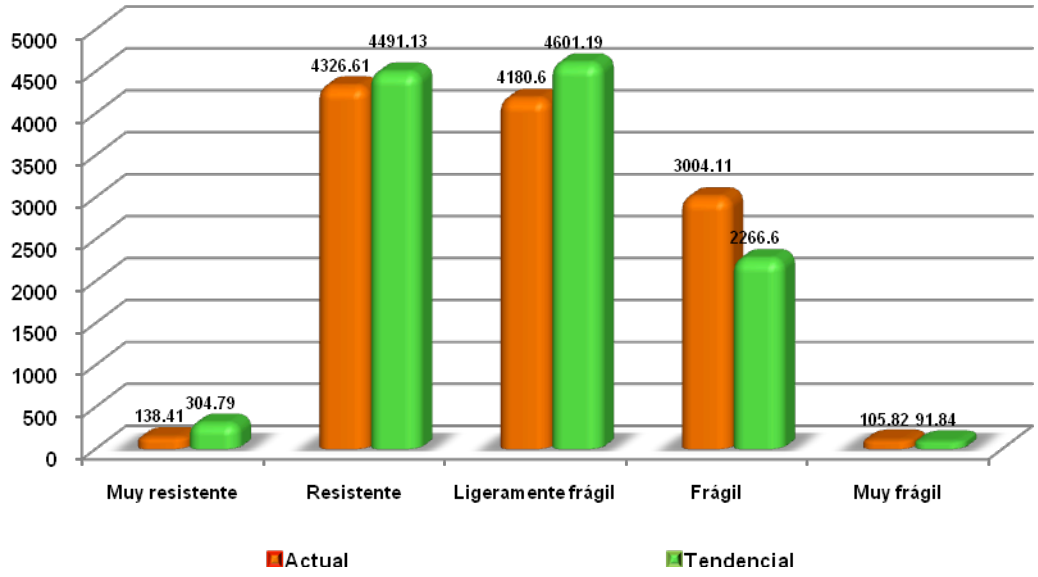


Figura IV155. Comparación del estado actual y el tendencial al 2025 de la fragilidad ambiental del SAR en sus cinco categorías

En tanto, analizando los resultados obtenidos para la fragilidad tendencial del SAR, en este periodo de 15 años, se espera un incremento poco significativo de las zonas resistentes,

ligeramente frágiles y muy resistentes; las zonas *resistentes* en este lapso ganaran 164.52 Ha, con lo que para el 2025 contaran con 4,491.13 Ha, ocupando un 38.20% del SAR. Las zonas *ligeramente frágiles* también aguardan un incremento del orden de las 420.59 Ha, con lo que contaran para este mismo tiempo con 4,601.19 Ha (39.14%) de las 4,180.60 Ha que ocupaban actualmente. La expectativa que se tiene de las zonas muy resistentes también presenta un comportamiento similar, pues tenderán a extenderse en 166.38 Ha, con lo que contaran con 4,491.13 Ha, lo que representa el 2.59% en contraste con el 1.18% que conforman actualmente (Figura IV.156).

A diferencia de esto, las zonas frágiles y muy frágiles tenderán a decrecer; pues las primeras, perderán 737.51 Ha, con lo que solo ocuparan 2,266.60 Ha, lo que representará el 19.28% a diferencia del 25.55% que ocupan en este momento. Las zonas catalogadas como muy frágiles, para el 2025 solo representaran el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significara un decremento de 13.98 Ha.

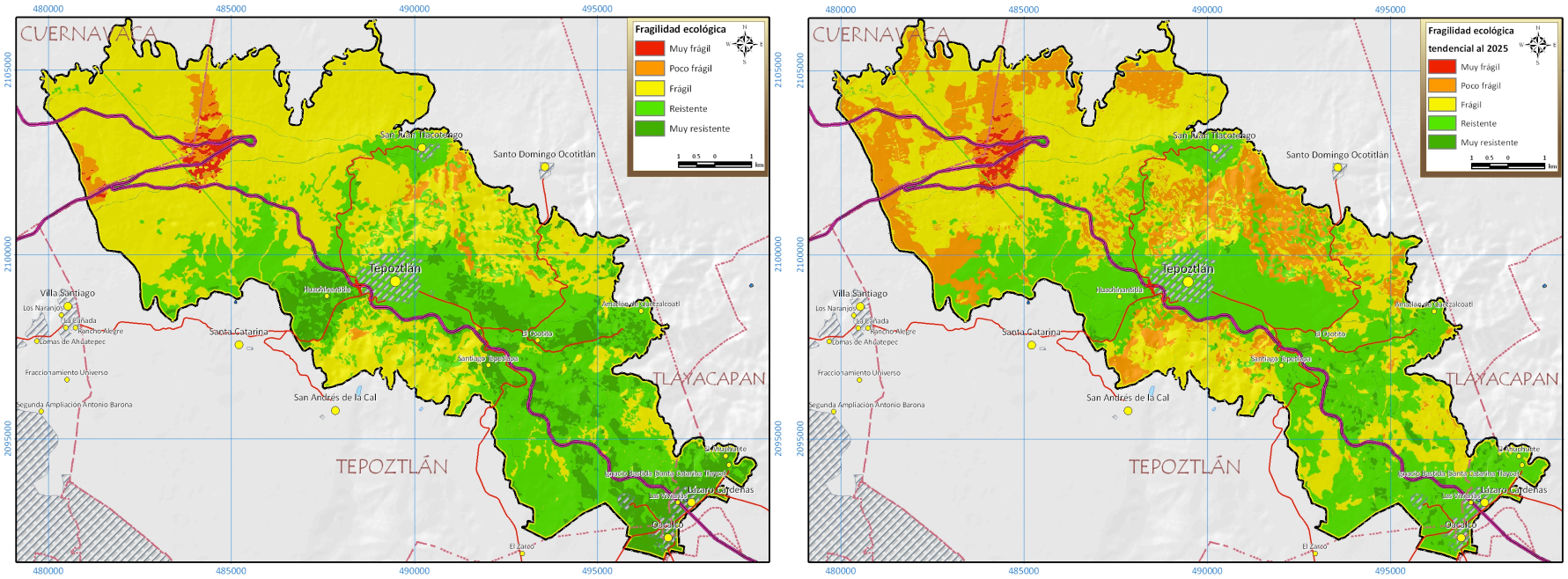


Figura IV.156. Arriba: Mapa de fragilidad actual (izquierda). Mapa de fragilidad tendencial al 2025 (derecha)

Estado de conservación

El SAR revela diferentes categorías de conservación, esto dependiendo de la zona a la que se refiera, debido principalmente a la influencia humana, es decir a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen; en este sentido, actualmente un 41.84% (4,918.90 Ha) del Sistema Ambiental presenta condiciones de Conservado, y el 14.40% (1,692.27 Ha) a zonas muy conservadas, en ambos casos se trata de zonas preferentemente ocupadas por bosques templados, es decir encino, pino, oyamel, pino-encino, tanto en estado de conservación como con evidencias de perturbación. Por otro lado, las zonas perturbadas ocupan 2,844.18 Ha (24.19%), las muy perturbadas 1,793.75 Ha (15.26%), y las ligeramente perturbadas 506.45 Ha (38.52%) en estos casos se refieren a zonas con desarrollo de vegetación secundaria o perturbada, zonas destinadas al desarrollo de las actividades primarias y al ocurrente asentamiento humano (Figura IV.157).

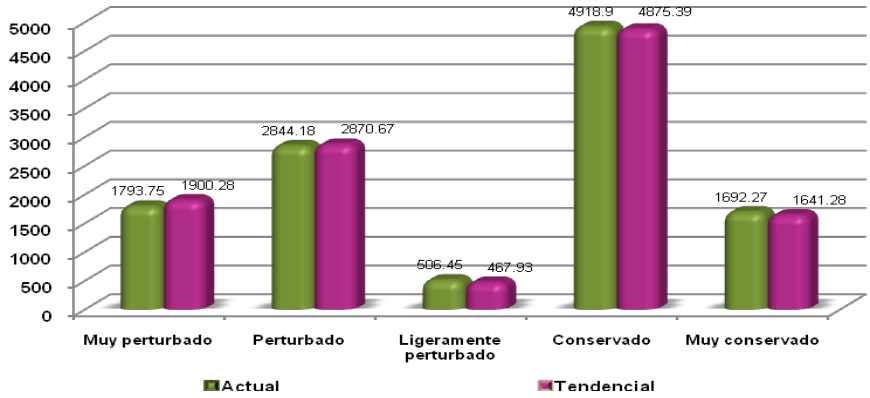


Figura IV.157. Comparación del estado actual y el tendencial al 2025 del estado de conservación del SAR en sus cinco categorías

Tomando en cuenta las superficies actuales que ocupan las seis categorías y evaluando los resultados de la aplicación de la metodología expuesta en el apartado IV.4.1, podemos inferir que el estado de conservación tendrá un comportamiento similar al de la fragilidad ambiental, por lo que tampoco se presentaran incrementos y decrementos significativos; de esta forma encontramos que para el 2025 las zonas catalogadas como Muy perturbadas se incrementaran en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.

A diferencia de esto las zonas que tienden a tener un decremento en este mismo período serán las zonas conservadas, muy conservadas y las ligeramente perturbadas (Figura IV.158); de esta forma, encontramos que en un escenario tendencial a 15 años las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR. Las zonas conservadas tendrán también una perdida, esta será de 43.51 Ha, reduciéndose de este modo a 4,875.39 Ha (41.47%). Finalmente, las ligeramente perturbadas se reducirán al 3.98%, con una superficie total de 467.93 Ha a diferencia de las 506.45 Ha que ocupan actualmente, lo que representara una disminución de 38.52 Ha

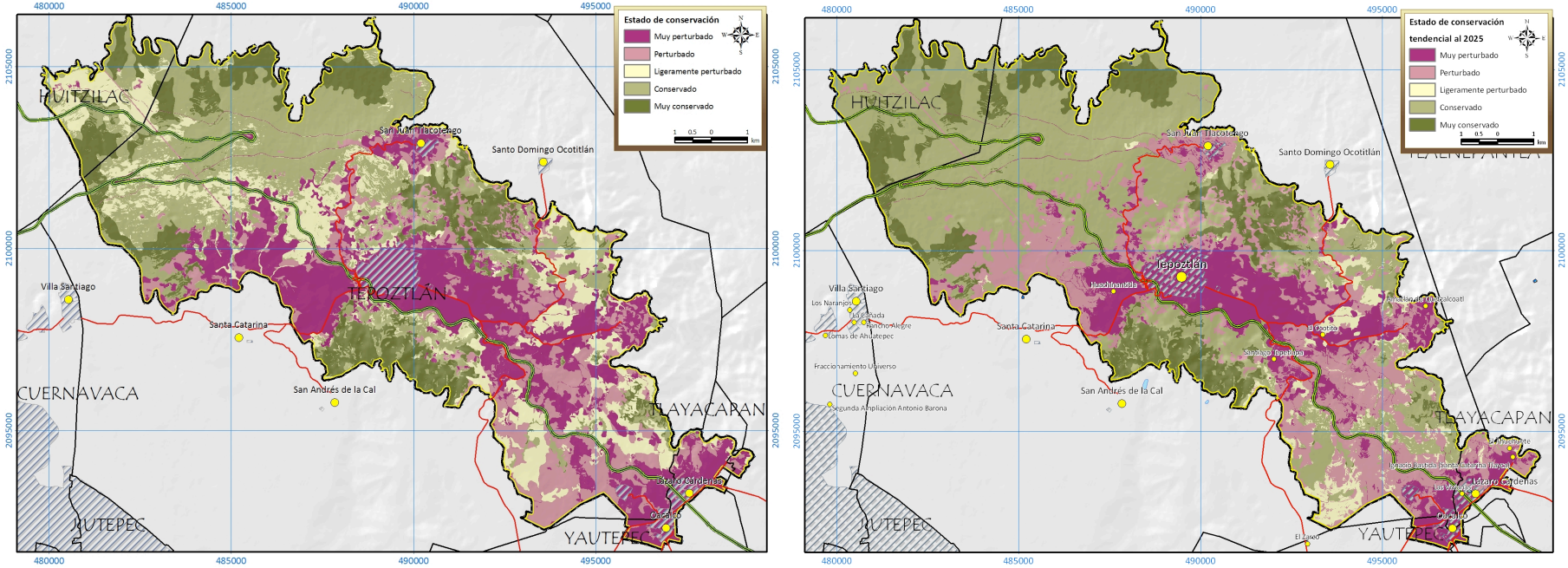


Figura IV.158. Mapa estado de conservación actual (izquierda). Mapa estado de conservación tendencial al 2025 (derecha)

Diagnostico tendencial

El diagnostico ambiental tendencial es quizás uno de los aspectos más importantes para tener un acercamiento más preciso de lo que se prevé pueda ocurrir dentro del Sistema Ambiental en determinado tiempo; la ventaja de un escenario tendencial es conocer la modificación en el diagnóstico ambiental en el tiempo, ya que es el diagnóstico el elemento aglutinador del estado del SAR. Por lo que se aplicó al escenario tendencial, el método explicado en el apartado IV.4.1, con los mismos indicadores.

Partiendo de lo actual encontramos que el 26.97% (3,170.84 Ha) del SAR presenta zonas catalogadas como ligeramente frágiles y conservadas, otro 21.50% lo representan las resistentes y perturbadas, lo que se traduce en 2,527.64 Ha; las zonas frágiles y conservadas ocupan 1,656.35 Ha constituyendo el 14.09%; y las zonas resistentes y muy perturbadas que componen el 13.77% del SAR, es decir 1,618.35 Ha. No obstante, en un escenario tendencial a 15 años los resultados señalan que las zonas consideradas como *ligeramente frágiles y conservadas* tenderán a crecer en 553.03 Ha frente a las zonas *frágiles y conservas* que tenderán a decrecer, esta categoría actualmente ocupan 1,656.35 Ha, y se pronostica para el 2025 solo ocupen el 9.09%, es decir 1,068.32 Ha.

Las zonas que también tendrán un crecimiento significativo son las *muy resistentes y perturbadas* con un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas *resistentes-perturbadas* y *muy perturbadas*, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente, esto debido principalmente al crecimiento de la mancha urbana, pues aunque el OET lo regula si se esperan cambios (Figura IV.159). Las zonas *frágiles* (ligeramente perturbadas, muy conservadas y perturbadas) tenderán a reducirse aunque esto no constituye una forma representativa, pues su decremento figura menos del 10%.

Es importante mencionar que las tendencias y su diagnóstico consideraron las políticas del OET de Tepoztlán ya que actualmente está publicado y se encuentra vigente, por lo que el deterioro es el menor, sin embargo en caso de incumplirse este OET la perturbación podría ser mayor. En la Tabla IV.56, se presenta un resumen de lo expuesto en párrafos precedentes se describe la afectación, la tendencia y con ello se infiere un escenario a 15 años si las tendencias no fueran modificadas.

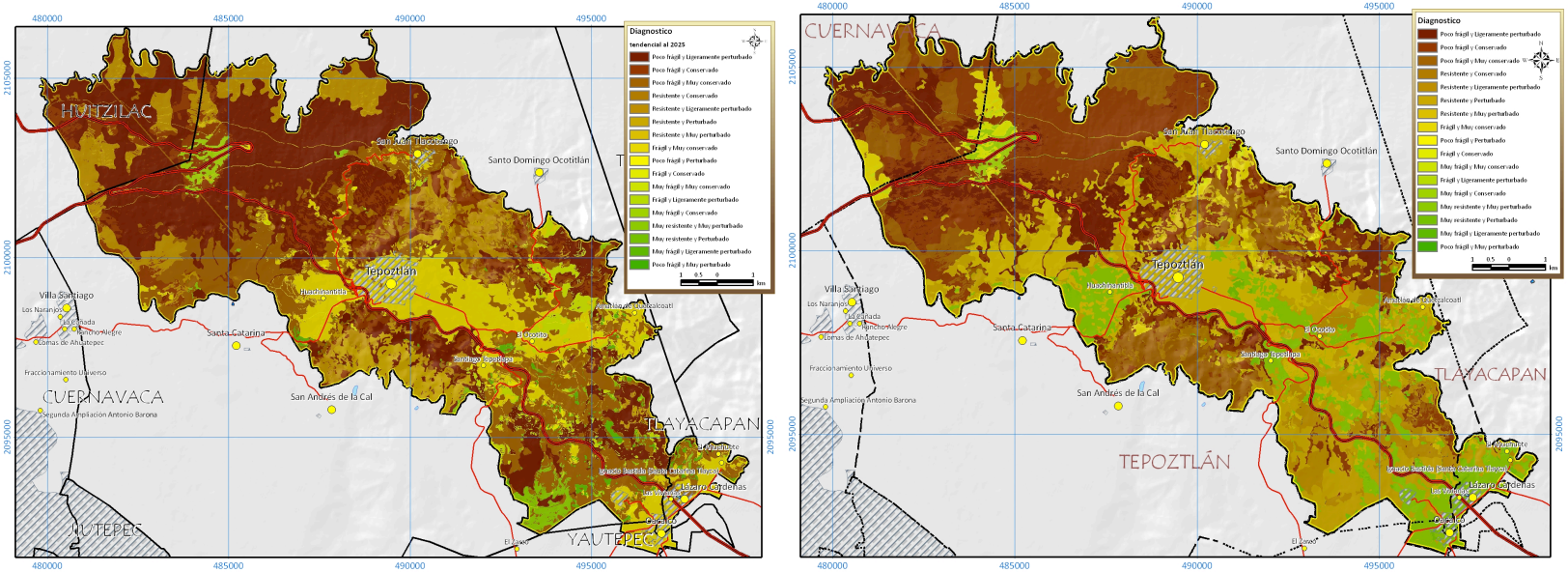


Figura IV.159. Izquierda: Mapa diagnostico actual. Derecha: Mapa diagnostico tendencial al 2025

Tabla IV.82. Tendencia de cambio en el SAR y escenario a 15 años, sin proyecto ni MM

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Socioeconómico	• El crecimiento anual de la población en Morelos es de 4%, En el caso del SAR, en promedio se tiene una tasa del 1.88%. • La población en el SAR es de 27,717 habitantes. El municipio que concentra mayor población es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%) Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 hab (5.53%). • La pirámide poblacional en el SAR se compone en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años;30% menor de 14 año; la población mayor de 60 años, ronda el 15% en promedio. • Los asentamientos humanos en el SAR en 1993 ocupaban 790.23 Ha, para el 2019 ocupan 1094.84 Ha. • La vocación económica del SAR se orienta hacia las actividades del sector terciario principalmente turísticas, ya que posee factores naturales y culturales que representan variables potenciales de crecimiento para lograr atraer la atención del turismo histórico, cultural y el ecológico, además de ser zona eje para recorridos regionales hacia las zonas de los balnearios, ruta Zapata, ruta de los Conventos, entre otras. Tepoztlán recuperó su posición dentro de los Pueblos Mágicos y el gobierno federal lo considera para incluir en programes federales como el circuito turístico denominado “La magia de nuestras tradiciones y la naturaleza”, con ello se espera incrementar sustancialmente la afluencia de turistas a la zona. La importancia económica del turismo radica en que este rubro significa el 9% a nivel nacional del Producto Interno Bruto y el 12 a nivel estatal. • El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001- 2006 establece dentro de sus políticas para Tepoztlán y los municipios en el SAR, el establecimiento de reservas territoriales que satisfagan el crecimiento urbano de forma ordenada. Establecer programas de ampliación, mejoramiento y construcción de la infraestructura básica y el equipamiento urbano. Reactivar la cadena productiva en el sector primario, aprovechando al máximo el suelo apto y la tecnología de punta, principalmente en zonas cercanas a los centros urbanos, en donde la mancha urbana ha reducido los espacios cultivables. Impulsar programas de aprovechamiento del potencial turístico, mediante la promoción en el ámbito nacional e internacional de los recursos naturales, históricos y culturales existentes en la entidad; para el medio ambiente; conservación y control de los ecosistemas de la zona, que por sus características son considerados como protegidos y prohibidos para su	• CONAPO señala que la tasa de crecimiento de Morelos rondara el 4.4%, los municipios en el SAR se mantendrán con una tasa promedio del 2%. • La población en el SAR se incrementará 42.32%, asciende a 39,449 habitantes. El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial, así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización. • La población entre 0 y 14 años se incrementó en 1.2%; la que se ubica en el rango de entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% la población mayor a 65 años se incrementarán en 113.47%. • Para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos a 1,305.59 Ha, a costa de las zonas vegetadas (bosque de encino perturbado; de pino perturbado; inducido de especies exóticas; mixto de pino – encino perturbado; templado con elementos mesófilos; invernaderos; pastizal inducido; Selva baja caducifolia y Selva baja caducifolia perturbada. • El turismo se consolida como el eje motor sobre el cual gira la economía en el SAR y las actividades agropecuarias se mantienen estables. • El crecimiento urbano y el desarrollo económico estará especialmente influenciado por el aumento de la atracción de inversiones turísticas y el incremento, de manera significativa, del ecoturismo, ligado a instrumentos políticos para su atracción, como el Plan de Desarrollo Urbano estatal y los planes de desarrollo municipales. • Se fortalecerá aun más el sector turismo

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
	urbanización; control de las áreas con potencial para su explotación en el uso urbano con medidas restrictivas, en aquellas zonas con actividades agrícolas de productividad baja. • El PMD y el Gobierno Estatal, establecen programas para fortalecer la inversión en el sector turístico de la región.	
Uso de suelo y vegetación	• La tendencia que se obtuvo al comparar los escenarios 1993-2009, es perdida de vegetación forestal principalmente procedente de la selva baja caducifolia, frente al crecimiento de áreas urbanas. • La mancha urbana además crece hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. • Los bosque templados han mostrado un cambio generalmente de bosques conservados a bosques perturbados, esto no se genera por el cambio de uso del suelo de forestal a otros, sino que puede deberse a factores de incendio, plagas, extracción de recursos forestales etc. • La vegetación riparia ha disminuido su área conservada y se han incrementado las perturbadas, la tendencia indica que las zonas perturbadas permanecerán con las 38.7 Ha existente y la conservada disminuirá hasta tener 1.11 Ha. Los asentamientos humanos y los desechos urbanos son el principal factor de disturbio para este ecosistema. • Los terrenos agrícolas han tenido una disminución, en 1993 existían 1130.48 Ha para cultivo, en el 2009 existen 1025.24 Ha, por lo que se han dejado de trabajar 105.24 Ha, esto está vinculada con la lotificación y venta de terrenos para viviendas. • Los asentamientos humanos van en aumento, en 1993 existían 790.23 ha, para el 2009 1,094.84 Ha, estas se desarrollaran principalmente en las zonas agropecuarias y de selva baja o acahual, mas no en los bosques de climas templados.	• Los bosques templados se mantendrán prácticamente igual en su extensión, sin embargo las zonas conservadas disminuirán y se incrementaran las zonas perturbadas. Esta asociación de bosque templado incluye el bosque de oyamel, pino, encino y mixto en todas sus combinaciones, perturbado y conservado. • La selva baja caducifolia tendrá en el 2025 una extensión de 1,253.06 Ha, es decir 73.67 ha menos que en la actualidad • La vegetación riparia seguirá sometida a factores antrópicos que llevaran a la reducción de solo 1.11 ha, actualmente existen 3.87 ha de vegetación riparia conservada. La vegetación perturbada se mantendrá igual con 38.7 Ha • Las zonas agropecuarias, específicamente las dedicadas a la agricultura tendrán una disminución de 88.95 Ha, las zonas de pastizales inducidos dedicadas a la ganadería se mantendrán estables con 697.36 Ha, actualmente existen 684.58 Ha. • Las zonas de ecotono o transición se mantendrán estables en su área .El matorral rosetófilo con el bosque templado mantendrán 123 Ha dentro del SAR • La selva baja caducifolia con el bosque templado mantendrán para el 2025 las 712 Ha, actualmente existen 748 Ha. El crecimiento urbano se desarrollara hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. Actualmente existen 1094.84 Ha para el 2025 se incrementaran,

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
		210.75 Ha más.
Fijación de Carbono	• La fijación de carbono depende directamente del uso de suelo y vegetación. Como las asociaciones vegetales que más fijan carbono son las de bosque templado y estas tendrán una disminución, esta merma se presenta de forma general en la disminución de fijación de carbono	•La tasa de fijación de carbono para el 2020 en todo el SAR se espera en 1'670,199.72 mgC/año, actualmente se fijan1'708,636.82 mgC/año lo que significa una pérdida de fijación en 38,437.1 mgC/año que corresponde al 2.24% de lo que se fijaba en el 2009.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Fauna silvestre	• Sustitución de la cubierta vegetal secundaria. La tendencia es un reacomodo de la composición faunística, principalmente en la selva baja caducifolia perturbada y en las áreas agrícolas y zonas de transición, esto debido a la pérdida de 34.34 Ha al año de Agrosistemas, por el aumento de las actividades antrópicas en la zona, lo que se traducirá en la dispersión de aquellas especies menos tolerantes hacia zonas menos impactadas y áreas conservadas de selva baja y bosque de encino • Pérdida de hábitat por incremento de 118.5 Ha de vegetación primaria. En los últimos 50 años el SAR ha perdido aproximadamente 5.07% de la vegetación primaria, debido al aumento de las actividades agrícolas, restringiendo a las especies más susceptibles a hacia la selva baja caducifolia conservada y bosques de encino conservados ubicados al Este del SAR, estas aéreas corresponden a los sitios más conservados, la apertura de estos sitios favorecieron la presencia de granívoros y carnívoros generalistas como tlacuache, mapache y cacomixtle, esto debido a la abundancia de pequeños vertebrados asociados a los agrosistemas.	• Aumento de especies generalistas hacia los bordes de asentamientos humanos, debido a La presencia de residuos domiciliarios (basura), Se generará un desplazamiento de especies menos tolerantes (aves de rapiña, serpientes) hacia los ecosistemas menos impactados (interior de selva baja caducifolia conservada y bosques de encino) La tendencia para los próximos 15 años es una pérdida de hábitat hacia los bordes de la selva baja caducifolia perturbada y áreas agrícolas, estado debido a que dichas regiones serán aprovechadas para la expansión de las comunidades humanas, está perdida se cuantifica en 144 Ha, es decir 9.6 Ha por año, desde la actualidad al 2025.
Suelo	• En el presente, la erosión total promedio es de aproximadamente 53.0 ton/(Ha*año). Existen ciertas zonas de cultivo en las partes altas del SAR, al norte, sin embargo la mayor parte de la superficie cultivable se encuentra en el sur, con pendientes moderadas. El mayor crecimiento urbano que afecta a las comunidades vegetales conservadas se encuentra al pie de los cerros Tepozteco y Zematzin, por la construcción de residencias. Actualmente se erodan potencialmente 624,397.1 ton/año y en el 2025 se espera un decremento de hasta 612,906.3 ton/año., lo que refleja una conversión productiva, donde los cultivos se han abandonado para que la población se avoque al sector comercio y servicios.	• Para el 2025 se espera una disminución de hasta 1.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 11,776.4 ton/año. Lo anterior significa un decremento de 1.9% en el mencionado período de tiempo. Se espera una disminución de la superficie de zonas de pastizales y cultivos que estarán ocupados por viviendas dentro y alrededor del Valle de Atongo, en las localidades de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa.
Infiltración	•En el presente se calculan 217.1 mm/año (2.6 Mm^3) mientras que al 2025 se esperan 25.4 Mm^3. Los sitios amenazados son las supramicrocuencas Quahuistepec y Acolapan, por el aprovechamiento de los bosques.	• Para el 2025 se espera una recarga promedio de 215.7 mm/año en todo el SAR (25.4 Mm^3). Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Las principales afectaciones dentro del SAR se darán en el Poniente, Norte y centro del SAR.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Escurrimiento	•En el presente, el escurrimiento calculado es de 222.7 mm/año y la mayor parte de él, se concentra en la comunidad de San Juan Tlacotenco, Tepoztlán y Norte de Santa Catarina. En el presente escurre un total de 26.2 Mm3.	• El escurrimiento superficial al 2025 será hasta los 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. El volumen de escurrimiento esperado es de 26.4 Mm^3. Las principales zonas que contribuirán al incremento del escurrimiento son las degradadas a partir de bosques conservados o perturbados. • El aumento del escurrimiento se deberá al incremento en la superficie de suelos desnudos o desprovistos de vegetación para actividades como el pastoreo o la agricultura de temporal.
Fragilidad	•Actualmente el SAR está regido por la categoría *resistente* en un 36.80% (4,326.61 Ha) y por la categoría *ligeramente frágil* en 35.56% (4,180.60 Ha) y en un escenario a 15 años, se espera un incremento poco significativo de las zonas resistentes, ligeramente frágiles y muy resistentes, a diferencia de esto, las zonas *frágiles* y *muy frágiles* tenderán a decrecer.	Las zonas *resistentes* ganaran 164.52 Ha, contando para el 2025 con 4,491.13 Ha (38.20%). Las *ligeramente frágiles* se incrementarán 420.59 Ha, contando con 4,601.19 Ha (39.14%). Las *muy resistentes* también presenta un comportamiento similar, pues se extenderan 166.38 Ha, representando 4,491.13 Ha (2.59%). • En oposición a esto las zonas frágiles perderán 737.51 Ha, ocupando solo 2,266.60 Ha (19.28%). Las zonas muy frágiles, para el 2025 solo representaran el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significara un decremento de 13.98 Ha.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Estado de conservación	El SAR muestra diferentes categorías de conservación, dependiendo de la zona a la que se refiera, debido esto principalmente a la influencia humana, es decir a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen, en un escenario a 15 años las zonas que tendrán un decremento son las zonas conservadas, muy conservadas y las ligeramente perturbadas; constrastantemente las zonas que tenderán a crecer son las perturbadas y muy perturbadas.	En un escenario tendencial a 15 años las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR; a diferencia de esto, las zonas catalogadas como Muy perturbadas se incrementaran en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.
Diagnóstico	•Las zonas muy perturbadas tenderán a crecer, ya que dependen en buena parte del crecimiento urbano, además de la intervención humana sobre todo en sitios conservados por la extracción de recursos naturales o por factores de incendio y plagas; este crecimiento será a costa sobre todo de las zonas ligeramente frágiles y perturbadas y en menor dominio las frágiles y conservadas, pues la mancha urbana tendera a crecer sobre áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería, por lo que el balance para estas zonas será negativo.	Las zonas muy resistentes y perturbadas tendrán un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas resistentes-perturbadas y muy perturbadas, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente; actualmente estas zonas ocupan 2,527.64 y 1,618.35 Ha, para el 2025 se incrementaran en 2,600.45 y 1,700.49 Ha respectivamente, significando esto un incremento de cerca del 6%. • Las zonas frágiles tenderán a reducirse perceptiblemente; pues actualmente ocupan 3004.11Ha y para el 2025 solo ocuparan 2,266.60 Ha, con una perdida de 737.51 Ha frente al incremento de las ligeramente frágiles y conservadas que tendrán para este periodo un drecremento de 553.03 Ha.

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1. Identificación de las Afectaciones a la Estructura y Funciones del Sistema Ambiental Regional (SAR)

Con el fin de identificar y analizar los impactos ambientales que el proyecto podría provocar o agravar en el Sistema Ambiental Regional (SAR), y en seguimiento a lo indicado en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, de modalidad regional (MIA-R), se procedió de la siguiente manera:

1. Se determinaron las actividades principales que componen el proyecto con su descripción y los factores ambientales del SAR que podrían sufrir alguna alteración debido al proyecto; y se presentó una matriz de interrelaciones en cuyas filas se incluyen las actividades de la obra y en las columnas los factores ambientales identificados, se colorea en azul la intersección cuando la modificación de la obra puede resultar benéfica y en rojo cuando ocasiona una alteración adversa. Se describen las interrelaciones identificadas en la matriz y se discute si son perceptibles o no a escala del SAR, las no perceptibles, ya no son analizadas ni incluidas en los impactos planteados en el punto 2;

2. Se agrupan las interrelaciones en impactos ambientales que pueden ser o no significativos, en los términos de la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental y se describen en forma global;

3. Se describe y se aplica el método de valoración de impactos ambientales y se diferencian impactos significativos de los no significativos; se hace una descripción detallada de los impactos en cuanto a su magnitud, duración, extensión, sinergia e interés; y,

4. Se elabora un escenario tendencial ambiental modificado por el proyecto, con el propósito de discernir y evaluar los impactos sinérgicos, acumulativos y residuales del SAR con el proyecto.

V.2. Descripción de las actividades de la obra, factores ambientales y presentación interrelaciones

V.2.1 Descripción de actividades de la obra

La obra se dividió de acuerdo a su presentación en el Capítulo II de este estudio, en preparación del sitio, construcción y en operación y mantenimiento.

Preparación de sitio

Liberación del derecho de vía: Se refiere a la compra de terrenos del derecho de vía, no obstante, en esta obra no se liberará derecho de vía, debido a que toda la modernización se realizará sobre el derecho de vía de la carretera en operación. Esta actividad no se incluirá en la matriz de interrelaciones debido que no se llevará a cabo (Tabla V.2).

Desmonte: Se refiere a la remoción de vegetación de porte arbóreo y arbustivo, mediante medios mecánicos (tractor de orugas, Terex 82-40 o similar), y manuales (sierras y amarraderas), de acuerdo a las condiciones de cada sitio. Se estima que la actividad afectará un total de Bosques de elementos exótico de 89.681 Ha, que se sembraron en 1968 después de construido el cuerpo actual; en dicha época se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exóticas y alguans autóctonas; por eso hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas.

El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,325.167 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol), provenientes de 2,825 árboles (Anexo 6).

Despalme: Esta actividad comprende en el retiro del primer estrato de suelo en el área de ampliación, rectificaciones y libramientos, su fin es encontrar terreno de mejor calidad para el desplante de terracerías o para ampliar los cortes. Para este proyecto se contempla la remoción del horizonte orgánico en un volumen de suelo de 292,572 m^3 en una superficie de 105.54 Ha.

Apertura de caminos de acceso: Se consideró que no se requerirán de caminos de acceso, debido a que se trata de una obra carretera en operación que será modernizada, para llegar a los diferentes frentes de obra se usará la carretera en operación. Esta actividad tampoco se incluirá en la matriz de interacciones porque no se abrirán caminos de acceso en ningún caso.

Construcción

Nivelaciones: Solo en zonas de ampliación y rectificaciones. Se realizan excavaciones y rellenos cuyo fin es tener una superficie que cumpla con las curvas horizontales que requiere una carretera del tipo A. Las excavaciones se realizan sobre material de los tipos B o C en las partes elevadas y aquel que tenga las características adecuadas para formar parte del cuerpo del terraplén es transportado a las partes bajas que es lo que se llamó rellenos, el resultado es una base, que en cuanto a curvas horizontales, cumple con los requerimientos de una autopista de tipo A. En algunos tramos después de realizar la compensación falta más material, que es comprado en los bancos de material con actividad comercial, o por el contrario si hubiese material sobrante se lleva a los bancos de tiro.

Obras de drenaje mayor y menor: En todos los escurrimientos menores intermitentes, se ampliará la obra de drenaje existente, con lo que se permitirá que se continúe el patrón de escurrimiento superficial que tiene el SAR sin alteración. Se construirán 2 puentes nuevos que se cimentarán fuera del escurrimiento y su Bosque de galería; toda la afectación debido a la ampliación y construcción de obras de drenaje está considerado en las afectaciones entre línea de ceros.

Construcción del cuerpo del terraplén: Formación de capas inferiores del pavimento (base, sub-base), seguido de la aplicación del pavimento y el riego de sello final. Se incluyen las

obras accesorias al terraplén como son los bordillos, cunetas, contracunetas y lavaderos para el adecuado desalojo del agua que escurra sobre la carpeta asfáltica y taludes.

Incluye la modernizacción de 2 entronques con un área conjunta de afectación 3.36 Ha., que esta incluida entre el área de línea de ceros.

Actividades en la planta de asfalto y excavación en bancos de material: Función de la planta de asfalto con el material triturado de los bancos. Se contempla el aprovechamiento de bancos de material y planta de aprovechamiento comercial (son comercios establecidos independientes a la construcción del trazo). El permiso en materia de impacto ambiental es responsabilidad del propio comercio o constructora (en caso de que ellos deseen explotar un banco de materiales nuevo) y no del proyecto en comento. No se incluirá esta actividad en la matriz de interrelaciones, porque son independientes a la obra, en todo caso se comprará el material a un negocio establecido.

Movimiento de maquinaria y personal en la zona: Las actividades asociadas al desplazamiento, maniobras y parqueo de equipo y maquinaria, almacenamiento temporal de equipos y materiales, así como la estancia del personal en los frentes de obra.

No se construirán campamentos para la estancia de personal, ni parqueo de maquinaria. El personal pernoctará en los poblados cercanos y en las ciudades de Cuernavaca, Cuautla o Tepoztlán, o cualquier poblado intermedio, todo el SAR tiene suficientes sitios para que el personal pernocte.

Circulación vehicular: Operación de la carretera existente federal No. 115 D, incluye la circulación de 300 unidades/h, con una composición de vehículos tipo A de 82%, tipo B de 8% y tipo C de 10%. TDPA igual a 11,500 veh/d.

Mantenimiento: El conjunto de obras que permitirán mantener la vía en buenas condiciones: reencarpetado, reparación de baches, obras de control de escurrimientos, limpieza, cambio de señales, mantenimiento de áreas forestadas, etc.

V.2.2 Descripción de los factores ambientales del SAR

De la revisión de componentes del SAR, se detectaron 11 factores ambientales sobre los que se podría anticipar repercusiones generadas por el proyecto en comento (Tabla V.1).

Tabla V.1. Descripción de los factores ambientales regionales

Factor ambiental	Descripción
Calidad del aire	Ausencia o presencia relativa de partículas suspendidas y gases producto de la combustión.
Escurrimientos superficiales	Calidad del agua de escurrimientos superficiales, gasto y patrón de escurrimientos superficiales.
Acuífero	Recarga al manto acuífero, gasto y patrón del flujo laminar.
Geoformas	Depresiones intralávicas de carácter acumulativo Derrame de lava cubierta por un manto o capa de material volcanoclástico, Derrame de lava, campos de malpaís con suelos de Andosol, Edificio volcánico cinerítico, Laderas modeladas por una

Factor ambiental	Descripción
	disección profunda y Llanura aluvial dilatada.
Suelo	Erosión, compactación, estructura, fertilidad y/o saturación del suelo.
Vegetación forestal	Bosque de encino Zona de transición entre SBC y bosque templado Matorral micrófilo y zona de transición con el bosque de encino Selva baja caducifolia (SBC)
Terrenos con uso agropecuario	Pastizal inducido y áreas reforestadas con árboles exóticos.
Zona urbana e infraestructura de transporte y su derecho de vía	Asentamientos humanos, infraestructura mixta e Incluye toda la Carretera Federal No. 115 D con sus destinos finales e intermedios: Cuernavaca, Tepoztlán, Oacalco, Oaxtepec y Cuautla. Incluye el derecho de vía actual de la carretera No. 115 D.
Fauna silvestre	Presencia de poblaciones de fauna silvestre, biodiversidad faunística y sus rutas de movimiento.
Paisaje	Condición del paisaje por el que se presenta una continuidad entre las características en el entorno del proyecto y las formas que el proyecto aporta también se considera en este rubro la conectividad del paisaje (de sus áreas forestales).
Economía local	Actividades productivas e intercambio comercial en poblados al interior del SAR.
Transporte	Volumen de mercancías y personas que se desplaza a través de la carretera No.115 D, hasta sus últimos destinos: Cuernavaca y Cuautla.

V.2.3 Matriz de efectos ambientales actividades del proyecto–factores ambientales

Se llevó a cabo la identificación y revisión de los posibles efectos con la ayuda de una matriz de interacciones entre actividades del proyecto y factores ambientales (Tabla V.2). Los efectos se analizaron en cuanto al sentido (adverso o benéfico), y se incluyeron todos los casos en que podría haber una relación actividad de obra–factor ambiental, no se discriminó aquellos en que la interrelación no causa modificación.

Debe señalarse que los impactos residuales, de acuerdo a lo que establece la fracción X del Artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, son aquellos que persisten después de la aplicación de las medidas de mitigación (y prevención). Por consiguiente, y por convenir mejor al orden de exposición, los impactos ambientales residuales serán descritos en el Capítulo VI, después de indicar las medidas de prevención y mitigación de impactos adversos en el SAR.

Otros impactos, como modificación del microclima, afectación en calidad de cuerpos o corrientes de agua, afectación de la recarga del manto, competencia por el aprovechamiento de agua, disminución en la capacidad de formación de suelos, modificaciones al relieve, cambios en los patrones de erosión-sedimentación, no son perceptibles a escala regional,

debido tanto a que las dimensiones relativas del proyecto son reducidas para el tamaño del SAR y a que el proyecto se trata de una modernización por lo que sus modificaciones atribuibles son menores si se comparará con las producidas por obras nuevas.

Para el proyecto no se construirán ni operarán campamentos para los trabajadores, sino que estos pernoctarán en las ciudades o poblados cercanos al trazo.

Tabla V.2. Matriz de interacciones del proyecto. Se indican interacciones adversas con (A), benéficas con (B)

Actividades del proyecto \ Factores ambientales	Calidad del aire	Escurrimientos superficiales	Acuífero	Geoforma	Suelo	Vegetación forestal	Terrenos con uso agropecuario	Zona urbana e infraestructura de transporte y su derecho de vía	Fauna silvestre	Paisaje	Economía local	Transporte
Desmonte		A	A		A	A			A	A	B	
Despalme			A		A				A	A	B	
Nivelaciones	A	A	A	A					A	A	B	
Colocación de obras de drenaje mayor y menor		A									B	
Construcción del cuerpo del terraplén y entronques	A		A						A		B	
Movimiento de maquinaria y personal en la zona	A					A	A		A		B	
Circulación vehicular	B								A		B	B
Mantenimiento		B						B	B		B	B

Se identificaron 37 relaciones entre actividad del proyecto–factor ambiental que podrían recibir un cambio, se procedió a discutir si este cambio sería perceptible o no, a escala del SAR (Tabla V.3). Se encontró que de las 37 relaciones identificadas (Tabla V.2) 16 presentan cambios perceptibles en el SAR (Tabla V.3); posteriormente las relaciones identificadas como perceptibles se les agrupa en el impacto correspondiente (Punto V.2), a los que, se les aplicará un método cuantitativo multicriterio para conocer si dichos impactos son relevante o no (sección V.3) en los términos de la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental.

Tabla V.3. Identificación de interrelaciones Actividad del proyecto–Factor ambiental perceptibles a escala del SAR

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
Desmonte –	Durante el desmonte, pasarán aproximadamente 2	Perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
Escurrimientos superficiales	días donde el suelo quedará expuesto sin cobertura arbórea, en dicho tiempo si se da una lluvia fuerte, existe el riesgo, de que el suelo termine en los escurrimientos superficiales; esto sería muy remoto o raro, pero en caso de darse la interacción aunque muy local sería perceptible.	
Desmonte - Acuífero	Las raíces de los árboles facilitan la infiltración del agua al acuífero porque evitan la compactación del suelo, favorecen su estructuración y por tanto porosidad. También favorece que el flujo laminar se de sin provocar erosión. Al retirar los árboles en una superficie máxima de 89.681 Ha, se espera aumente la evapotranspiración local y se infiltre menos agua, no obstante esto no será perceptible a escala del SAR ya que dicha superficie solo abarcaría el 0.02% de su superficie y la perdida de infiltración en dicha área será máximo del 30% de la que cae.	No perceptible
Desmonte - Suelo	Como se mencionó en la caracterización, habrá desmonte total de 89.681, dentro del derecho de vía que cuando las raíces arbustos y árboles sean retiradas, en los sitios sin herbáceas, la lluvia caerá directamente en el suelo (solo si es época de lluvia), provocando movimiento de tierra, esto durará máximo 2 días, tiempo entre que se desmonta y se despalma. No obstante, si en esos 2 días llueve fuerte, la erosión hídrica e inclusive el aporte del material a los escurrimientos podrían ser perceptibles. El área potencial de afectación corresponde al 0.014% de la superficie del SAR.	Perceptible
Desmonte – Vegetación forestal	Se afectará una superficie de 89.681 de vegetación forestal arbolada además, se considera en esta actividad, la afectación de una superficie de 0.747 Ha de ecotonia entre bosque de encino y matorral micrófilo; este matorral se distribuye sobre un derrame lávico, pero presenta indicadores de distrubio, pareciendose más a un pastizal inducido que al matorral mencinado. Habrá desmonte o chaponeo en menos de 1.5 Ha de áreas consideradas frágiles y conservadas, por lo que el impacto será perceptible.	Perceptible
Desmonte – Fauna silvestre	El hábitat de especies en su mayoría generalistas será reducido en una superficie de 89.681 Ha. No obstante, no se formará una línea de ruptura para el movimiento de la fauna, ya que esa se dio desde la construcción del trazo actual, entonces la afectación será sobre todo por la pérdida de	Perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
	hábitat.	
Desmonte - Paisaje	No habrá afectación al paisaje por el desmonte, ya que en la actualidad existe una línea de ruptura que se dio desde la construcción del trazo en uso, la modernización de la carretera no ocasionará una afectación extra perceptible al paisaje.	No Perceptible
Desmonte - Economía local	Esta interrelación se refiere al personal que será beneficiado por esta actividad, que se calcula en unas 10 personas durante 6 meses, más los operativos de la maquinaria y los indirectos de la empresa constructora, todo no perceptible para el SAR.	No perceptible
Despalme – Suelo	Se despalmará en un área de 105.54 Ha de las que se obtendrá 292,572 m^3 del horizonte A del perfil del suelo. Pero se impactará únicamente en zonas de ampliación dentro del derecho de vía, considerado entre línea de ceros (donde se construirá el cuerpo del terraplén nuevo y entronques), el suelo retirado es pérdida, ya que se trata del horizonte orgánico que tarda décadas en formarse. No se provocará efecto de borde para el suelo aledaño, por un lado porque solo se despalmará el área entre líneas de ceros, área que en caso de vegetación forestal también se desmontó; los terrenos aledaños tendrán su cubierta vegetal sin alteración y las raíces de árboles y arbustos evitarán que se mueva el suelo. En los sitios donde no hay una cubierta arbórea, se trata, generalmente, de áreas planas donde el potencial de erosión hídrica es menor.	Perceptible
Despalme – fauna silvestre	El despalme es un proceso que puede afectar a distintas especies faunísticas, entre las que destacan las lagartijas (*Sceloporus horridus*), esta especie es la más común dentro del derecho de vía, ya que se ve favorecida por la presencia de vegetación secundaria y/o introducida, también se tienen registros de iguanas (*Ctenosaura pectinata*) en las inmediaciones, en zonas donde se distribuye Selva baja caducifolia y amplios conglomerados de rocas (inmediaciones del Km 17+000 al 19+000), en el caso de los anfibios, solo una especie presenta distribución sobre el derecho de vía (*Bufo marinus*), principalmente sobre las áreas de escurrimiento de los Bosques de encino y Selva baja. Para el caso de las aves, las especies que podrían resultar afectadas por este proceso son	Perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
	aquellas que presentan hábitos granívoros y que se distribuyen principalmente sobre el suelo, como las palomas (*Columbina inca* y *C. passerina*). En el caso de los mamíferos, las afectaciones principales serán sobre el grupo de los roedores: ardillas y ratones, esto se debe a que son organismos netamente terrestres y en la mayoría de los casos generan sus madrigueras al ras de suelo. Las principales afectaciones para este grupo se dará entre los Km 15+800 al 19+600, ya que en estas regiones se presentan acahuales y vegetación de tipo caducifolia.	
Despalme – Paisaje	La mala disposición del material de despalme puede afectar vegetación forestal, hábitat de fauna y si es época de lluvia escurrimiento superficiales por el lavado del material. Afectando de esta forma a nivel del paisaje. Es necesario tener un plan de manejo del suelo retirado del despalme para evitar los daños asociados. Antaño se solía tirar este material en cañadas, por lo que se afectaba ladera abajo la calidad del agua y vegetación. En la actualidad esto esta prohibido por la normatividad, sin embargo, se sigue haciendo en algunos caminos con poca supervisión.	Perceptible
Despalme – Economía local	Esta interrelación se refiere al personal que será beneficiado por esta actividad, que se calcula en unas 8 personas durante 6 meses, más los operativos de la maquinaria y los indirectos de la empresa constructora, todo no perceptible para el SAR.	No perceptible
Nivelaciones – Calidad del aire	Durante los cortes y movimiento de material con el D8 se levantan tolvaneras, si es época de estiaje.	Perceptible
Nivelaciones – Escurrimientos superficiales	Parte del material que se mueve por las nivelaciones podría ser depositado en los cuerpos de agua, no obstante este sería poco y no perceptible a escala del SAR, ya que el material de las nivelaciones dentro del SAR sería de tipo B y C.	No perceptible
Nivelaciones - Acuífero	No se espera afectaciones al acuífero debido a las nivelaciones ya que no se interrumpirá ninguna flujo subterráneo de agua, si se toma el escenario actual como escenario cero, cualquier modificación que pudo haber pasado se dio desde la construcción del trazo actual, además de que las zonas de corte no poseen un flujo subsuperficial importante, el	No Perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
	agua escurre por los escurrimientos superficiales y no por el perfil edáfico, que se ubica dentro del derecho de vía del camino actual.	
Nivelaciones – Geoforma	Entre los cortes algunas ampliaciones serán mayores a 5 m, esto provoca una modificación local en la geoforma, que aunque llega a dejar pendientes muy pronunciadas, la afectación es local y no se afectarán zonas nuevas, todos los cortes se realizarán en zonas de ampliación. No existe una modificación importante a la geoforma; sobre todo porque solo se ampliarán cortes existentes.	No Perceptible
Nivelaciones – Fauna silvestre	Normalmente las nivelaciones provocan en la fauna el efecto barrera que es de las afectaciones más importantes debido a la construcción de las carreteras, no obstante, cuando el trazo ya existe se presupone que ya se dio el efecto barrera y se han restablecido ya las rutas de movimiento por alcantarillas, las poblaciones que no lo han hecho se les observa atropelladas sobre la carpeta asfáltica del trazo en operación (Láminas 146, 147 y 149; Anexo 2). La ampliación de los cortes en 5 m no aumentará el efecto barrera perceptiblemente. Esto no quiere decir que el trazo en operación no este ocasionando efecto barrera, sino que la modernización no lo agravará sensiblemente.	No Perceptible
Nivelaciones – Paisaje	Las nivelaciones podrían afectar al paisaje si se disponen ladera abajo o en los cauces del área. Igual que en el caso del despalme, hay normatividad de la SCT, que prohíbe la mala disposición, no obstante, hemos documentado en algunos caminos que se sigue haciendo.	Perceptible
Nivelaciones – Economía local	Se emplearán aproximadamente a 15 personas locales para esta actividad, situación no perceptible a escala del SAR.	No perceptible
Colocación de obras de drenaje mayor y menor – Escurrimientos superficiales	Se consideró que la interrelación es no perceptible si se compara la situación actual como estado cero. Ya que el patrón de los escurrimientos superficiales seguirá sin alteración y la calidad del agua también. Para la ampliación de las estructuras mayores, se llevan las estructuras prearmadas y se colocarán en el sitio, el armado no causa afectación en el patrón de escurrimiento del cuerpo de agua ni en su calidad. En el punto de construcción se colocarán lonas o barreras físicas para evitar pérdidas de material, que si no fuera así, no podría	No perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
	recuperarse. En algunas obras de drenaje se ampliarán las existentes, y en otras serán nuevas. Las alcantarillas se ampliarán en época de estiaje. En caso de perderse material al colar la losa o hincar los muros de contención, este se secaría en el lecho del escurrimiento, convirtiéndose en una roca más del río, sin afectaciones perceptibles. La colocación de las obras de drenaje se llevarán a cabo durante el estiaje, que es cuando la gran mayoría de los escurrimientos no llevan agua, aún así se colocarán las lonas como barrera entre el cuerpo del escurrimiento y las actividades de construcción de la obra.	
Colocación de obras de drenaje mayor y menor – Economía local	Se emplearán aproximadamente a 15 personas locales para esta actividad, situación no perceptible a escala del SAR.	No perceptible
Construcción del cuerpo del terraplén y entronques – Calidad del aire	Durante el tendido de bases, si este se realiza en época de estiaje, se levantan gran cantidad de polvos, que se sumarán a los ya producidos en las zonas agropecuarias y de suelo desnudo, en las áreas consideradas perturbadas durante el diagnóstico del SAR.	Perceptible
Construcción del cuerpo del terraplén y entronques – Acuífero	Se impermeabilizará un área extra de 105.54 Ha por la modernización, el agua que caiga en esa superficie y área de corona actual será llevada por las cunetas y/o hacia los lavaderos para desaguar en terreno, por lo que el agua seguirá infiltrando; no obstante sí se espera una pérdida por evaporación mayor a la que se da actualmente por lo que se espera una pérdida del 20% del agua que se infiltra; se calculó que a lo largo del trazo en 125.40 Ha se infiltran 135,663.48 m^3 de agua; en el SAR se infiltran 25,567,409.77 m^3, por lo que la pérdida de infiltración es de 0.531%; por lo que se considera no perceptible a escala del SAR.	No Perceptible
Construcción del cuerpo del terraplén y entronques – Fauna	Una vez construido el cuerpo del terraplén en las áreas de modernización en algunos tramos se pondrán muros para evitar los taludes en relleno que podrían salirse del derecho de vía actual, además de que se tendrá un ancho de hasta 60 m sin ningún tipo de cobertura vegetal, por lo que parte de la fauna, que anteriormente se atrevía a cruzar sobre la carpeta asfáltica, es posible que no lo haga en estas condiciones; por lo que se considera que en esta fase aumentará el efecto	Perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
	barrera hacia la fauna.	
Construcción del cuerpo del terraplén y entronques – Economía local	Se emplearán aproximadamente a 80 personas locales para esta actividad, situación no perceptible a escala del SAR.	No perceptible
Movimiento de maquinaria y personal en la zona – Calidad del Aire	La maquinaria provocará que se levanten polvos en los frentes de obra, además de los gases de combustión, no obstante estos serán no perceptibles a escala del SAR ya que no tiene condiciones de confinamiento.	No perceptible
Movimiento de maquinaria y personal en la zona – Vegetación forestal	La maquinaría según políticas, no podrá hacer maniobras (fuera del área entre ceros) en los tramos ubicados en los sitios considerados como frágiles (en el diagnóstico del SAR). Donde podría llegar a afectar sería en los sitios considerados perturbados y muy perturbados, donde se les permitirá las maniobras, dichas áreas corresponden a Campos agrícolas y Pastizales inducidos primordialmente y en ningún caso tienen cobertura forestal. En conclusión, debido a las políticas planteadas en el Capítulo IV (Tabla IV.77) no se espera un impacto perceptible a la vegetación forestal debido al movimiento de maquinaria y equipo.	No Perceptible
Movimiento de maquinaria y personal en la zona – Terrenos con uso agropecuario	En los sitios considerados perturbados y muy perturbados del SAR (Diagnostico en Capítulo IV, apartado IV.3.2.3, Cartografía en Anexo 3), se permite el movimiento de maquinaria fuera del área entre línea de ceros (Tabla IV.77, Capítulo IV), dichas áreas coinciden en algunos tramos con uso agropecuario, no obstante, despues de un análisis del metodo constructivo, se concluye que no se afectarán terrenos con uso agropecuario durante la cosntrucción ni preparación del sitio, debido a que se ocupará casí todo el DV para construcción, espacio suficiente para todas las maniobras requeridas.	No Perceptible
Movimiento de maquinaria y personal en la zona – Fauna silvestre	La fauna que habita aledaña al trazo es la que ha soportado con éxito el ruido, las luces y en general el efecto borde que el trazo actual provoca, no se considera que un extra de maquinaria les cauce estrés a esa fauna ya acostumbrada al paso de vehículos pesados y demás automotores que pueden llegar hacer mucho ruido.	No perceptible
Movimiento de maquinaria y	Se emplearán aproximadamente a 240 personas locales para todo lo largo de la construcción y	No perceptible

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
personal en la zona – Economía local	preparación del sitio, no perceptible en la economía del SAR.	
Circulación vehicular – Calidad del aire	La agilización en la circulación vehicular debido a la operación del trazo en proyecto y el actual, tendrá repercusión en la disminución de gases de combustión al interior del SAR, no obstante, esto no será significativo, porque el SAR no tiene problemas de confinamiento.	No perceptible
Circulación vehicular – Fauna silvestre	La circulación vehicular ya existe en la zona y la afectación a la fauna debido a ella también, no obstante, a la fecha se reportan numerosos atropellamientos de fauna[1] (Láminas 146, 147 y 149), se consideró que durante la operación habrá más, ya que es mucho más complejo cruzar una corona de 24 m que de 10 m (que tiene actualmente), además, como la velocidad será mayor, la fauna tendrá menos oportunidad de moverse. Por lo que sí se considera que se aumentará el riesgo de atropellamiento de forma perceptible.	Perceptible
Circulación vehicular – Economía local	La economía local se verá beneficiada por el proyecto al contar con vías más ágiles para el desarrollo de actividades económicas, principalmente turísticas, ya que al ser Tepoztlán un Pueblo Mágico y colindar con el DF y su zona metropolita, lo convierte en un destino de fin de semana, que recibe gran afluencia de visitantes. Por otra parte la economía local dedicada al sector agropecuario tendrá un beneficio al poder transportar con mayor rapidez y seguridad sus productos, a centros de abasto en Cuautla, Cuernavaca o el Distrito Federal, entre otros. El impacto económico del trazo es local por el turismo y regional porque podrá ser usado por quienes transiten sobre el eje de relaciones Distrito Federal – Cuautla y hacia el estado de Puebla.	Perceptible
Circulación vehicular – Transporte	El beneficio será por la agilización del transito que viaja por la carretera federal 115 D, en su tramo La Pera y Cuautla, el tiempo de recorrido se reducirá hasta en 60 min, no obstante que el recorrido es de 21 km, este se entorpece por las pendientes, las curvas, y el transito de vehículos pesados. El recorrido también será más seguro, ya que actualmente por la falta de visibilidad para un rebase seguro se registran accidentes.	Perceptible

[1] Después de las observaciones en campo se considera que al día se atropella un individuo cada 2 km.

Relación actividad - factor ambiental	Discusión	Relevancia
Mantenimiento – Escurrimientos superficiales	Las obras de mantenimiento incluyen la limpieza de las alcantarillas después de cada época de lluvias, lo que permite que den un servicio óptimo.	Perceptible
Mantenimiento – Economía local	Consideramos que los empleos que se generen para el mantenimiento del trazo, no tendrá repercusiones notables en la economía del SAR.	No perceptible
Mantenimiento – Transporte	El mantenimiento permitirá que la vía este en uso constante durante su operación.	Perceptible

V.3. Descripción de impactos ambientales

V.3.1. Interrelaciones identificadas como perceptibles se agrupan en impactos ambientales.

Para la agrupación de interrelaciones, se decidió hacerlo con base en el factor ambiental al que están impactando, en el nombre del impacto se procuró describir la afectación que esta recibiendo. De las 16 interrelaciones que se identificaron provocaban un cambio perceptible en el SAR se obtuvieron 8 impactos que pueden o no ser relevantes (se evalúan más delante en el punto V.3).

Calidad del Aire

La calidad del aire tiene 2 interrelaciones que se consideraron perceptibles y 2 más que son no perceptibles a escala del SAR. La perceptibles fueron a) Nivelaciones – Calidad del aire y b) Construcción del cuerpo del terraplén – Calidad del aire; en ambos se da, sobre todo, por la incorporación de partículas suspendidas a la atmósfera por el movimiento de material pétreo y las emisiones de la mezcla asfáltica[2] durante la pavimentación del cuerpo del terraplén, por lo que la definición del impacto quedará como:

Impacto 1 Incorporación de partículas suspendidas por movimiento de materiales pétreos durante la construcción del trazo

Escurrimientos superficiales

De 4 interrelaciones identificadas para los escurrimientos superficiales, 2 se consideraron perceptibles; 1 benéfica y 1 adversa.

[2] En la tabla V.2 se señala el porque no se considera perceptible la contaminación de gases de combustión debido a que no hay confinamiento en el SAR y hay zonas arboladas al interior y en los alrededores para absorber el daño. El impacto en cuanto a los gases objeto de la combustión durante la circulación, disminuirán si se compara con la situación actual, no obstante tampoco se considera perceptible a escala del SAR por la misma razón.

La adversa se consideró perceptible por el riesgo que existe de que una vez desmontado, se tenga una lluvia fuerte y erosione el suelo hacia los escurrimientos superficiales, esto sería muy remoto, ya que las probabilidades de que suceda es del 3%, según las precipitaciones reportadas para el área. Este impacto se englobará en el No 7, que se refiere a la afectación de los ciclos biogeoquímicos del área, ya que la afectación a los escurrimientos presupone erosión hídrica, por lo que la afectación es a más de 1 componente ambiental.

La otra interacción perceptible es benéfica y se debe a la limpieza de las alcantarillas durante el mantenimiento, no obstante, si se compara la situación actual como cero, realmente no hay cambio en ese punto en particular, pero cuando la carretera esté en uso, la limpieza de las alcantarillas evitará su obstrucción y por lo tanto servirán para llevar los escurrimientos sin alteración y también podrán fungir como pasos de fauna.

En este impacto se agruparán todos los beneficios que aporta el mantenimiento, ya que no solo se trata de la limpieza de las alcantarillas, sino de todo tipo, inclusive de las zonas reforestadas, bacheo etc. por lo que el buen funcionamiento de toda la vía depende del mantenimiento en general y sería repetitivo separarlo.

Además, es necesario mencionar, que los escurrimientos superficiales pueden verse afectados durante todas las etapas por derramamiento accidental o intencional de materiales de construcción, nivelaciones y durante la operación por accidentes inclusive de vehículos que transporten sustancias contaminantes y/o peligrosas; pero como el impacto rebasaría a los escurrimientos superficiales, esto es tratado en paisaje, ya que es el elemento aglutinador; y es una forma de indicar que el impacto va más allá a un solo factor ambiental; por lo que la afectación a la calidad del agua de los escurrimientos superficiales se incluye en el Impacto 7 que se refiere al paisaje.

Impacto 2 Mantenimiento a la vía para su óptimo funcionamiento

Acuífero

El acuífero está incluido en 4 interrelaciones, ninguna resultó perceptible, por lo que se mencionó en cada caso en la Tabla V.3.

No obstante, se debe recalcar que en la actualidad en el trazo en operación, al igual que toda la carretera, circulan vehículos que llegan a tener pérdidas de aceite o hidrocarburos sobre la carpeta asfáltica, cuando llueve, esos desechos son llevados por el agua hacia las cunetas y/o lavaderos que desaguan en terreno virgen; en zonas de alta permeabilidad Km 2+120 al 2+500, 2+660 al 3+100 y del 12+180 al 12+270 (Figura IV.43, Capítulo IV); en la actualidad ya existe ese impacto, y la modernización no lo agravará; no obstante, su atenuación, como medida de compensación se incluirá en la MM1 (Capítulo VI).

Geoforma

La geoforma tiene 1 sola interrelación, no obstante, está se consideró no perceptible a escala del SAR (Tabla V.3).

Suelo

El suelo recibe modificación de 2 interrelaciones, las 2 son perceptibles, la primera de debe al desmonte de un área de de 89.681 Ha de vegetación forestal. Cuando las raíces arbustos y árboles sean retirados, en los sitios sin herbáceas, la lluvia caerá directamente en el suelo

(solo si es época de lluvia), provocando movimiento de tierra, esto durará máximo 2 días, tiempo entre que se desmonta y se despalma. No obstante, si en esos 2 días llueve fuerte, la erosión hídrica e inclusive el aporte del material a los escurrimientos podrá ser perceptible. El área potencial de afectación es de 89.681 Ha que corresponden al 0.52% de la superficie del SAR. Si el desmonte se hace en época de estiaje se nulifica esta afectación.

El despalme se refiere precisamente al retiro del horizonte orgánico del suelo, que para esta obra se calculó en 292,572 m^3; se impactará solo en áreas de ampliación y rectificación. El suelo orgánico es cotizado para obras de reforestación, por lo que sugerirá su aprovechamiento para la restauración y compensación en el Capítulo VI.

Vegetación forestal

La vegetación forestal tiene 2 interrelaciones que le provocan afectación, de ellas solo 1 se consideró perceptible y sucederá debido al desmonte; se desmontará una superficie considerada forestal según definiciones de la LGDFS y su reglamento de 89.681 Ha. De la no forestal se afectará un área de 38.25 de pastizales inducidos que en algunos casos soportan reforestaciones exclusivas de especies exóticas entre las que destacan la jacaranda (originaria de sudamerica) y el eucalipto (originario de Australia); en 1968 se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exóticas; por eso, hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas, pero se consideró forestal porque en su conjunto entra en la definición de forestal que señala la ley mencionada[3]. Entre la vegetación forestal se consideron las mezclas de especies exóticas con matorral micrófilo, bosque de encino, selva baja caducifolia y la mezcla ecotónica de selva baja con bosque de encino. Es importante señalar que los valores floristicos que se presenta dentro del derecho de vía difiere grandemente con sus terrenos vecinos fuera del DV, debido a que se trata de un área antropizada sujeta a mantenimiento continuo de sus áreas verdes.

El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,325.167 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol) (Tabla V.5) que se donará al municipio de Tepoztlán (que a su vez lo entregará a las localidades), para ello estará en la supervisión un Ing. Forestal marcando con el martillo los árboles retirados y su ubicación para que se les entregue al ejido correspondiente (que limita con el DV) (Tabla V.4).

[3] 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 (LGDFS Art. 7. XLV)
Bosque: 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. Esta categoría incluye todos los tipos de bosque señalados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; (Reg. LGDFS, Art 2).
Vegetación forestal de zonas áridas, aquélla que se desarrolla en forma espontánea en regiones de clima árido o semiárido, formando masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Se incluyen todos los tipos de matorral, selva baja espinosa y chaparral (Reg. LGDFS, Art 2. XL).

Selva, vegetación forestal de clima tropical 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, excluyendo a los acahuales (Reg. LGDFS, Art 2. XXXI).

Tabla V.4. Tramos que se desmontarán con uso de suelo forestal

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
Ampliación Lado Norte					
1+180	2+240	Bosque de encino	1.459 Ha	Se trata de una mezcla de exóticas (*Jacaranda mimosifolia*) con elementos aislados de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina, Arbutus xalapensis y Fraxinus uhdei*)	1.459 Ha
2+240	2+754	Ecotonia entre bosque de encino y matorral micrófilo	0.747 Ha	Ecotonia entre elementos de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina*) y Matorral rosetofilo crasicaule (*Agave horrida, Senecio praecox, ceiba aesculifolia , Cedrela oaxacensis, Dodonea viscosa*)	0.747 Ha
2+754	7+910	Bosque de encino	7.506 Ha	Mezcla de especies exóticas, especies secundarias favorecidas con la perturbación con elementos del bosque de encino (Quercus obtusifolia, Q. laurina, Q. crassifolia, *Fraxinus uhdei, Arbutus xalapensis*) entre las exóticas destacan Jacaranda mimosifolia y Cupressus lindleyi entre las secundarias indicadoras de perturbación *Bocconia arborea*	7.506 Ha
9+810	11+813	Ecotonía entre encinar y SBC	2.899 Ha	Ecotonia entre elementos de Bosque templado (*Quercus rugosa y Q. laurina*) y elementos de selva baja caducifolia (*Pithecellobium dulce, Ipomoea wolcotiana, I. murucoides, Bocconia arborea, Ficus cotinifolia*) alternados con especies exóticas e introducidas (*Jacaranda mimosifolia, Psodium guajava, Spondia sp*).	2.899 Ha

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
11+813	12+690	Selva baja caducifolia (SBC)	1.329 Ha	Bosque de especies exóticas (*Jacaranda mimosifolia, Psodium guajava, Spondia sp*) alternado con especies dispersas de selva baja caducifolia (*Leucaena sp, Ipomea sp, Pithecellobium sp y Acacia sp*)	1.329 Ha
12+690	12+771	Bosque de galería	0.129 Ha	Bosque de galería perturbado, tiene dos Taxodium que serán afectados.	0.129 Ha
12+890	20+420	Selva baja cadudifolia	11.076 Ha	Los elementos de selva se distribuyen intercalados con grandes áreas de pastizales inducidos sin elementos arboreos y/o árboles exóticos, o forman pequeños manchones agrupados, no obstante el conjunto cumple con las caracteristicas de cobertura, DAP y área basal para considerársele forestal	11.076 Ha
Ampliación Lado Sur					
0+800	7+910	Bosque de encino	25.433 Ha	Bosque de encino en sucesión, alternado con especies exóticas y pequeños claros con pastizal inducido, el bosque tiene variacioens importantes por tramo en cuanto composición, densidad y cobertura. Hay una pequeña área donde pasa por el derrame de lava que se mezcla cone species del matorral microfilo, aunqeu estas son muy escasas	25.433 Ha
8+980	12+690	Ecotonia de bosque de encino con SBC	12.859 Ha	Ecotonia entre Bosque Templado y Selva baja caducifolia, con especies exóticas alternadas y pequeñas áreas con pastizal inducido	12.859 Ha

Km Inicial	Km Final	Uso de suelo	Área de afecta	Descripción	Área forestal de desmonte
12+710	12+805	Bosque de galería	0.322 Ha	Bosque de galería perturbado	0.322 Ha
12+892	20+440	Selva baja caducifolia	25.922 Ha	Pastizales inducidos alternados con elementos de Selva baja caducifolia y manchones, se distribuyen fisonomías de acahuale donde dominan las especies multiramificadas	25.922 Ha
				Desmonte forestal total	89.681 Ha

Como se dijo anteriormente el desmonte será en una superficie de 89.681 Ha de mezclas de especies exóticas con elementos del bosque de encino, matorral micrófilo, selva baja y mezcla ecotónica entre encinar y SBC. El derecho de vía se desmontó hace aproximadamente 40 años, y se reforestó con especies exóticas, es por ello que el área entre línea de ceros que se afectará durante el desmonte está perturbada y presenta mezclas de exóticas con autóctonas.

Se cuantificaron los individuos de los diversos estratos que serán removidos por efecto de la modernización del trazo. Los volúmenes de las especies afectadas en el trazo se calcularon según los parámetros estructurales de la vegetación estudiada en los sitios de muestreo de la vegetación. Estos volúmenes se calcularon por tramo de acuerdo con los valores encontrados por sitio o por tipo de comunidad y de sitio, de manera que corresponden a diferentes alturas y diámetros para una misma especie, según la comunidad o asociación de que formaba parte. Se presentan unicamente los volúmenes de las especies autóctonas. Los cálculos de volumen se realizaron utilizando las tarifas de las tablas de cubicación del Inventario Nacional Forestal, sobre la base del número de individuos registrados por hectárea por especie en el trazo del proyecto. Por otra parte debe considerarse que gran parte de este volumen corresponde a árboles multiramificados y/o de porte arbustivo. En total, se estimaron 1,325.167 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol), la cuantificación se presenta en la Tabla V.5. En total se afectarán 2,825 árboles autóctonos con DAP mayor a 10 cm.

Tabla V.5. Especies y volúmenes totales de los árboles que serán afectados por el trazo del proyecto en áreas de carácter forestal

Especie	No. de individuos	Total
Acacia farneciana	1	0.001 m^3
Acacia pennatula	52	0.521 m^3

Especie	No. de individuos	Total
Agonandra racemosa	3	0.356 m^3
Amphiterygium adstringensis	31	1.044 m^3
Arbustus xalapensis	63	62.792 m^3
Bocconia arborea	127	32.532 m^3
Buddleia cordata	2	1.039 m^3
Bursera bicolor	1	0.012 m^3
Bursera bipinnata	1	0.047 m^3
Bursera copalifera	36	2.695 m^3
Bursera cuneata	1	0.148 m^3
Bursera fagaroides	26	1.104 m^3
Bursera glabrifolia	78	2.611 m^3
Casimiroa edulis	2	0.046 m^3
Cedrela oaxacensis	5	0.227 m^3
Cedrela odorata	4	1.683 m^3
Ceiba aesculifolia	15	4.686 m^3
Ceiba parvifolia	21	2.017 m^3
Clethra mexicana	6	6.650 m^3
Cordia morelosana	49	2.638 m^3
Dodonea viscosa	1	0.025 m^3
Ficus continifolia	29	7.992 m^3
Ficus insipida	9	6.799 m^3
Ficus petiolaris	2	1.415 m^3
Fraxinus uhdei	82	126.770 m^3
Guazuma ulmifolia	741	54.435 m^3
Heliocarpus reticularus	166	17.306 m^3
Ipomea murucoides	57	10.335 m^3
Ipomoea wolcottiana	3	0.350 m^3
Ipomoeae arborescens	34	0.280 m^3
Juniperus flacciada	28	0.229 m^3
Leucaena esculenta	72	6.907 m^3
Leucaena leucocephala	135	14.149 m^3

Especie	No. de individuos	Total
Lysiloma acapulcensis	73	7.089 m^3
Lysiloma divaricata	1	0.265 m^3
Mastichodendron capiri	2	0.342 m^3
Opuntia sp	2	0.118 m^3
Pinnus sp	1	1.318 m^3
Pithecellobium dulce	63	11.710 m^3
Psidium guajava	42	2.059 m^3
Pterocarpus orbiculatus	5	0.604 m^3
Quercus crassifolia	155	293.954 m^3
Quercus crassipes	69	48.736 m^3
Quercus glaucescens	12	10.555 m^3
Quercus laurina	302	433.184 m^3
Quercus obtusifolia	60	55.618 m^3
Quercus Rugosa	69	56.145 m^3
Spondia mombi	74	3.583 m^3
Swietenia humillis	1	0.029 m^3
Taxodium mucronatum	3	29.782 m^3
Tecoma Stand	7	0.207 m^3
Vitex mollis	1	0.028 m^3
	2,825	1,325.167 m^3

* Especies en la Nom-059-Semarnat-2010

De los individuos que se desmontarán, de acuerdo la Tabla V.4, se afectarán dos especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, de la primera especie *Mastichodendron capiri* se afectarán 3 indicivuos, que corresponden a 2 juveniles y un adulto; esta especie se encuentra listada como amenazada; la otra especie corresponde a *Cedrela odorata* que se encuentra listada como bajo protección especial, de esta especie se afectarán 4 individuos con DAP mayor a 10 cm.




Figura V.1. Especie *Mastichodendron capiri* individuo que se rescatará

Impacto 4. Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Terrenos con uso agropecuario

Los terrenos agropecuarios no tienen relaciones perceptibles.

Zona urbana e infraestructura de transporte y su derecho de vía

Recibe 1 sola interacción positiva y se debe al mantenimiento cuando esté en operación la obra, lo cual será muy benéfico para el derecho de vía y las zonas urbanas, ya que incluye la limpieza de la carpeta asfáltica, drenes, poda de áreas verdes y reparar todo lo que haya sufrido un desperfecto. Este impacto benéfico se engloba en el Impacto 2, señalado en el apartado de escurrimientos superficiales.

Fauna silvestre

La fauna silvestre es el factor ambiental que provoca más interrelaciones de modificación adversa, en total 6, De ellas 4 adversas fueron considerada perceptibles.

El proyecto consiste en la modernización de un tramo carretero de 20.5 Km; en el que se ampliará la corona de 8 a 24 m del tramo comprendido entre los Km 0+800 al 20+700 de la carretera federal 115 D, liberando parte del derecho de vía actual a través del desmonte de 89.681 Ha (de especies autóctonas y exóticas), esta modernización generará diversos impactos a la fauna, siendo la interrupción de la dinámica de las poblaciones la que mayor efecto tendrá, ya que disminuirá el hábitat de aquellas especies que se distribuyen sobre el derecho de vía actual (generalistas), además de que el aumento del cuerpo de la carretera limitará la distribución de especies pequeñas (efecto barrera) y condicionará un aumento en el umbral de atropellamiento de especies medianas.

Cabe hacer mención que estos impactos se han venido dando desde la construcción de la carretera, la cual se remonta a finales de la década de 1960, por lo que, dicha modernización solo contribuirá a su relativo incremento y permanencia. A continuación, se describen las interrelaciones identificadas como perceptibles, que provocarán modificaciones al SAR.

Pérdida de Hábitat

La zona donde se realizará la modernización de la carretera federal 115 D (La Pera–Cuautla), presenta distintos tipos de vegetación, estos van desde zonas con Pastizales y vegetación secundaria derivada de la SBC que se consideró forestal en la porción Sur, hasta Bosques de encino entremezclados con especies exóticas en la porción Centro y Norte del trazo, lo que ha dado origen a una gran variedad de especies faunísticas de tipo generalista a lo largo del trazo actual. Dichas especies se han visto beneficiadas por la presencia de esta carretera en los últimos 40 años, ya que los procesos antrópicos en la zona han favorecido la presencia de diversas comunidades de animales a lo largo del derecho de vía actual, además en algunos predios cercanos al derecho de vía se realizan actividades agrícolas o perteneces a zonas urbanas y suburbanas favoreciendo aun más la presencia de especies generalistas.

De acuerdo a las observaciones realizadas durante la estancia en campo, las principales comunidades faunísticas se desarrollan hacia la porción Norte, es decir, en los primeros 4 Km del trazo (Km 0+800 al 4+800), pertenecen a especies de talla pequeña, de entre las más comunes están las ardillas (*Sciurus aureogaster y Spermophilus variegatus*), algunos conejos (*Silvylagus* sp.) y una gran variedad de lagartijas (*Sceloporus* sp.) y aves granívoras. Estas especies son características de los Bosques de encino de la región, sin embargo, se han registrado en sitios perturbados, como los centros urbanos, áreas con Acahuales y pastizal inducido. Los registros de estas especies se realizaron a través de rastros (excretas) y fotografía. En lo que respecta a los siguientes 8 kilómetros (del Km 4+800 al 12+800), se obtuvo el registro dentro del derecho de vía, de especies de tipo generalistas, entre ellas se encuentran los tlacuaches (*Didelphis virginiana*), los cacomixtles (*Bassariscus astutus*), los coatis (*Nasua narica*), así como zorrillos (*Spilogale* sp.), conejos (*Silvylagus* sp.), zorros (*Urocyon cineroargenteus*) y ratones de campo (*Peromyscus* sp*., Liomys, Reithrodontomys* sp.), la presencia de este tipo de animales obedece a 2 factores, el primero a la cercanía de asentamientos humanos (Santa Catarina y el poblado de Tepoztlán) que promueven la presencia de especies generalistas por la facilidad que tienen de conseguir alimento, ya sea a través del mal manejo de los residuos sólidos o por la presencia de alimento de los animales de traspatio; el segundo factor, a las tierras de cultivo cercanas a los sitios donde se realizará la modernización, estas áreas son aprovechadas por especies granívoras (ratones, conejos, ardillas), que atraen a una gran variedad de especies carnívoras y rapaces. En los siguientes kilómetros (del Km 12+800 al 20+700) las comunidades faunísticas identificadas en el derecho de vía comprenden especies con alto rango de adaptación a los disturbios, estos animales son de origen Neotropical y su distribución se encuentra ampliamente representada, durante los recorridos se identificaron madrigueras de ardillas de piedra (*Spermophilus variegatius*) y roedores, así como letrinas de tlacuaches (*Didelphys virginiana*), zorro (*Urocyon cineroargenteus*), además de restos de armadillos (*Dasypus novemcictus*) e iguanas prietas (*Ctenosaura pectinata*), de esta misma especie se encontró una población de aproximadamente 5 individuos en las inmediaciones del Km 19+000, además de una colonia de conejos hacia finales del trazo (Km 20+700). Por otro

lado, se observaron diversas especies de aves entre los Km 18+300 al 19+600, estas especies (*Cathartes aura, Caracara plancus* y *Coragyps atratus*,) son identificadas como carroñeras, las cuales se benefician de los individuos que mueren en las cercanías del trazo; entre el Km 19+700 al 21+300 las especies representativas son aves del orden de los paseriformes, entre los que destacan *Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Molotrhus aeneus, Toxostoma curvirostre*, entre otras.

La perdida de hábitat por las obras de modernización de la carretera federal 115 D (La Pera–Cuautla) afectarán de manera directa aquellas especies que son visitantes al derecho de vía (no ponen sus nidos ni madrigueras en el), ya que se estima un desmonte de 89.681 Ha, estas obras reducirán el hábitat potencial de 47 especies (Tabla V.6). Las áreas que mayor impacto tendrán son aquellas que presentan un estado de conservación bajo, en ellas se desmontaran, que corresponden a sitios donde el grado de diversidad está conformado por especies generalistas y comunes. El restante involucra áreas donde se asientan elementos forestales (Encinos) y en los que habitan especies un poco más susceptibles que las anteriores, debido a la interconexión que hay con áreas conservadas (grandes macizos forestales de Pino y Encino ubicados al Norte del trazo), entre las especies con potencial en la zona se encuentran algunas aves de rapiña, aves canoras y mamíferos de talla mediana.

La perdida de hábitat por despalme cuantifica la remoción de 105.54 Ha de suelo (incluye los taludes del cuerpo de circulación actual), este proceso puede afectar a distintas especies faunísticas, entre las que destacan las lagartijas (*Sceloporus horridus*), esta especie es la más común dentro del derecho de vía, ya que se ve favorecida por la presencia de vegetación secundaria, también se tienen registros de iguanas (*Ctenosaura pectinata*) en las inmediaciones en zonas donde se distribuye la Selva baja caducifolia y amplios conglomerados de rocas (inmediaciones del Km 18+800 al 19+000), en el caso de los anfibios, solo una especie presenta distribución sobre el derecho de vía (*Bufo marinus*), principalmente sobre las áreas de escurrimiento de los Bosques de encino y Selva baja. Para el caso de las aves, las especies que podrían resultar afectadas por este proceso son aquellas que presentan hábitos granívoros y que se distribuyen principalmente sobre el suelo, como ejemplo. están las codornices (*Colinus virginianus*) e individuos del grupo de las palomas (*Columbina inca y C. passerina*). En el caso de los mamíferos, las afectaciones principales serán sobre el grupo de los roedores, como ejemplo, se encuentran las ardillas y ratones, esto se debe a que son organismos netamente terrestres y en la mayoría de los casos generan sus madrigueras al ras del suelo. Las principales afectaciones para este grupo se darán entre los Km 15+800 al 19+600, ya que en estas regiones se presentan acahuales y vegetación de tipo caducifolia.

De acuerdo los registros obtenidos (por huellas, excretas, avistamientos, colectas de individuos atropellados y a la información consultada), existe una distribución potencial (entre especies transitorias y aquellas que se han beneficiado al distribuirse en la periferia del trazo actual), de 65 especies de vertebrados que podrían resultar afectadas por los procesos de desmonte y despalme; siendo las lagartijas y roedores (por lo regular estas especies construyen sus madrigueras debajo del suelo o sobre las oquedades), las mas afectadas. A continuación, se enlistan aquellas especies que resultarán afectadas por dichas actividades.

Tabla. V.6. Especies que resultaran afectadas por la pérdida de hábitat (ya que pueden ser visitantes al derecho de vía) durante los proceso de desmonte y despalme

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Desmonte	Despalme
Bufo marinus	Sapo común	-		▼
Hyla plicata	Rana de árbol pregada	A		▼
Rana forreri	Rana café	Pr		▼
Ctenosaura pectinata	Iguana	A	▲	▼
Sceloporus grammicus	Lagartija escamosa de mezquite	Pr	▲	▼
Sceloporus horridus	Chinete común	-	▲	▼
Sceloporus siniferus	Lagartija	-	▲	▼
Sceloporus utiformis	Lagartija	-	▲	▼
Urosaurus bicarinatus	Roñito de árbol	-	▲	▼
Oxybelis aeneus	Bejucillo	-	▲	▼
Salvadora mexicana	Culebra parchada	Pr		▼
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	Pr		▼
Colinus virginianus	Codorniz común	-		▼
Coragyps atratus	Zopilote común	-	▲	
Cathartes aura	Aura cabecirroja	-	▲	
Buteo albicaudatus	Aguililla cola Blanca	-	▲	
Caracara cheriway	Quebrantahuesos	-	▲	
Falco sparverius	Ceceto	-	▲	
Columba livia	Pichón	-	▲	▼
Columbina inca	Tórtola	-	▲	▼
Columbina passerina	Tortolita	-	▲	▼
Piaya cayana	Cuco ardilla	-	▲	
Geococcyx velox	Correcaminos	-		▼
Caprimulgus ridgwayi	Tapacaminos	-	▲	▼
Caprimulgus vociferus	Tapacaminos	-	▲	▼
Amazilia violiceps	Chupaflor corona	-	▲	
Momotus mexicanus	Pájaro reloj	-	▲	
Picoides scalaris	Carpintero listado	-	▲	
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	-	▲	▼
Pitangus sulphuratus	Luis grande	-	▲	▼
Tyrannus vociferans	Madrugador chilero	-		▼

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Desmonte	Despalme
Hirundo rustica	Golondrina tijerilla	-	▲	
Polioptila caerulea	Perlita común	-	▲	▼
Sialia mexicana	Ventura azul	-	▲	
Turdus rufopalliatus	Primavera	-	▲	
Turdus migratorius	Primavera real	-	▲	
Toxostoma ocellatum	Cuitlacoche pinto	-	▲	▼
Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche nopalero	-	▲	▼
Ptilogonys cinereus	Capulinero gris	-	▲	
Myioborus pictus	Pavito ocotero	-	▲	
Piranga flava	Piranga encinera	-	▲	
Piranga rubra	Piranga	-	▲	
Pipilo fuscus	Pájara vieja	-	▲	
Aimophila ruficauda	Zacatonero	-	▲	▼
Passerina caerulea	Picogordo azulejo	-	▲	
Quiscalus mexicanus	Zanate	-	▲	▼
Molothrus aeneus	Tordo ojirrojo	-	▲	▼
Molothrus ater	Tordo negro	-	▲	▼
Icterus wagleri	Calandria palmera	-	▲	
Icterus galbula	Calandria cenzontle	-	▲	
Euphonia elegantissima	Monjita de	-	▲	
Carpodacus mexicanus	Gorrión común	-	▲	▼
Tlacuatzin canenscens	Tlacuatzin	-		▼
Desmodus rotundus	Vampiro	-	▲	▼
Glossophaga soricina	Murciélago	-	▲	▼
Sturnira lilium	Murcielago	-	▲	▼
Dasypus novemcinctus	Armadillo	-		▼
Sylvilagus cunicularius	Conejo Montes	-		▼
Sciurus aureogaster	Ardilla gris	-		▼
Spermophilus variegatus	Ardillón	-		▼
Liomys irroratus	Ratón	-		▼
Peromyscus levipes	Ratón	-		▼
Peromyscus melanophrys	Ratón de campo	-		▼
Sigmodon hispidus	Ratón	-		▼
Bassariscus astutus	Cacomixtle	-		▼

Efecto Barrera

El efecto barrera, se produce cuando se impide la movilidad de los organismos o de sus estructuras reproductivas, lo que trae como consecuencia la limitación de su potencial para dispersión y colonización. Debido a este efecto, muchos animales que consumen los recursos que se encuentran dispersos, no pueden moverse libremente a través del terreno y dichas especies se ven limitadas en su alimentación, ya que no pueden pasar a los hábitat vecinos (Arroyave *et al*. 2006).

Durante la década de los 60 la construcción de esta carretera generó un efecto de fragmentación entre los macizos forestales, dicha fragmentación interrumpió el flujo de las especies de manera vertical entre el extremo Norte y el Sur, orillando a muchas especies a competir y en algunos sitios a desplazarse de la zona. A más de 50 años de haber sido construida la carretera 115 D, las rutas faunísticas se han restablecido y actualmente existe un intercambio entre la diversidad de la porción Norte y Sur, dichas especies aprendieron a desplazarse a través de los sistemas de drenaje natural (escurrimientos y cañadas) disminuyendo así el efecto barrera que se había generado en un principio, sin embargo, hasta el momento existen registros de especies que han sido perjudicadas o que no han aprendido a desplazarse a través de estos sistemas, derivando en una merma poblacional que no pone en peligro la existencia de la especie. De esta forma, la modernización de la carretera 115 D no agravará el efecto generado hasta el momento, sin embargo, se pueden presentar mayor cantidad de bajas por el riesgo de atropellamiento, no obstante, el flujo genético de las especies permanecerá.

El efecto barrera será notorio en aquellos sitios donde se generen los desmontes de vegetación primaria (Tabla V.7), esto por la perdida de hábitat y la suplantación por infraestructura restando el flujo de las especies presentes en estas zonas; este efecto será más notorio sobre organismos de talla pequeña, como los reptiles (lagartijas y serpientes), roedores y algunas aves terrestres; debido a su lento desplazamiento, hábitos hogareños y las características físicas del terreno. En un principio los patrones de distribución se verán modificados por la presencia de los trabajadores durante la etapa de construcción, posteriormente las rutas se restablecerán[4] a través de los pasos inferiores para fauna y la reutilización de los corredores naturales (cañadas, ríos, etc).

Tabla V.7. Principales áreas donde se presentan rutas de fauna a través de sistemas de cañada

Punto	UTM	Punto	UTM
1	14Q 482431.34, 2101885.42	15	14Q 486770.47, 2101112.03
2	14Q 482974.86, 2101820.71	16	14Q 487143.40, 2100304.49
3	14Q 483245.51, 2101812.01	17	14Q 487226.55, 2099995.16
4	14Q 483632.88, 2101871.84	18	14Q 487370.79, 2099745.62
5	14Q 484181.04, 2101833.22	19	14Q 491837.10, 2097702.11

[4] Durante la estancia en campo se identifico en las cercanías de los Km 3+930 - 4+010, 4+330 - 4+370, 4+550 - 4+710, 5+320 - 5+570, 9+230 - 9+330,9 +730 - 9+81rastros de actividad, principalmente especies de talla mediana (zorras, tejones, tlacuaches), en estas zonas se aprecian escurrimientos intermitentes, los cuales fungen como corredores entre la porción Norte y Sur para distintas especies.

Punto	UTM	Punto	UTM
6	14Q 484509.13, 2101903.80	20	14Q 492563.68, 2097254.08
7	14Q 484671.33, 2101873.47	21	14Q 494261.87, 2094885.25
8	14Q 484996.26, 2101784.10	22	14Q 494611.78, 2094894.63
9	14Q 485155.01, 2101742.18	23	14Q 494797.76, 2094850.61
10	14Q 485405.33, 2101597.58	24	14Q 495152.39, 2094562.67
11	14Q 485773.05, 2101520.62	25	14Q 495414.12, 2093981.83
12	14Q 486128.53, 2101368.4	26	14Q 496826.16, 2093672.30
13	14Q 486380.71, 2101260.63	27	14Q 497044.64, 2093461.09
14	14Q 486702.67, 2101163.57		

Atropellamiento

Durante los recorridos en campo, se cuantificó el índice de individuos atropellados en la carretera actual, este asciende a un promedio de 1.8 individuos al día, tomando en cuenta que las características actuales de la carretera son 10 m ancho con una velocidad de 70 Km/h y la modernización de esta vía contempla un ancho de corona de 24 m y una velocidad 110 Km/h, el índice de atropellamiento esperado podría incrementarse a 3.8 individuos promedio al día. Como resultado de los muestreos se cuantificó el atropellamiento de 19 especies, siendo el grupo de los mamíferos el más afectado, con 10 especies y 45 individuos, seguido por el grupo de las aves con 6 especies y 35 individuos atropellados y por último, el grupo de los herpetos con 3 especies y 29 individuos atropellados. Del total de individuos identificados, la especie más frecuente durante los muestreos fue *Ctenosaura pectinata*, seguida de *Passer domesticus y Didelphis virginiana* (Figura V. 2).

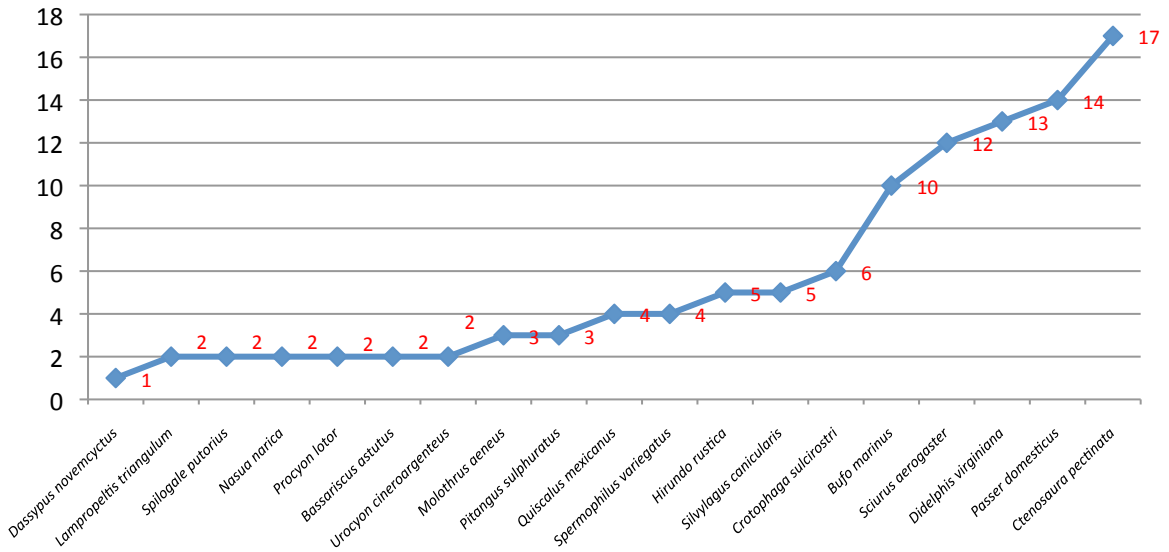


Figura V.2. Número de especies atropelladas identificadas durante el muestreo

De acuerdo al tipo de vegetación presente en el derecho de vía, la zona que mayor impacto presentó fue la de Acahuales, con 22 especies, seguido de Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia y áreas con Pastizal con 21 atropellos, las zonas del derecho de vía que menos impacto presentaron fueron los asentamientos humanos, esto se supone a la falta de vegetación que permita el resguardo de las especies (Figura V.3).

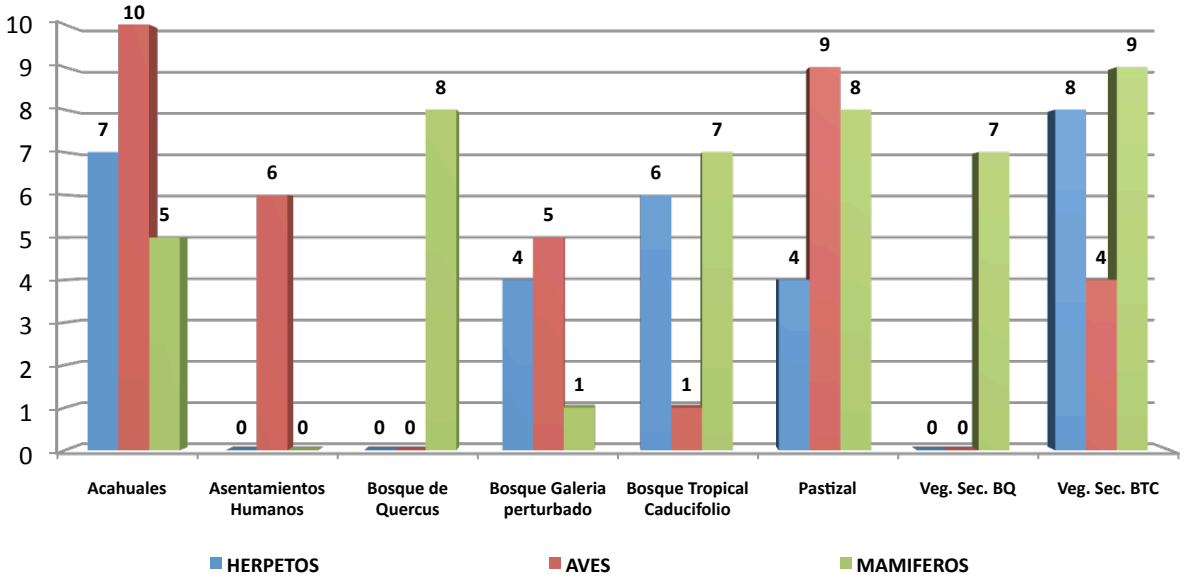


Figura V.3. Frecuencia de atropellamiento vinculado al tipo de vegetación sobre el derecho de vía del trazo actual

Debido a que el trazo actual tiene un ancho de corona en promedio de 9 m, el índice de atropellamiento es relativamente bajo, es decir, 1.8 Individuos al día[5], esta baja incidencia se debe a que los limites de velocidad y el cuerpo de la carretera no permite que los automotores excedan los 90 Km/h, sin embargo, la modernización de esta autovía pretende pasar de 9 a 24 m el ancho de corona y aumentar los rangos de velocidad de 90 Km/h a 110 Km/h, estimando un TDPA de 11,500 automotores, estas condiciones cambiarán la forma en cómo se distribuirán las especies, ya que se generará mayor cantidad de ruido y aumentará la frecuencia de atropellamiento, pasando de 657 individuos atropellados anualmente a una estimación[6] de 1,405 individuos; este impacto en la fauna será mitigado a través de la implementación de sistemas de disuasión y la colocación de pasos de fauna. El índice de atropello actual estima la afectación de 19 especies, sin embargo, entorno al derecho de vía actual, existe un potencial de distribución de 71 especies (Tabla V.8), las cuales no presentaron afectación durante los procesos de muestreo; esto se puede deber a diferentes factores, entre ellos la época de apareamiento, la disponibilidad de alimento y la época del año. Debido a que estos muestreos se realizaron a finales de la época de estiaje, el flujo de diversidad en la región fue bajo, esto se debió a que muchas de las especies siguen arraigadas a determinadas regiones por la disponibilidad de alimento. Como se mencionó, 71 especies son las que presentan potencial de atropellamiento, a continuación se enlistan cada una de ellas y el estado de conservación que guardan.

Tabla V.8. Especies identificadas sobre el derecho de vía y presentan riesgo de atropellamiento

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Bufo marinus	Sapo verrugoso	-
Micrurus laticollaris	Serpiente coralillo del Balsas	Pr
Ctenosaura pectinata	Iguana	A
Sceloporus grammicus	Lagartija escamosa de mezquite	Pr
Sceloporus horridus	Chinete común	-
Sceloporus siniferus	Lagartija	-
Sceloporus utiformis	Lagartija	-
Urosaurus bicarinatus	Roñito de árbol	-
Oxybelis aeneus	Bejucillo	-
Salvadora mexicana	Culebra parchada	Pr
Micrurus laticollaris	Coralillo del balsas	Pr

[5] Los muestreo se programaron cada tercer día, dos veces al día, en un horario de 8:30 hrs y 18:30 hrs, de esta forma se realizaron 2 recorridos por día de muestreo de 5 horas; para cada individuo atropellado se realizo el levantamiento de datos en una ficha de campo, en la que fue registrada: localidad, fecha, hora, día de la semana, coordenadas geográficas, altitud y entorno, indicando la cobertura de vegetación o uso de suelo. Para cada animal se anoto la especie, y en caso de poder determinarse la edad y sexo.

[6] La estimación se obtuvo a través de multiplicar el índice promedio anual actual (1.8 ind/día) por el porcentaje de la sobredimensión del cuerpo de la carreta ya modernizada).

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Colinus virginianus	Codorniz común	-
Coragyps atratus	Zopilote común	-
Cathartes aura	Aura cabecirroja	-
Buteo albicaudatus	Aguililla cola Blanca	-
Caracara cheriway	Quebrantahuesos	-
Falco sparverius	Ceceto	-
Columba livia	Pichón	-
Columbina inca	Tórtola	-
Columbina passerina	Tortolita	-
Piaya cayana	Cuco ardilla	-
Geococcyx velox	Correcaminos	-
Caprimulgus ridgwayi	Tapacaminos	-
Caprimulgus vociferus	Tapacaminos	-
Amazilia violiceps	Chupaflor corona	-
Momotus mexicanus	Pájaro reloj	-
Picoides scalaris	Carpintero listado	-
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	-
Pitangus sulphuratus	Luis grande	-
Tyrannus vociferans	Madrugador chilero	-
Hirundo rustica	Golondrina tijerilla	-
Polioptila caerulea	Perlita común	-
Sialia mexicana	Ventura azul	-
Turdus rufopalliatus	Primavera	-
Turdus migratorius	Primavera real	-
Toxostoma ocellatum	Cuitlacoche pinto	-
Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche nopalero	-
Ptilogonys cinereus	Capulinero gris	-
Myioborus pictus	Pavito ocotero	-
Piranga flava	Piranga encinera	-
Piranga rubra	Piranga	-
Pipilo fuscus	Pájara vieja	-
Aimophila ruficauda	Zacatonero	-

Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Passerina caerulea	Picogordo azulejo	-
Quiscalus mexicanus	Zanate	-
Molothrus aeneus	Tordo ojirrojo	-
Molothrus ater	Tordo negro	-
Icterus wagleri	Calandria palmera	-
Icterus galbula	Calandria centzontle	-
Euphonia elegantissima	Monjita de	-
Carpodacus mexicanus	Gorrión común	-
Liomys irroratus	Tucita	-
Baiomys musculus	Ratón de campo	-
Oryzomys couesi	Rata de campo	-
Peromyscus sp	Rata de campo	-
Sigmodon hispidus	Ratón de campo	-
Sylvilagus cunicularius	Conejo	-
Leptonycteris curasoae	Murciélago	-
Artibeus intermedius	Murciélago	-
Sturnira lilium	Murciélago	-
Myotis velifer	Murciélago	-
Didelphis virginiana	Tlacuache	-
Dasypus novemcinctus	Armadillo Nueve bandas	-
Desmodus rotundus	Murciélago vampiro	-
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris,	-
Canis latrans	Coyote	-
Mephitis macroura	Zorrillo de dos bandas	-
Spilogale putorius	Zorrillo manchado	-
Bassariscus astutus	Cacomixtle	-
Procyon lotor	Mapache	-
Sciurus aureogaster	Ardilla de árbol	-
Spermophilus variegatus	Ardilla de las rocas	-

A continuación, se indica el índice de atropellamiento de los individuos muestreados durante los recorridos en campo (Tabla V.9).

Tabla V.9. Índice de atropellamiento de 19 especies identificadas en 60 días de monitoreo

Especie	No. Individuos	Índice de atropellamiento en 60 días
Hirundo rustica	5	4.59
Passer domesticus	14	12.84
Molothrus aeneus	3	2.75
Pitangus sulphuratus	3	2.75
Quiscalus mexicanus	4	3.67
Crotophaga sulcirostri	6	5.50
Bufo marinus	10	9.17
Ctenosaura pectinata	17	15.60
Lampropeltis triangulum	2	1.83
Silvylagus canicularis	5	4.59
Dassypus novemcyctus	1	0.92
Spilogale putorius	2	1.83
Nasua narica	2	1.83
Procyon lotor	2	1.83
Spermophilus variegatus	4	3.67
Bassariscus astutus	2	1.83
Urocyon cineroargenteus	2	1.83
Didelphys virginiana	13	11.93
Sciurus aerogaster	12	11.01
Total	109	100.00

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Paisaje

Para el paisaje se identificaron 2 interacciones, las 2 resultaron perceptibles, debido a la disposición del material de desperdicio, lo primero, serán el producto del despalme que se calculó 292,572 m^3 y el desmonte que se calculó en 418.94 m^3. En primer lugar, si el material de desperdicio solo es acamellonado o dispuesto en alguna ladera, o cañada, se daría una alteración de los ciclos biogeoquímicos del lugar, además de pérdida de hábitat en la superficie de disposición y hasta donde llegará el material; sin contar con la contaminación del agua en caso de disponerse en algún arroyo. En teoría, las normas de SCT prohíben la disposición del material de desperdicio en sitios no autorizados, desgraciadamente en la realidad, esto se sigue dando, hemos documentado varios caminos rurales que tiran el material a fondo caído sobre vegetación forestal que en algunos casos son ecosistemas

frágiles, independientemente que este prohibido o no. En una salida a campo de otro camino (en el 2007) se identificó en Veracruz una disposición que estaban haciendo en una cañada; la otra imagen fue tomada en 2005 en la construcción de un camino del tipo C en Oaxaca (Figura V.4), donde se desmontaba, despalmaba y nivelaba en un solo frente de ataque (con un D8) y todo el material era lanzado ladera abajo para evitar costos de acarreo. Eso no se ha documentado aún en ninguna carretera que promueva carreteras federales de la SCT.



Figura V.4. Disposición inadecuada del material de desperdicio, ninguna de las fotos se tomó en el tramo y se realizaron en el 2007 y 2005 respectivamente

Además de los residuos pétreos o de origen orgánico, están los residuos procedentes del manejo de combustibles y del mantenimiento menor y manejo de la maquinaria; si estos no se manejan de forma adecuada, pueden terminar en el derecho de vía o abandonados una vez terminada la obra.

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Economía local

La economía local, tiene 8 interrelaciones positivas, de ellas solo 1 fue considerada perceptible.

Las interrelaciones que se refieren a la contratación de personal no se consideraron perceptibles a escala del SAR, ya que aunque se contratará a 1,000 personas para la construcción del trazo, esto no es perceptible en la economía del SAR, ya que dependen de actividades de mayor envergadura que vienen gestándose hace años y que conforman el escenario tendencial con y sin proyecto.

La interrelación que se consideró perceptible es benéfica y se refiere a que la economía local tendrá un beneficio, ya que impulsará el desarrollo turístico y los pobladores dedicados al sector agropecuario podrán sacar con mayor rapidez y seguridad sus productos.

Los pobladores de las localidades por donde cruza el trazo desarrollan actividades primarias y terciarias, la modernización de esta vialidad favorecería su desplazamiento del turismo a las localidades de Tepoztlán, Oaxtepec y Cuautla y la comercialización de sus productos agropecuarios, así como el traslado de insumos.

El municipio de Tepoztlán forma parte del programa nacional Pueblos Mágicos y sirve como punto estratégico para recorridos turísticos en el estado de Morelos, principalmente hacia la zona de balnearios, la ruta de los conventos, la de Zapata y hacia municipios como Cuernavaca, Cuautla, Yautepec y Tlayacapan entre otros, por lo que es de gran interés tener una comunicación terrestre ágil. Los principales productos que se transportan a través de la carretera que se pretende ampliar, son animales de granja, granos, hortalizas, frutas y algunos productos típicos de la región y artesanías.

Esta obra es sinérgica a otras como el distribuidor vial "José María Morelos y Pavón" en Cuautla, y el Par Vial Cocoyoc-Oaxtepec, que en su conjunto darán conectividad y agilizarán la circulación del eje Golfo–Pacífico, favoreciendo la conectividad de 2 puertos de gran importancia económica como son el puerto de Veracruz en el Golfo de México y el puerto de Acapulco en el Pacífico mexicano.

Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos.

Transporte

Se identificaron 2 interacciones para transporte, de las que solo 1 resultó perceptible.

La operación de la carretera federal 115 D, una vez modernizada, permitirá la reducción de tiempos de traslado hasta en 30 minutos. A nivel estatal, la modernización fortalece los circuitos Morelos–Distrito Federal–Puebla, ya que agilizará y disminuirá los tiempos de traslado.

Tepoztlán, se ve favorecido por un sistema carretero, que le sirve de comunicación con el Distrito Federal y su zona metropolitana y con ciudades dentro del mismo estado como son su capital, Cuernavaca, la ciudad de Cuautla; Yautepec y conecta también con el estado de Puebla, por lo que la modernización beneficiara los flujos carreteros de largo itinerario que se desplazan por las rutas mencionadas. La modernización de este trazo permitirá fortalecer el uso de esta vía al mejorar sus niveles de rapidez y seguridad.

Actualmente la vialidad se encuentra en operación, pero es angosta y no cuenta con acotamientos lo que dificulta la circulación al ser difícil el rebase de vehículos pesados, la velocidad máxima actual es de entre 40 - 70 km/h, y su TDPA es de 11,500 veh/d, con la modernización se espera alcanzar velocidades de entre 90 - 110 km/h y aumentar el TDPA a 12,000 veh/d.

Las nuevas especificaciones de la carretera, permitirán un rebase más seguro, contará con un tercer carril para ascenso con lo que el transporte pesado dejará de ser un factor que incida en la disminución abrupta de la velocidad o rebases imprudentes con lo que se espera que los accidentes en el tramo correspondiente a La Pera–Cuautla, disminuyan sustancialmente.

Impacto 8. Agilización del transporte a través de la carretera No.115 D, La Pera-Cuautla

V.4. Descripción del método de valoración de impactos ambientales, diferenciación de impactos significativos de los no significativos; descripción de los impactos en cuanto a su magnitud, duración, permanencia, extensión, sinergia e interés

V.4.1. Metodología seguida para la evaluación cuantitativa de los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales

Se utilizó un método de evaluación multicriterio que consiste en convertir la descripción cualitativa de los criterios determinados (cualidad, magnitud, duración, etc.) a valores numéricos y luego de integrar esos valores en un indicador que permita discriminar los impactos perceptibles (Tabla V.10). Para asignar valores numéricos a las descripciones cualitativas de los criterios se utilizaron convenciones definidas en la Tabla V.11.

Debe señalarse que la relación entre valores y descripción tiene el doble propósito de facilitar la diferenciación en el grado y realizar las operaciones matemáticas para calcular un valor numérico al impacto, que tome en cuenta los criterios considerados.

Tabla V.10. Asignación de valores numéricos a las relaciones actividad-factor consideradas cualitativamente como perceptibles

Magnitud		Duración		Extensión	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Muy bajo (solo una interacción)	1	Por semanas	1	No toca áreas conservadas	1
Bajo (dos interrelaciones)	2	Por meses	2	Entre 0.01% y 0.05% de áreas conservadas	2
Moderado (tres interrelaciones)	4	Por años	4	Entre 0.05% y 0.12% de áreas conservadas	4
Alto (cuatro interrelaciones)	7	Por décadas	7	Entre 0.12% y 0.2% de áreas conservadas	7
Muy alto (más de 5 interrelaciones)	9	Más tiempo	9	Más de 0.2% de zonas conservadas del SAR	9

Interés		Contexto		Sinergia	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Ausente	1	No toca sitios frágiles ni muy frágiles	0.8	No detectada	1.0

Magnitud		Duración		Extensión	
Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Pocas personas	2	Hasta 10% en sitios frágiles	1.0	Acumulación	1.1
Centenares	4	Entre 10 y 30% en sitios frágiles	1.1	Sinergia	1.3
Miles	7	Más de 30% en sitios frágiles, toca muy frágiles.	1.3		
Generalizado	9	Más de 5% en zonas muy frágiles	1.5		

El indicador se calculó mediante la multiplicación de importancia (i), sinergia (s) y contexto (c). Los valores de sinergia y contexto se asignan como se explica en la Tabla V.10. La importancia del impacto se calcula dividiendo entre 9 la raíz cuarta del producto de los valores numéricos de los criterios magnitud, duración, extensión e interés. Al extraer la raíz cuarta del producto de los valores de magnitud, duración, extensión e interés, se ha calculado la media geométrica, que es una medida de tendencia central[7]. Al dividir entre 9, que es el máximo posible (en el caso de que todos los criterios tuvieran valor de 9), los valores de importancia se acotan entre cero y uno. Contexto y sinergia, por su parte, actúan como factores que crecen o decrecen el valor calculado para la importancia.

A partir de lo anterior, en la Tabla V.10 se expresan la evaluación de los impactos, mismos que se clasifican en 4 grupos, de acuerdo al valor del indicador. En el primer grupo se unen los impactos no relevantes, lo que permite concentrar la atención en el análisis de los relevantes (Tabla V.11), lo que es congruente con lo que solicita el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, como se señaló en el Capítulo III.

Tabla V.11. Valores límite del indicador de impacto

Intervalo	Categoría	Relevancia[8]
menor de 0.400	Bajo	No significativo
0.401 a 0.600	Moderado	Significativo
0.601 a 0.800	Alto	Significativo
mayor de 0.801	Muy alto	Significativo

[7] Una medida de tendencia central proporciona un valor que, bajo un conjunto de consideraciones, es descriptivo del conjunto de valores que intervinieron en su generación. El promedio o media aritmética es una medida de tendencia central bastante extendida. La media geométrica es, también, una medida de tendencia central y se considera más adecuada para los propósitos de estudios de impacto ambiental, debido a su mayor sensibilidad hacia los valores bajos en el conjunto considerado.

[8] En los términos de la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental.

V.4.2. Evaluación de los impactos y detección de los relevantes

A partir de lo presentado en la Tabla V.4 y Tabla V.5 se detectaron 8 probables impactos ambientales del proyecto, debido a que en el punto V.2 se les designó como perceptibles en el SAR.

A continuación los impactos se describen bajo 5 criterios, que son: Cualidad (si es adverso o benéfico para los procesos del medio natural y social en el SAR), Intensidad o Magnitud (que tan notable es su efecto para el o los factores ambientales involucrados), Extensión geográfica (la proporción y calidad de la superficie del SAR en donde serán evidentes los efectos), Duración (el orden de magnitud del periodo en el que el sistema podría reponerse de dicho impacto, si cesaran las causas que lo originan, o bien, el orden de magnitud que el proyecto generará) y Acumulación. Este último criterio se relaciona con la ocurrencia en el SAR de otras fuentes de perturbación cuyos efectos podrían actuar de manera conjunta con los impactos que el proyecto original. La Acumulación y la Sinergia se definen típicamente, como la generación de efectos aditivos (en el caso de acumulación) o de orden superior (en el caso de la sinergia).

Los resultados se presentan en la Tabla V.10, una vez descritos, se les asigna el valor numérico indicado en Tabla V.9 y se aplica el método con lo que se identifica si el impacto es significativo o no (Tabla V.10). De acuerdo a la definición establecida por la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, se considera Impacto Ambiental Significativo o Relevante (a aquel que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales).

Impacto 1 Incorporación de partículas suspendidas por movimiento de materiales pétreos durante la construcción del trazo.

Magnitud. 2 interrelaciones perceptibles. Se le asigna un valor de 2.

Duración. Su duración será semanas cuanto más, ya que se levantan los polvos y en menos de 24 h se precipitan de nuevo. Si es época de lluvias no hay generación de polvos. Se le asigna un valor de 1.

Extensión. Será a lo largo del área entre línea de ceros por lo que ocupará un área de 310.57 Ha que corresponde al 0.89% del SAR; de esa superficie 0.1% será en zonas conservadas. Se le asigna un valor de 4.

Interés. Los polvos son muy molestos para las personas, pero estos se generarán lejos de las poblaciones, por lo que solo será importante para los propios trabajadores. Se les asignó un valor de 2.

Contexto. La afectación será a lo largo de todo el trazo, en todo caso se afectará el 11.51% en zonas frágiles, de las que 0.89 es muy frágil por lo que se le asignó un valor de 1.1.

Sinergia. Este impacto es acumulativo a la erosión eólica que ya se da en el SAR, en las zonas planas en la cercanía de Oacalco. En un equivalente de 38.7 Ha cesará la erosión eólica, una vez construido el cuerpo del terraplén, porque el asfalto lo evitará. Como es un

impacto acumulativo a la erosión eólica que se da actualmente en el SAR se le asignó un valor de 1.1.

Cualidad. Adverso.

Impacto 2 Mantenimiento a la vía para su óptimo funcionamiento.

Magnitud. 2 interacciones perceptibles. Se le asigna un valor de 2.

Duración. Su duración será de meses mientras la vía requiera de más mantenimiento. Se le asigna un valor de 2.

Extensión. Será a lo largo del derecho de vía por lo que ocupará un área de 121.20 Ha que corresponde al 1.03% del SAR, de las que 13.95 Ha serán en zonas conservadas que corresponden al 0.12% del SAR. Se le asigna un valor de 7.

Interés. Los usuarios están muy interesados en que la vía esté en óptimo funcionamiento. Se le asigna un valor de 7.

Contexto. El mantenimiento será sobre el derecho de vía, que no será frágil en ninguno de sus tramos. Se le asigna valor de 0.8.

Sinergia. No hay otra obra o actividad en el SAR que se sume o multiplique a los efectos de este impacto, por lo que se considera simple. Se le asignó un valor de 1.

Cualidad. Benéfico.

Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén.

Magnitud. 2 interacciones perceptibles. Se le asigna un valor de 2.

Duración. Su duración será permanente, una vez despalmado y nivelado no se recuperará el suelo en dicho sitio. Se le asigna un valor de 9.

Extensión. Será a lo largo del área de despalme por lo que ocupará un área de 105.54 Ha que corresponde al 0.89% del SAR, de esa superficie 0.1% será en zonas conservadas. Se le asigna un valor de 4.

Interés. Realmente a pocas personas les interesa la pérdida del suelo en un área de 105.54 Ha, que ya están pagadas y serán propiedad de la federación en cuanto se libere el derecho de vía. Se le asigna un valor de 2.

Contexto. La afectación será a lo largo de todo el trazo, en todo caso se afectará el 11.51% en zonas frágiles, de las que 0.89 es muy frágil por lo que se le asignó un valor de 1.1.

Sinergia. El SAR a sufrido pérdida de suelo orgánico debido a erosión hídrica, a dicha perdida se sumará el retiro de suelo orgánico debido al despalme, por lo que el impacto se considera acumulativo. Se le asignó un valor de 1.1.

Cualidad. Adverso.

Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Magnitud. 2 interacciones perceptibles. Se le asigna un valor de 2.

Duración. Su duración será permanente, una vez desmontado no volverá a tener cobertura vegetal porque pasará a ser parte del cuerpo del terraplén. Se le asigna un valor de 9.

Extensión. Será en una superficie de 89.681 Ha que corresponde al 0.06% de zonas consideradas conservadas. Se le asigna un valor de 2.

Interés. Siempre la vegetación es lo más visible ambientalmente, como se ha indicado ambientalmente no hay problema en cuanto al desmonte; no obstante, los grupos políticos de la región es común que tomen la bandera ambiental para oponerse a proyectos que se noten, para que ellos mismos sean conocidos en el área y ganar ventaja en elecciones o donaciones, se le asignó un valor de 7.

Contexto. La afectación será en sitios frágiles y muy frágiles (0.89%), por lo que se le asignó un valor de 1.3.

Sinergia. El SAR ha perdido en el tiempo parte de su superficie de vegetación forestal, aunque la tasa de cambio de uso de suelo ha disminuido en los últimos años (lo peor se dio en las décadas de los 60´s y 70´s) y es posible la regeneración de algunas parcelas de Pastizales inducidos a Acahuales, la perdida de la vegetación original en el tiempo sigue existiendo. Se le asignó un valor de 1.3.

Cualidad. Adverso.

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Magnitud. Se identificaron 4 interrelaciones perceptibles. Se le asigna un valor de 7.

Duración. Su duración será permanente en el sitio de ampliación, pero el tiempo que la fauna se reordene será en 2 años. Se le asignó un valor de 4.

Extensión. Para la extensión se consideró el 8% del SAR ya que un cambio en la diversidad alfa provoca una modificación en la beta, del SAR, aunque se mencionó que la gama no sufrirá cambios. Entonces se tendrá más del 0.2% en áreas conservadas, se le asignó un valor de 9.

Interés. Algunos grupos académicos, ejidatarios y ONG´s ambientalistas se preocupan por la fauna y sus rutas de movimiento, en el caso de esta obra no es importante la oposición porque se trata de la modernización de un trazo existente, que presupone la mejor opción para la construcción de una vía de mejores especificaciones. Se le asignó un valor de 2.

Contexto. Se afectará fauna de amplio desplazamiento que llega habitat zonas frágiles, aunque la fauna más especialsita no se tocará, valor de 1.3.

Sinergia. Definitivamente este impacto es sinérgico, la modificación en la biodiversidad alfa de una localidad determinada, provoca modificación en la beta. En el escenario actual del SAR sin proyecto se detectó una fuerte fragmentación y pérdida de hábitat hacia el Sur del SAR en aproximadamente 40% de su superficie, aunque no se consideró que esta tendencia

se agravaría sensiblemente para el 2020. Además la modernización es sinérgica a los impactos sobre la fauna que están ocurriendo con el trazo en operación. Se le asigna un valor de 1.3.

Cualidad. Adverso.

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Magnitud. 2 interacciones perceptibles. Se le asigna un valor de 2.

Duración. Se considera que durará años para los desperdicios mal dispuestos y que se integran al sistema. Se le asignó un valor de 4.

Extensión. Para desperdicios, se calculó un área extra de 100 m, a cada lado del derecho de vía, por lo que se midió en 219.33 Ha que corresponden al 1.86% del SAR, de las que 13.22 Ha medianamiente perturbadas (0.11% del SAR), y podrían verse afectadas. Se le asignó un valor de 4.

Interés. Normalmente los desechos no son muy visibles y no se espera que haya tanta oposición como otras cuestiones, no obstante, comunidades organizadas, ONG´s e instituciones académicas pueden oponerse a desperdicios inadecuados, por lo que se calculó en 4.

Contexto. De los desperdicios algunos podría darse en zonas frágiles y muy frágiles, de estas menos del 30% serán en este tipo de áreas. Se le asignó un valor de 1.1

Sinergia. Los desechos serían acumulativos a los desechos que dejan los usuarios a los lados del trazo en operación. Se le asigna un valor de 1.1.

Cualidad. Adverso.

Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos.

Magnitud. Recibe 1 interacción. Se le asigna un valor de 1.

Duración. Su duración será permanente toda vez que tenga un adecuado mantenimiento. Se la asigna un valor de 9.

Extensión. La extensión será solo en los poblados aledaños al trazo, que constituyen el 7% del SAR en sitios perturbados y muy perturbados. Se le asigna un valor de 1.

Interés. Hay mucho interés de los poblados aledaños de la modernización del trazo, llevan años pidiéndolo. El interés deriva sobre todo en que habrá menos accidentes automovilísticos y por lo tanto muertos. Se le asignó un valor de 7.

Contexto. El contexto incluye todo el SAR pero exclusivamente zonas perturbadas y muy perturbadas que es donde viven o se mueven los beneficiarios. Se le asigna un valor de 1.

Sinergia. El efecto de su construcción será sinérgico debido a que a los beneficios que tiene la operación de una carretera de altas especificaciones, en una zona donde son comunes los

automotores lentos. Los poblados del SAR podrán hacer sus actividades en centros más grandes, con los beneficios que eso significa. Se le asignó 1.3

Cualidad. Benéfico.

Impacto 8. Agilización del transporte a través de la carretera No.115 D La Pera-Cuautla.

Magnitud. Recibe 1 interacción. Se le asigna un valor de 1.

Duración. Su duración será permanente toda vez que tenga un adecuado mantenimiento. Se la asigna un valor de 9.

Extensión. La extensión será de todo el SAR y fuera de este, incluyendo sus zonas conservadas y perturbadas. Se le asigna un valor de 9.

Interés. Hay interés de que esta obra se realice por parte de gobiernos locales y regionales. Se le asignó un valor de 9.

Contexto. El contexto incluye todo el SAR y fuera de este, pero con menos del 30. Se le asigna un valor de 1.1.

Sinergia. El efecto de su construcción será sinérgico debido a la reducción del transito al interior y agilizar movimientos aún afuera del SAR. Se le asigna un valor de 1.3.

Cualidad. Benéfico.

Una vez descrito cada uno de los impactos en cuanto su magnitud, duración extensión, interés, contexto y sinergia se aplicó el método planteado en el punto V.3.1, y se obtienen los resultados, de los que 8 impactos descritos, 2 se consideran NO SIGNIFICATIVOS porque quedaron en la categoría de bajos, de los 6 restantes, 4 son adversos, 2 en la categoría de moderados, uno alto y otro como muy alto. De los dos impactos benéficos uno quedó en la categoría de moderado y el otro como muy alto (Tabla V.12).

Tabla V.12. Evaluación cuantitativa de los impactos ambientales e identificación de impactos relevantes o significativos

Impacto	Magnitud	Duración	Extensión	Interés	Importancia	Contexto	Sinergia	Indicador	Categoría	Relevante
Impacto 1 Incorporación de partículas suspendidas por movimiento de materiales pétreos durante la construcción del trazo	2	1	4	2	**0.222**	1.1	1.1	**0.269**	Bajo	No Relevante
Impacto 2 Mantenimiento a la vía para su óptimo funcionamiento	2	2	7	7	**0.416**	0.8	1	**0.333**	Bajo	No Relevante
Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén	2	9	2	4	**0.385**	1.3	1.1	**0.550**	Moderado	Relevante
Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal	2	9	2	7	**0.443**	1.1	1.3	**0.633**	Alto	Relevante
Impacto 5 Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento	7	4	9	2	**0.526**	1.3	1.3	**0.890**	Muy alto	Relevante

Tabla V.12. Evaluación cuantitativa de los impactos ambientales e identificación de impactos relevantes o significativos

Impacto	Magnitud	Duración	Extensión	Interés	Importancia	Contexto	Sinergia	Indicador	Categoría	Relevante
Impacto 6										
Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio	2	4	4	4	**0.374**	1.1	1	**0.411**	Moderado	Relevante
Impacto 7										
Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos	1	9	1	7	**0.313**	1	1.3	**0.407**	Moderado	Relevante
Impacto 8										
Agilización del transporte a través de la carretera No.115 La Pera-Cuautla	1	9	9	9	**0.577**	1.3	1.3	**0.976**	Muy alto	Relevante

Fueron 6 impactos que resultaron RELEVANTES.

Resultó 1 impacto adverso en la categoría de muy alto: Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Quedó 1 impacto adverso en la categoría de alto: Impacto 4. Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Quedaron 2 impactos adversos en la categoría de moderados: Impacto 3. Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén; e Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Resultaron 2 impactos benéficos relevantes 1 quedó en la categoría de muy alto Impacto 8. Agilización del transporte a través de la carretera No.115 D La Pera-Cuautla. Y otro en categoría de moderado: Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos.

De los impactos que resultaron NO RELEVANTES fueron 2 adversos: Impacto 1. Incorporación de partículas suspendidas por movimiento de materiales pétreos durante la construcción del trazo; Impacto 2. Mantenimiento a la vía para su óptimo funcionamiento; y el

V.5. Escenario ambiental tendencial modificado por el proyecto

V.5.1 Descripción del escenario tendencial del SAR con proyecto

Para evaluar el tendencial del SAR con la ampliación de la carretera actual, es decir, con el proyecto en un escenario de 15 años o bien al año 2025, se le agregó la liberación del derecho de vía de la carretera; se utilizó el algoritmo CA_Markov, incluido en el programa de cómputo IDRISI. El algoritmo utiliza cadenas Markovianas que permiten calcular la probabilidad de cambio de una clase a otra con base en la matriz de cambios de un cierto lapso. La idea subyacente es que los cambios observados en un periodo de tiempo tienen tendencia a repetirse en un periodo posterior (Paegelow et al, 2003). A partir de esto, se generó una matriz de transición que toma en cuenta la matriz de un momento inicial (el uso del suelo y vegetación 2009 o el actual) y la de uno siguiente (el uso del suelo y vegetación del 2025 con proyecto). La matriz de transición permite el cálculo de cuáles serán las superficies de cada clase de usos del suelo en el año 2025 si las tendencias lineales del periodo 1993-2009 prosiguieran (se utilizó en el escenario tendencial sin proyecto). Se siguió entonces la metodología descrita en el punto IV.4.1; utilizando las tendencias del escenario 1993 al 2009 y extrapolando al escenario 2025 con proyecto, por lo que los escenarios tendenciales con y sin proyecto son muy similares, debido a que el escenario tendencial, obedece a procesos que se van dando desde hace décadas y que son difíciles de revertir, y van más allá de la modernización de una carretera; en tanto, las diferencias son ligeras entre ambos escenarios.

Los impactos del proyecto hacia el SAR serán entonces aquellas diferencias entre los escenarios tendenciales al 2025 con y sin proyecto, a continuación se presentan los resultados (Tabla V.13).

Tabla V.13. Comparativo de áreas del Uso de Suelo y Vegetación entre los escenarios pasado, actual y tendencial con y sin proyecto

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Zona agrícola	1,130.48	1,025.24	936.29	936.06
Pastizal inducido	707.66	684.58	697.36	695.59
Invernaderos	7.19	7.46	7.39	7.39
Infraestructura mixta	10.66	28.07	28.07	27.68
Vegetación secundaria	1,317.65	1,313.95	1,339.08	1,333.02
Asentamientos humanos	790.23	1,094.84	1,305.59	1,304.11
Carretera pavimentada	83.64	84.22	84.22	107.1
Terracería	52.64	53.4	50.89	50.87
Selva baja caducifolia perturbada	883.48	841.41	808.69	808.02
Selva baja caducifolia	562.79	485.86	444.91	444.89
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	811.34	748.09	712.44	712.44
Bosque de encino	1,899.53	1,739.52	1,631.46	1,631.26
Bosque de encino perturbado	1,109.8	1,246.02	1,324.98	1,323.01
Bosque mixto de pino-encino	980.98	919.41	880.58	880.58
Bosque mixto de pino-encino perturbado	349.48	412.59	449.09	449.09
Bosque de pino	51.67	45.83	42.31	42.31
Bosque de pino perturbado	7.98	13.92	17.09	17.09
Bosque templado con elementos mesófilos	23.52	23.66	23.57	23.57
Bosque de oyamel	147.22	146.99	146.7	146.7
Matorral rosetofilo cracicaule	153.8	153.73	153.73	153.6
Zona de transición entre matorral rosetofilo y bosque templado	123.45	123.22	123.17	122.8
Bosque inducido de especies exóticas	218.54	232.09	220.77	212.28
Vegetación riparia perturbada	14.07	38.74	38.71	38.45
Vegetación riparia	28.56	3.87	1.11	1.11
Zona arqueológica	0.21	0.2	0.2	0.2
Zona sin vegetación aparente	13.96	13.87	12.38	11.59

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Rocas	277.27	276.67	276.67	276.67
Derecho de vía (CFE)	18.23	18.3	18.3	18.27

Como es de observarse, los cambios en el uso de suelo no son significativos entre el tendencial con proyecto y el tendencial sin proyecto, pues básicamente los cambios que se presentaran en el SAR están ligados a las actividades de desmonte, las cuales corresponden a 89.681 Ha de vegetación donde se incluyen Bosque de encino, Selva baja caducifolia y un área de transición entre ambos ecosistemas, en distintos estadios sucesionales y normalmente en combinación con especies exóticas. Como se muestra en la figura V.5. la vegetación forestal en el tendencial con proyecto no difiere representativamente del tendencial sin proyecto, pues los cambios se dan en el tiempo y la simple ampliación y modernización de una carretera no genera cambios drásticos en la predisposición de un sistema.

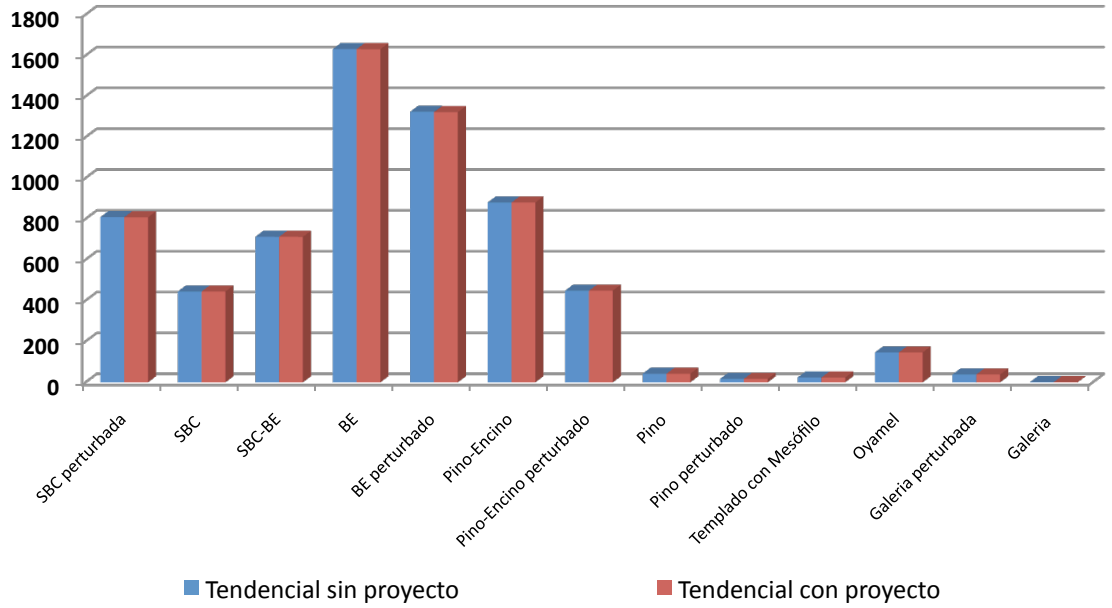


Figura V.5. Comparativo de los escenarios tendenciales sin proyecto y con proyecto en cuanto a la vegetación forestal del SAR

En general, en los otros usos de suelo se observa también algunas pérdidas de superficie, pero en pocas hectáreas, como es el caso para la infraestructura mixta, los asentamientos humanos y las terracerías, los cuales en un escenario tendencial sin proyecto ocuparían en conjunto 1,384.55 Ha; no obstante, en el escenario tendencial con proyecto estas mismas categorías solo ocuparían 1,382.66 Ha lo que significa un decremento poco significativo de 1.89 Ha, debido principalmente a que el proyecto contempla cerrar los accesos que se encuentran contiguos a la carretera, los cuales a través del tiempo han generado la

existencia de asentamientos irregulares, por tanto, esto en un escenario con proyecto significará acentuar la disminución de dichos asentamientos y por tanto significara en el decremento de la expansión de la mancha urbana.

Por tanto, esta decremento en la expansión de la mancha urbana obedecerá de cierta manera a que los habitantes de Tepoztlán procurarán mantenerse en la cabecera municipal para desarrollar actividades del sector terciario, ya que es un importante centro turístico y con la ampliación de la carretera se incentivará la visita a este “Pueblo Mágico”. Por otra parte las actividades agrícolas se verán beneficiadas ya que podrán sacar sus productos a los centros de abasto con mayor facilidad y condiciones de seguridad, así como hacer llegar los insumos necesarios para la producción, por lo que se mantendrán estable esta actividad.

Actualmente existen caminos no oficiales a lo largo del trazo que dan acceso a comunidades cercanas, toda vez que estos sean cerrados y el acceso sea por otras vías, se inhibirá el crecimiento de estas comunidades en torno al trazo.

Por lo que prácticamente la diferencia en el uso de suelo está basada en el incremento de la carretera pavimentada, en un escenario tendencial sin proyecto se cuantificó en 84.22 Ha y en el tendencial con proyecto ascenderá a 107.10 Ha; así como la relativa disminución de ciertos tipos de vegetación ocasionada por el desmonte que requiere el proyecto, los cuales en su mayoría obedecen a vegetación fuertemente alterada que se encuentran dentro del actual derecho de vía de la carretera (Figura V.6).

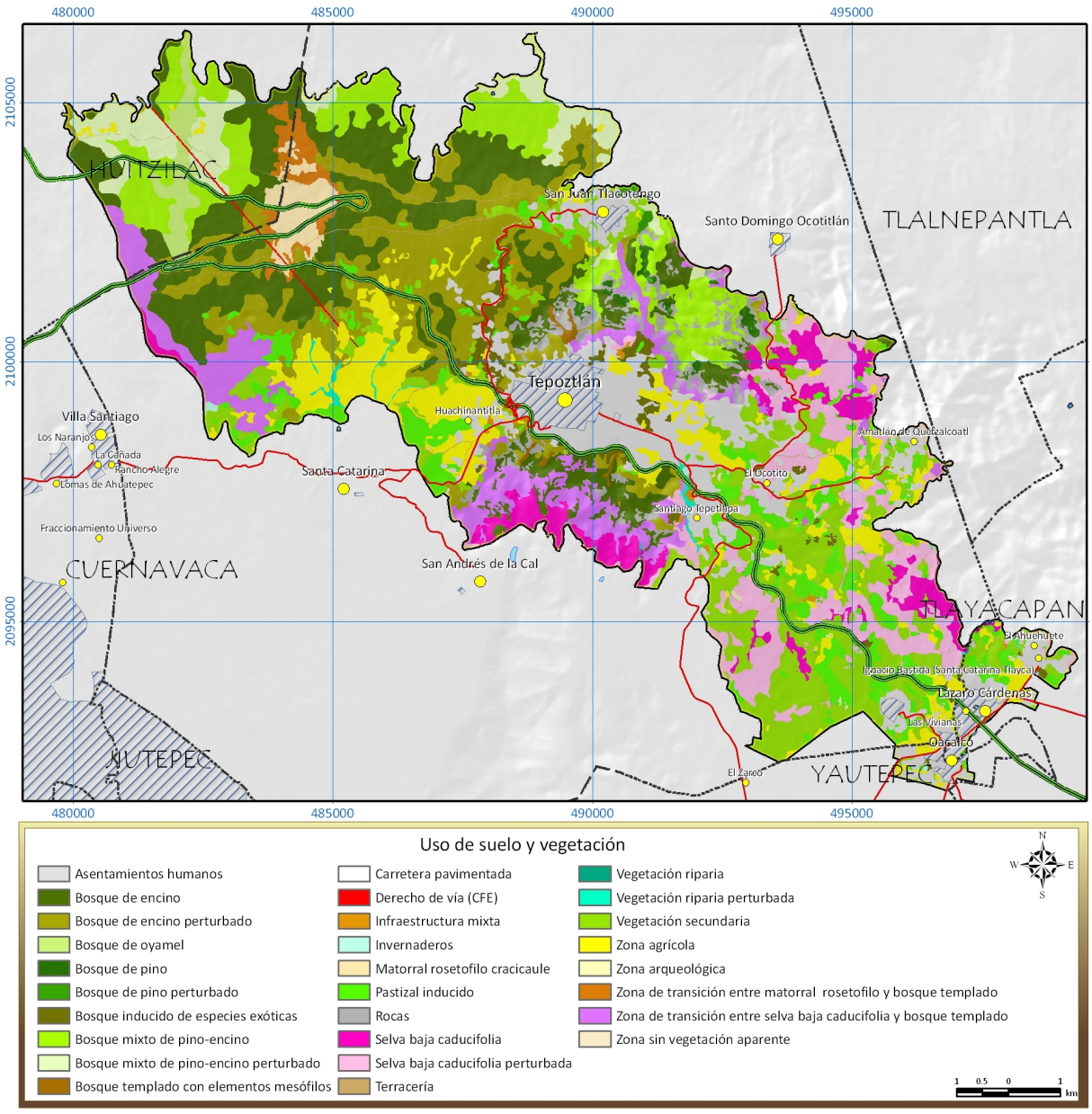


Figura V.6. Uso de Suelo y Vegetación tendencial al 2025 con proyecto

De esta forma, se encontró que la fijación de CO_2 no implicará cambios comparando el escenario tendencial sin proyecto con el tendencial con proyecto; en general, la reducción de la fijación es parte de la dinámica que se ha presentado por años en el SAR, y forma parte de la disminución o alteración de la vegetación. De esta manera se encontró que en 1993 en el SAR se fijaban 68,643.02 mgC, actualmente se fijan 66,404.26 mgC, en un escenario sin proyecto al 2025 se espera haya una fijación de 67,643.92 mgC en la misma superficie de vegetación, evidentemente no se presentará reducción alguna, pues en este mismo periodo pero con proyecto se estima una fijación también del orden de 67,643.92 mgC, esto debido

básicamente a que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años aun con la construcción del proyecto (Figura V.7).

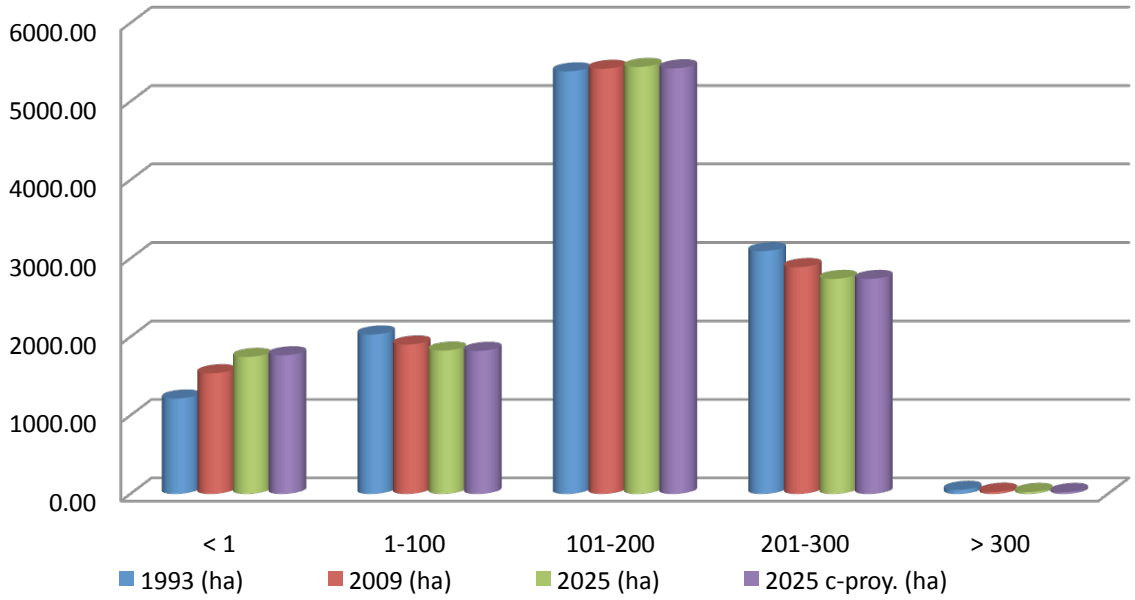


Figura V.7. Comparativo de los rangos de fijación de carbono en diferentes periodos dentro del SAR

En el caso de la fauna, la perdida de hábitat por la presencia del proyecto en el 2025 aumenta solo el 0.15%, es decir, se perderán solo 89.681 Ha por el desmonte de mezclas de especies autóctonas con exóticas que se desarrollan dentro del derecho de vía, sobre áreas perturbadas. Esta afectación solo será perceptible durante los primeros 18 meses de haber entrado en operación el proyecto, ya que después la estructura de las comunidades se restablecerá. Entra las especies que mayor beneficio tendrán por la generación de este proyecto se encuentran los tlacuaches, cacomixtles, ardillas, ratones, lagartijas, iguanas y algunas aves que presenta hábitos de locomoción terrestres, en este caso tortolitas, correcaminos y zanates que tendrán una perdida, todas ellas son especies que se adaptan fácilmente a la perturbación y se benefician por la mala disposición de los residuos sólidos que hacen desde los automotores (en este caso envolturas de comida, fruta y envases de distintas bebidas). En lo que respecta al resto del sistema, la presencia del proyecto no modificara el comportamiento ni la estructura de las comunidades de las especies faunísticas, esto se debe a que el impacto generado por la autovía es específico y no se extiende hacia otras regiones del sistema.

En cuanto al medio físico también se esperan algunas modificaciones, sin embargo, estas de igual forma serán poco significativas si se comparan la perspectiva que se tiene del escenario tendencial sin proyecto y el tendencial con proyecto. Tomando en cuenta que para el 2025 se tiene proyectado el incremento de las zonas perturbadas sobre la disminución de la vegetación natural, así como el cambio de uso de suelo, se encontró que esto se verá

reflejado principalmente en la disminución de la infiltración, así como en el incremento del escurrimiento, y consecuentemente en el incremento de la erosión tanto hídrica como eólica.

El escurrimiento superficial, en el presente es de 222.7 mm/año, equivalente a 26.2 Mm^3; para el 2025 en un escenario sin proyecto, se tiene previsto que será de 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR equivalente a un volumen de 26.4 Mm^3, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. A diferencia de esto, en un escenario con proyecto se espera un escurrimiento superficial promedio de 224.4 mm/año, que aplicado a todo el SAR equivale a 26.4 Mm^3. La diferencia con respecto al escenario sin proyecto es de 0.1 mm/año, es decir, 0.04%, que resulta un cambio mínimo de volumen. Este aumento mínimo, ocurriría sobre el derecho de vía a pavimentar, principalmente entre los Km 2+000 y 3+000 de la carretera La Pera–Cuautla, entre Bosques de encino y Matorral micrófilo con sus mezclas de especies exóticas (Figura V.8).

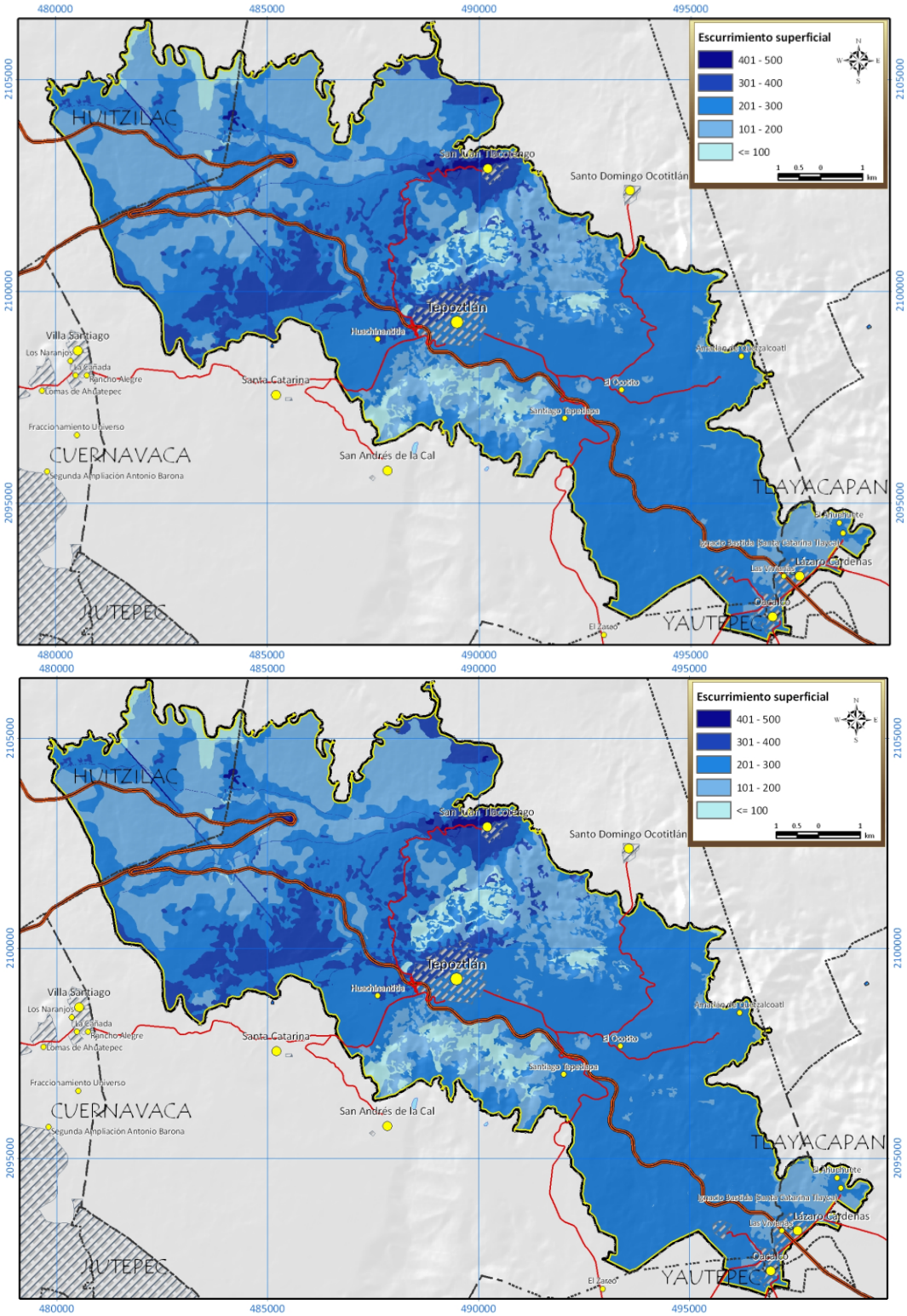


Figura V.8. Mapas de escurrimiento superficial al 2025. Arriba: tendencial sin proyecto. Abajo tendencial con proyecto

En lo que se refiere a la infiltración, se encontró que en un escenario tendencial a 15 años sin proyecto, se calcula un promedio de 215.7 mm/año dentro de todo el SAR (11,776.4 Ha) que equivalen a 25.4 Mm^3, mientras que en el mismo periodo pero en un escenario con proyecto, se espera haya una disminución en la infiltración de 0.2 mm/año; esto resultaría en una infiltración promedio para el SAR de 215.5 mm/año, equivalente a un volumen de 25.4 Mm^3, es decir, una disminución de 0.09% con respecto al escenario tendencial sin proyecto, producto de la pavimentación de una superficie adicional que en tiempo presente está ocupado por vegetación secundaria, introducida y algunos elementos primarios. Dicha disminución se dará principalmente entre los Km 2+000 y 3+000 de la carretera La Pera–Cuautla (Figura V.9).

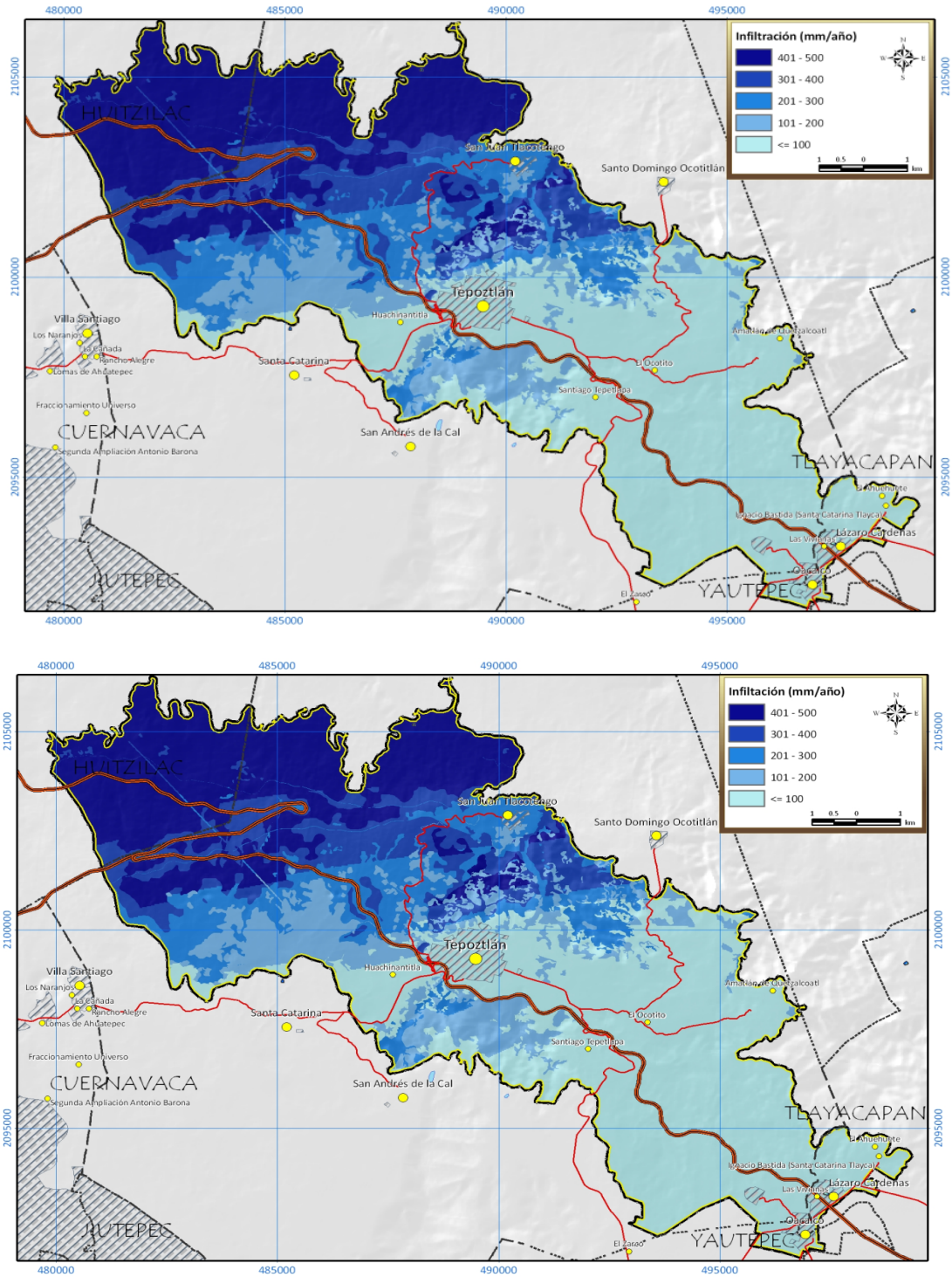


Figura V.9. Mapas de infiltración tendencial al 2025. Arriba: tendencial sin proyecto. Abajo tendencial con proyecto

En el presente, la erosión total promedio es de aproximadamente 53.0 ton/(Ha*año) equivalente a 624,397.1 ton/año, mientras que para el 2025 se espera una disminución neta hasta las 52.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 612,906.3 ton/año. Lo anterior significa, una disminución de 1.9% en el mencionado período de tiempo. En el escenario tendencial al 2025 con proyecto, se pavimentará una superficie adicional al trazo actual de la carretera La Pera-Cuautla, por lo que, desaparecerán los suelos parcialmente expuestos y disminuirá la erosión en el trazo. Sin embargo, también se prevé un mínimo incremento de la erosión en la parte Sur del SAR con respecto al escenario tendencial sin proyecto, es decir, sobre Pastizales y Selva baja caducifolia, quedando en una pérdida promedio de 52.12 ton/(Ha*año), equivalente a 613,933.9 ton/año, cifra inferior a la erosión en el presente (Figura V.10).

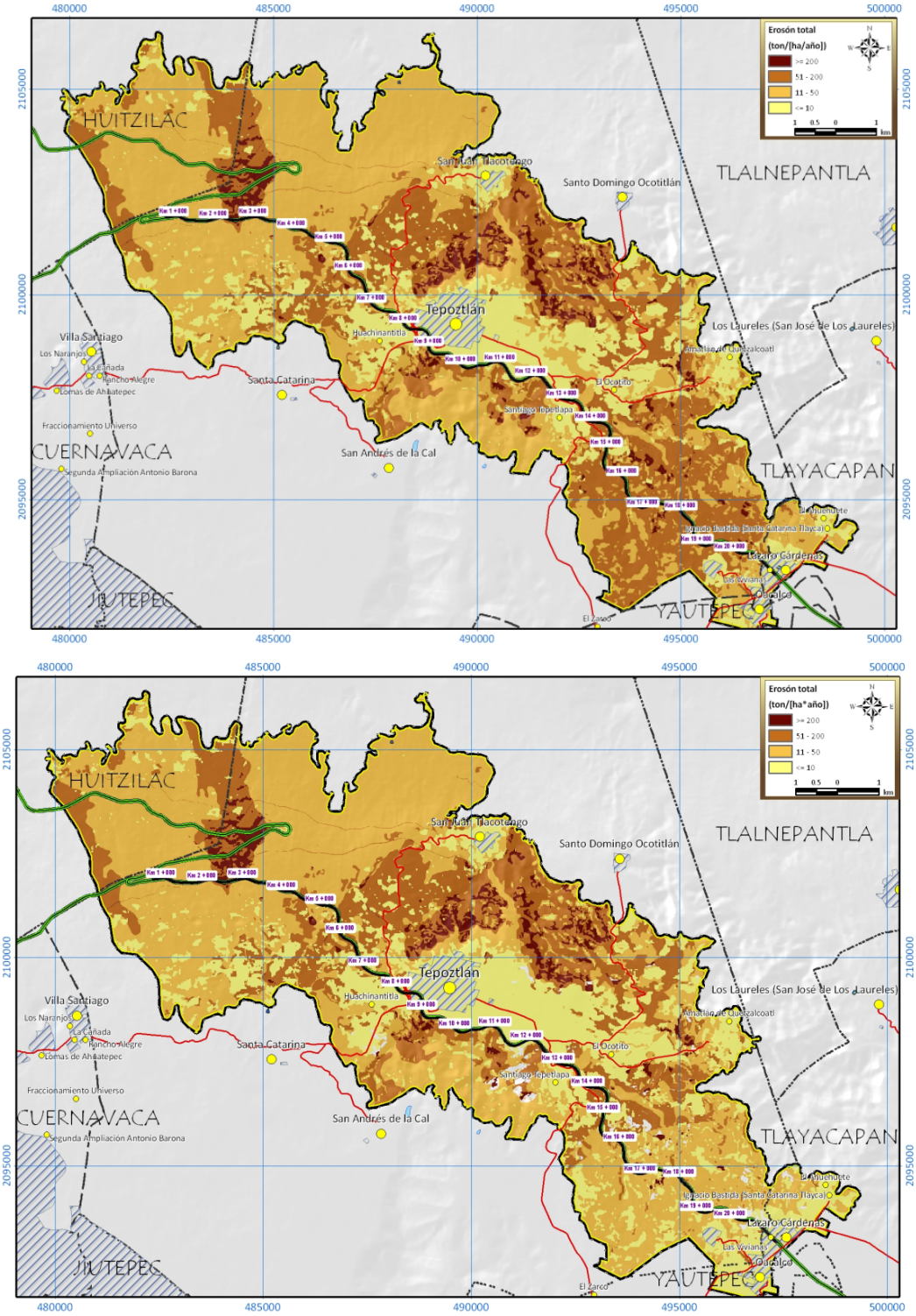


Figura V.10. Mapas de erosión potencial total tendencial al 2025. Arriba: tendencial sin proyecto. Abajo tendencial con proyecto

Analizando los resultados obtenidos para la fragilidad tendencial con proyecto al 2025, se observa un incremento a 322.88 Ha en las zonas muy resistentes, comparando lo esperado sin proyecto para este mismo periodo registrado en 304.79 ha, por lo que este incremento significa la adición de 18.09 Ha; las zonas frágiles en el tendencial sin proyecto cuentan con una superficie de 2,266.6 Ha, y en un escenario con proyecto ascienden a 2,268.47 Ha, significando un incremento de estas zonas de 1.87 Ha. A diferencia de esto, las zonas ligeramente frágiles, muy frágiles y resistentes tenderán a decrecer en un escenario con proyecto; las áreas denominadas resistentes son las que perderan mas superficie con respecto al resto, pues en un escenario sin proyecto se muestran con una superficie de 4,491.13 Ha y en el escenario ya con proyecto solo ocuparan 4,476,92 Ha, lo que significa una disminución de 14.21 Ha. Para las zonas ligeramente frágiles en un escenario sin proyecto cuentan con una superficie de 4,601.19 Ha, en este mismo lapso pero con proyecto se estiman en 4,595,64 Ha, lo que se cuantifica en una reducción de 5.55 Ha; finalmente para las zonas muy frágiles se tiene reportada una superficie de 91.84 Ha en un escenario sin proyecto, en este mismo tiempo pero en el tendencial con proyecto, se estiman en el rango de 91.64, lo que da como perdida un área de 0.2 Ha, significando escasamente una disminución. En tanto, las diferencias en la fragilidad comparativamente con ambos escenarios arrojan resultados poco significativos, y por tanto cambios poco evidentes (Figura V.11).

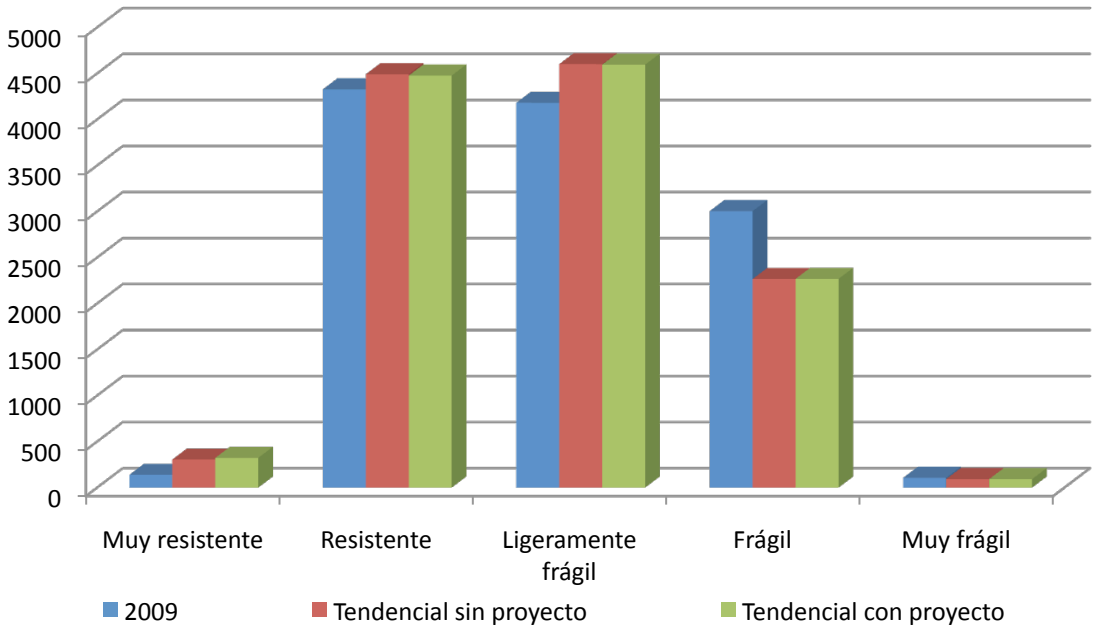


Figura V.11. Comparación del estado actual, el tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 de la fragilidad ambiental del SAR en sus 5 categorías

En cuanto al estado de conservación del SAR, actualmente el SAR revela diferentes categorías de conservación, esto dependiendo de la zona a la que se refiera, debido

principalmente a la influencia humana, es decir, a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen; en este sentido, en un escenario tendencial con proyecto, a grandes rasgos, se puede decir que se observa una pérdida de 902.29 Ha de la categoría muy perturbado, pues en el tendencial sin proyecto, esta categoría ocupa una superficie de 1,900.28 Ha y en el tendencial con proyecto, solo representa 997.99 Ha; de igual forma en la categoría conservado se observa una reducción del orden de las 360.01 Ha, por lo que en el escenario con proyecto, solo cuenta con 4,515.38 Ha contrastantemente con las 4,875.39 Ha que representa en el tendencial sin proyecto.

Dentro de las categorías que tienden a incrementar sus superficies se encuentran las descritas como muy conservadas, las cuales en un escenario sin proyecto, figuran 1,641.28 Ha, y en el tendencial con proyecto, muestran 2,158.89 Ha, significando un incremento de 517.61 Ha. De igual forma la categoría perturbado tiende a sufrir un incremento en su superficie, pues en el tendencial sin proyecto, solo exhibe un área de 2,870.67 Ha y ya con el proyecto, podrá presentar una superficie de hasta 3,359.97 Ha, lo que figura el incremento de 489.3 Ha. Finalmente la categoría ligeramente frágil, también presentara un incremento del orden de las 255.39 Ha, pues en el tendencial sin proyecto, su superficie fue calculada en 467.93 Ha y en un escenario con proyecto, esta se cuantifica en 723,32 Ha (Figura V.12).

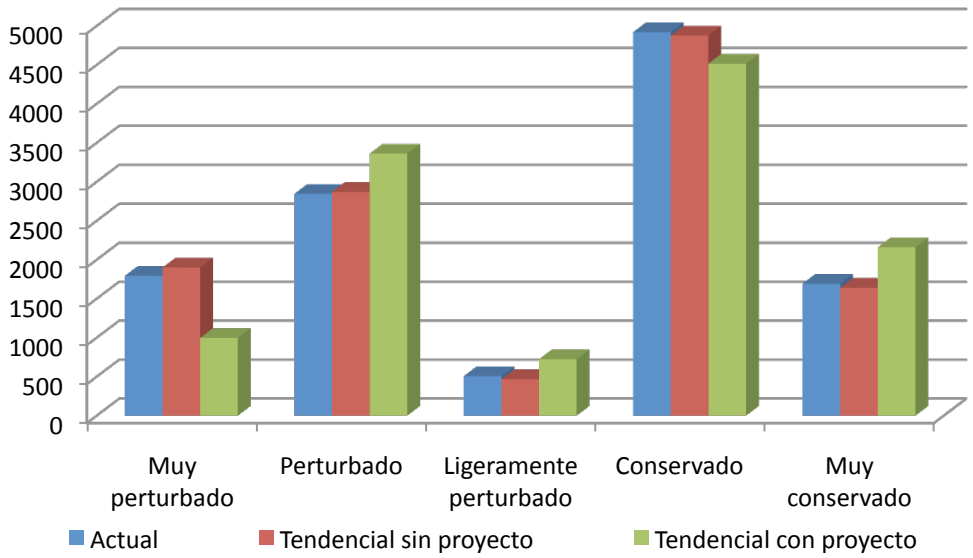


Figura V.12. Comparación del escenario actual, tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 del estado de conservación del SAR en sus 5 categorías

Partiendo de lo actual se encontró que el 26.97% (3,170.84 Ha) del SAR presenta zonas catalogadas como ligeramente frágiles y conservadas, otro 21.50% lo representan las resistentes y perturbadas, lo que se traduce en 2,527.64 Ha; las zonas frágiles y

conservadas ocupan 1,656.35 Ha constituyendo el 14.09%; y las zonas resistentes y muy perturbadas que componen el 13.77% del SAR, es decir 1,618.35 Ha.

En un escenario tendencial a 15 años con proyecto, las zonas consideradas como ligeramente frágiles y conservadas, se tiene previsto representaran 3,702.06 Ha de las 3,723.87 Ha que se prevén en un escenario sin proyecto, lo que significaría la reducción de dicha categoría en 21.81 Ha, esto frente de las zonas frágiles y muy conservadas que verán un incremento de 291.45 Ha, de esta forma, de las 1,192.40 Ha que representan en el escenario sin proyecto, se incrementaran a 1,483.85 Ha en un escenario ya con proyecto.

Las zonas que también tendrán una pérdida significativa son las resistentes y muy perturbadas, pues en un escenario sin proyecto, se cuantifican en 1,700.49 Ha y contrastantemente en un escenario con proyecto, solo representarían 838.80 Ha, significando esto una disminución de 861.69 Ha. De la misma manera, se comportan las zonas frágiles y conservadas, pues sin proyecto, se cuantifican en 1,068.32 Ha y con proyecto, tendrán una disminución de 284.82 Ha, de esta manera se reducirán a 783.5 Ha. Las ligeramente frágiles y ligeramente perturbadas también sufrirán una disminución, esta del orden de las 132.22 Ha, es decir, en un escenario con proyecto, se reducirán a 139.66 Ha de las 271.88 que utilizarían en un escenario sin proyecto. De igual forma las zonas ligeramente frágiles y perturbadas con las muy frágiles y conservadas experimentaran una disminución de superficie, en el primero de los casos, esta reducción será de 7.01 Ha, quedando en 138.12 Ha de las 145.13 Ha que representarían sin el proyecto; las segundas perderán 53.38 Ha, quedando de esta manera con 29.82 Ha comparativamente con 83.20 Ha que utilizarían en el escenario sin proyecto.

Otras categorías que seguirán la misma dinámica, es decir, que experimentarán una reducción de sus superficies en un escenario con proyecto, son las ligeramente frágiles y muy perturbadas, así como las catalogadas como muy frágiles y muy conservadas y las frágiles y ligeramente perturbadas; con una pérdida de 17.49 Ha, 126.54 y 4.76 Ha respectivamente, de forma que las superficies que ocuparán en un escenario con proyecto, son del orden de las 2.58 Ha en el primero de los casos, así como 61.82 y 1.1 Ha para las muy frágiles y muy conservadas y las frágiles y ligeramente perturbadas.

A diferencia de lo ocurrido con estas zonas, las catalogadas como resistentes y perturbadas serán las que mayor incremento en su superficie percibirán, pues de las 2,600.45 que ocuparían en un escenario sin proyecto, ganarían en promedio 455.11 Ha de esta forma se estima en un escenario con proyecto, estarían utilizando una superficie de 3,055.56 Ha, de igual forma las zonas resistentes y ligeramente perturbadas, que tienden a tener un incremento de 392.37 Ha en un escenario con proyecto, lo que significa que en total contarían con una superficie de 582.56 Ha de las 190.19 Ha que ocuparían en un escenario sin proyecto. Del mismo modo se encontró que las ligeramente frágiles y muy conservadas, así como las muy resistentes y muy perturbadas experimentaran un incremento en su superficie con respecto al escenario sin proyecto, quedando con una superficie de 613.22 Ha y 156.61 Ha, con un incremento de 172.98 y 31.54 Ha respectivamente (Tabla V.14 y Figura V.13).

Tabla V.14. Superficie de las diferentes categorías que componen el diagnostico del SAR en un escenario actual, tendencial con y sin proyecto

Diagnóstico	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Frágil y Conservado	1,656.35	1,068.32	783.5
Frágil y Ligeramente perturbado	12.91	5.86	1.1
Frágil y Muy conservado	1,334.61	1,192.4	1,483.85
Ligeramente frágil y Conservado	3,170.84	3,723.87	3,702.06
Ligeramente frágil y Ligeramente perturbado	312.8	271.88	139.66
Ligeramente frágil y Muy conservado	343.67	440.24	613.22
Ligeramente frágil y Muy perturbado	55.57	20.07	2.58
Ligeramente frágil y Perturbado	297.72	145.13	138.12
Muy frágil y Conservado	91.71	83.2	29.82
Muy frágil y Muy conservado	0	188.36	61.82
Muy resistente y Muy perturbado	18.58	125.07	156.61
Muy resistente y Perturbado	2,527.64	2,600.45	1,660.27
Resistente y Ligeramente perturbado	180.62	190.19	582.56
Resistente y Muy perturbado	1,618.35	1,700.49	838.8
Resistente y Perturbado	2,527.64	2,600.45	3,055.56

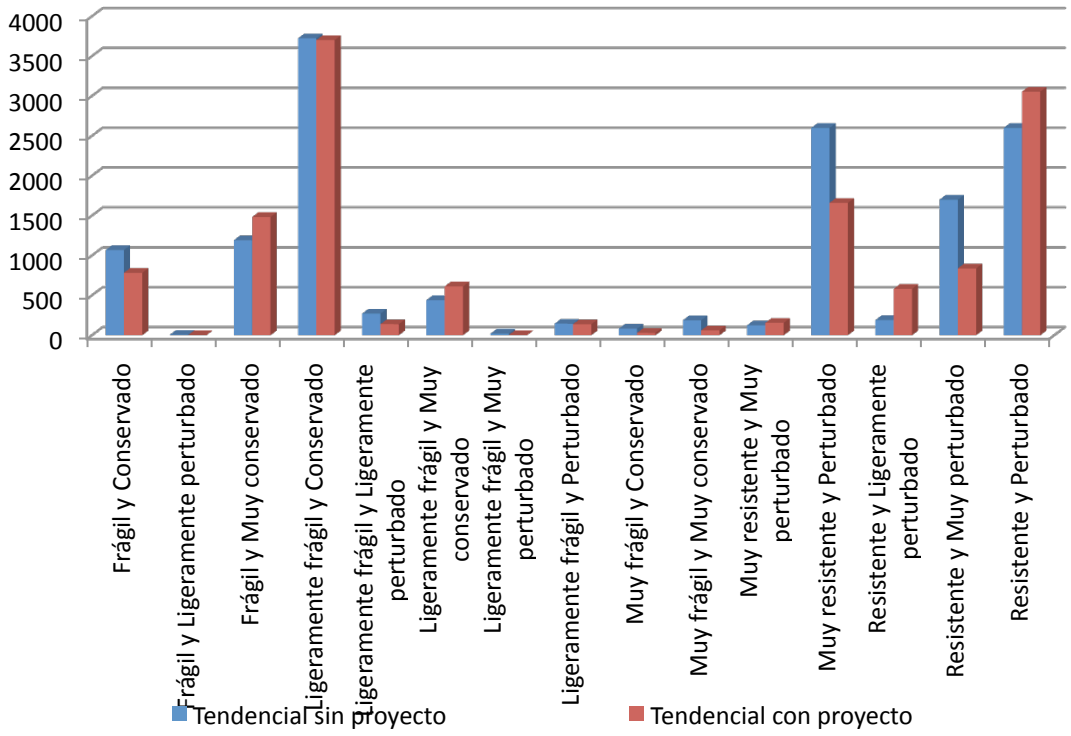


Figura V.13. Comparación del escenario tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 del diagnostico ambiental del SAR

En la Tabla V.15, se presenta un resumen de lo expuesto en párrafos precedentes donde se describe la afectación, la tendencia sin proyecto y con proyecto, relacionando de esta forma un escenario a 15 años si las tendencias no fueran modificadas.

Tabla. V.15. Descripción de los impactos del SAR integrando los ocasionados o agravados por el proyecto

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Socioeconómico	CONAPO señala que la tasa de crecimiento de Morelos rondará el 4.4%, los municipios en el SAR se mantendrán con una tasa promedio del 2%. La población en el SAR se incrementará 42.32%, asciende a 39,449 habitantes. El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial, así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización. La población entre 0 y 14 años se incrementó en 1.2%; la que se ubica en el rango de entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% la población mayor a 65 años se incrementará en 113.47%. Para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos a 1,305.59 Ha, a costa de las zonas vegetadas (Bosque de encino perturbado; de pino perturbado; inducido de especies exóticas; mixto de pino – encino perturbado; templado con elementos mesófilos; invernaderos; Pastizal inducido; Selva baja caducifolia y Selva baja caducifolia perturbada. El turismo se consolida como el eje motor sobre el cual gira la economía en el SAR y las actividades primarias se mantienen estables. El crecimiento urbano y el desarrollo económico estará especialmente influenciado por el aumento de la atracción de inversiones turísticas y el incremento, de manera significativa, del ecoturismo, ligado a instrumentos políticos para su atracción, como el Plan de Desarrollo Urbano Estatal y los planes de desarrollo municipales. Se fortalecerá aun más el sector turismo.	**Impacto 7**. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos. Las actividades agrícolas se mantienen estables, el proyecto facilita el traslado de productos a centros de abasto y la recepción de insumos. Las actividades turísticas se incrementarán por la comodidad que significará para el turista acceder a Tepoztlán por una carretera de altas especificaciones. **Impacto 8**. Agilización del transporte a través de la carretera No.115 D La Pera–Cuautla. Se reduce el índice de accidentes, debido a las nuevas especificaciones de la vialidad.

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Uso de suelo y vegetación	El escenario tendencial que se espera para el 2025 sin proyecto, es que los Bosques templados se mantengan prácticamente igual en su extensión, sin embargo, las zonas conservadas disminuirán y se incrementaran las zonas perturbadas. Esta asociación de Bosque templado incluye el Bosque de oyamel, pino, encino y mixto en todas sus combinaciones, perturbado y conservado. La Selva baja caducifolia tendrá en el 2025 una extensión de 1,253.06 Ha, es decir, 73.67 ha menos que en la actualidad. La Vegetación riparia seguirá sometida a factores antrópicos que llevaran a la reducción de solo 1.11 Ha, actualmente existen 3.87 Ha de Vegetación riparia conservada. La Vegetación perturbada se mantendrá igual con 38.7 Ha; las Zonas agrícolas tendrán una disminución de 88.95 Ha, las Zonas de Pastizales inducidos dedicadas a la ganadería se mantendrán estables con 697.36 Ha, actualmente existen 684.58 Ha. Las Zonas de ecotono o transición se mantendrán estables en su área .El Matorral rosetófilo con el Bosque templado mantendrán 123 Ha dentro del SAR. La Selva baja caducifolia con el Bosque templado, mantendrán para el 2025 las 712 Ha, actualmente existen 748 Ha. El crecimiento urbano se desarrollara hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. Actualmente existen 1,094.84 Ha para el 2025 se incrementaran, 210.75 Ha más.	**Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Este impacto es acumulativo con el cambio de uso de suelo tendencial del SAR. Se desmontará una superficie considerada forestal según definiciones de la LGDFS y su reglamento de 89.681 Ha. De la no forestal se afectará un área de 38.25 de pastizales inducidos que en algunos casos soportan reforestaciones exclusivas de especies exóticas entre las que destacan la jacaranda (originaria de sudamerica) y el eucalipto (originario de Australia); en 1968 se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exóticas; por eso hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas, pero se consideró forestal porque en su conjunto entra en la definición de forestal que señala la ley mencionada. Entre la vegetación forestal se consideron las mezclas de especies exóticas con matorral micrófilo, bosque de encino, selva baja caducifolia y la mezcla ecotónica de selva baja con bosque de encino. Es importante señalar que los valores floristicos que se presenta dentro del derecho de vía difiere grandemente con sus terrenos vecinos fuera del DV, debido a que se trata de un área antropizada sujeta a mantenimiento continuo de sus áreas verdes. El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,325.167 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol) (Tabla II.8) que se donará al municipio de Tepoztlán (que a su vez lo entregará a las localidades), para ello estará en la supervisión un Ing. Forestal marcando con el martillo los árboles retirados y su ubicación para que se les entregue al ejido correspondiente (que limita con el DV).

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Fijación de Carbono	La tasa de fijación de carbono para el 2025 sin proyecto en todo el SAR se espera en 1’670,199.72 mgC/año, actualmente se fijan1’708,636.82 mgC/año lo que significa una pérdida de fijación en 38,437.1 mgC/año que corresponden al 2.24% de lo que se fijaba en el 2009.	**Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Es acumulativo con la fijación de carbono por el cambio de uso de suelo tendencial del SAR. La fijación de CO_2 no implicara cambios comparando el escenario tendencial sin proyecto con el tendencial con proyecto; la reducción de la fijación es parte de la dinámica que se ha presentado por años en el SAR, y forma parte de la disminución o alteración de la vegetación. En 1993 en el SAR se fijaban 68,643.02 mgC, actualmente se fijan 66,404.26 mgC, en un escenario sin proyecto al 2025 se espera haya una fijación de 67,643.92 mgC y evidentemente no se presentara reducción alguna, pues en este mismo periodo pero con proyecto, se estima una fijación también del orden de 67,643.92 mgC, esto debido básicamente a que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años aun con la construcción del proyecto.
Fauna	En un escenario sin proyecto, se espera el aumento de especies generalistas hacia los bordes de asentamientos humanos, debido a la presencia de residuos domiciliarios (basura), se generará un desplazamiento de especies menos tolerantes (aves de rapiña, serpientes) hacia los ecosistemas menos impactados (interior de Selva baja caducifolia conservada y Bosques de encino). La tendencia para los próximos 15 años es una pérdida de hábitat hacia los bordes de la Selva baja caducifolia perturbada y Áreas agrícolas, esto debido a que dichas regiones serán aprovechadas para la expansión de las comunidades humanas, está perdida se cuantifica en 144 Ha, es decir 9.6 Ha por año, desde la actualidad al 2025.	**Impacto 5.** Pérdida de hábitat, efecto barrera, efecto de borde y riesgo de atropellamiento, sobre la fauna silvestre. Es sinérgico. Por la pérdida de hábitat, se espera un incremento en la población de especies generalistas hacia los bordes de los ecosistemas contiguos al derecho de vía, ya que estas se verán beneficiadas por la mala disposición de los recursos sólidos (vegetales y frutas que son transportados por camiones, así como envolturas y envases de bebidas) y los ejemplares que sean atropellados durante el periodo de operación de esta autovía. En el resto del SAR no se observarán cambios en la composición de la diversidad.

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Suelo	Para el 2025, se espera una disminución de hasta 1.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 11,776.4 ton/año. La erosión potencial promedio para el escenario tendencial sin proyecto, sería de 52.045 ton/(Ha*año). Lo anterior significa un decremento del 1.9% en el mencionado período de tiempo. Se espera una disminución de la superficie de zonas de Pastizales y Cultivos que estarán ocupados por viviendas dentro y alrededor del Valle de Atongo, en las localidades de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa.	**Impacto 3.** Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la ampliación del cuerpo del terraplén. Es acumulativo. En el escenario tendencial al 2025 con proyecto, se pavimentará una superficie adicional al trazo actual de la carretera La Pera-Cuautla, por lo que desaparecerán los suelos parcialmente expuestos y disminuirá la erosión en el trazo. Sin embargo, también se prevé un mínimo incremento de la erosión en la parte Sur del SAR con respecto al escenario tendencial sin proyecto, es decir, sobre Pastizales y Selva baja caducifolia, quedando en una pérdida promedio de 52.12 ton/(Ha*año), equivalente a 613,933.9 ton/año, cifra inferior a la erosión en el presente.
Infiltración	Para el 2025, se espera una recarga promedio de 215.7 mm/año en todo el SAR (25.4 Mm^3). Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Las principales afectaciones dentro del SAR se darán en el Poniente, Norte y Centro del SAR.	**Impacto 2.** Disminución de la infiltración al acuífero por la ampliación del trazo y riesgo de contaminación por derrame accidental de hidrocarburos. Acumulativo. Se espera que para el 2025, en el escenario con proyecto, haya una disminución en la infiltración de 0.2 mm/año con respecto al escenario tendencial sin proyecto. Esto resultaría en una infiltración promedio para el SAR de 215.5 mm/año, equivalente a un volumen de 25.4 Mm^3, es decir, una disminución de 0.09% con respecto al escenario tendencial sin proyecto, producto de la pavimentación de una superficie adicional que en tiempo presente es de Vegetación natural. La disminución en la infiltración se dará principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera-Cuautla.

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Escurrimiento	El escurrimiento superficial al 2025, será hasta los 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. El volumen de escurrimiento esperado es de 26.4 Mm^3. Las principales zonas que contribuirán al incremento del escurrimiento son las degradadas a partir de Bosques conservados o perturbados. El aumento del escurrimiento se deberá al incremento en la superficie de suelos desnudos o desprovistos de vegetación para actividades como el pastoreo o la agricultura de temporal.	**Impacto 2.** Disminución de la infiltración al acuífero por la ampliación del trazo y riesgo de contaminación por derrame accidental de hidrocarburos. Acumulativo. Se espera que para el escenario al 2025 con proyecto, se tenga un escurrimiento superficial promedio de 224.4 mm/año, que aplicado a todo el SAR equivale a 26.4 Mm^3. La diferencia con respecto al escenario sin proyecto, es de 0.1 mm/año, es decir, 0.04%, que resulta un cambio mínimo, Este aumento mínimo, ocurriría sobre el derecho de vía que se pavimentaría, principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera–Cuautla.
Fragilidad	En un escenario sin proyecto, las zonas *resistentes* ganaran 164.52 Ha, contando para el 2025 con 4,491.13 Ha (38.20%). Las *ligeramente frágiles* se incrementarán 420.59 Ha, contando con 4,601.19 Ha (39.14%). Las *muy resistentes* también presentan un comportamiento similar, pues se extenderán 166.38 Ha, representando 4,491.13 Ha (2.59%). En oposición a esto las *zonas frágiles* perderán 737.51 Ha, ocupando solo 2,266.60 Ha (19.28%). Las *zonas muy frágiles*, para el 2025 solo representaran el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significara un decremento de 13.98 Ha.	En un escenario tendencial con proyecto, con respecto a la fragilidad se espera un incremento de las zonas muy resistentes de 18.09 Ha partiendo del tendencial sin proyecto, en donde se registran en 304.79 Ha, significando esto una superficie de 322.88 Ha; las zonas frágiles se incrementaran a 2,268.47 Ha con una adición de 1.87 Ha. A diferencia de esto, las zonas ligeramente frágiles, muy frágiles y resistentes tenderán a decrecer en un escenario con proyecto; las resistentes solo ocuparan 4,476,92 Ha, lo que significa una disminución de 14.21 Ha, las ligeramente frágiles se estiman en 4,595,64 Ha con una reducción de 5.55 Ha y las zonas muy frágiles contaran con 91.64 Ha, con una pérdida de 0.2 Ha.

Factor Ambiental	Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Estado de conservación	En un escenario tendencial a 15 años sin proyecto, las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR; a diferencia de esto, las zonas catalogadas como muy perturbadas se incrementaran en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.	Para el 2025 en un escenario con proyecto, habrá una pérdida de 902.29 Ha en las zonas muy perturbadas, representado solo 997.99 Ha; de igual forma en la categoría conservado habrá una reducción de 360.01 Ha, por lo que su superficie será de 4,515.38 Ha contrastantemente con las 4,875.39 Ha que representan en el tendencial sin proyecto. Contrariamente las zonas muy conservadas muestran 2,158.89 Ha, significando un incremento de 517.61 Ha. De igual forma las zonas perturbadas que en el tendencial sin proyecto, expresan un área de 2,870.67 Ha y ya con el proyecto solo representaran 3,359.97 Ha, lo que figura el incremento de 489.3 Ha. La categoría ligeramente frágil, también presentara un incremento del orden de las 255.39 Ha, con una superficie total de 723,32 Ha en contraste con el tendencial sin proyecto que se estima en 467.93 Ha.
Diagnostico	Sin proyecto para el 2025, las zonas muy resistentes y perturbadas tendrán un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas resistentes-perturbadas y muy perturbadas, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente; actualmente estas zonas ocupan 2,527.64 y 1,618.35 Ha, para el 2025 se incrementaran en 2,600.45 y 1,700.49 Ha respectivamente, significando esto un incremento de cerca del 6%. Las zonas frágiles tenderán a reducirse perceptiblemente; pues actualmente ocupan 3004.11Ha y para el 2025 solo ocuparan 2,266.60 Ha, con una pérdida de 737.51 Ha frente al incremento de las ligeramente frágiles y conservadas que tendrán para este periodo un decremento de 553.03 Ha.	En un escenario tendencial a 15 años con proyecto, las zonas resistentes y perturbadas tenderán a incrementar en promedio una superficie de 455.11 Ha, por lo que contaran con 3,055.56 Ha a diferencia de las 2,600.45 Ha con las que contarían en un escenario sin proyecto. De igual forma, las zonas que tienden a incrementar en un escenario con proyecto son las ligeramente frágiles y muy conservadas y las frágiles y muy conservadas, pues verán un incremento de 172.98 Ha y 291.45 Ha, contando entonces con una superficie de 613.22 Ha y 1,483.85 Ha respectivamente. Las zonas que en un escenario con proyecto tenderán a decrecer son las frágiles y conservadas, con una pérdida 284.82 Ha, por lo que su superficie será de 783.5 Ha; así mismo las zonas ligeramente frágiles y conservadas experimentaran una pérdida de 21.81 Ha, por lo que su superficie total se estima en 3,702.06 Ha, las zonas resistentes y muy perturbadas de la misma manera se reducirán 861.69 Ha, contando con una superficie de 838.8 Ha.

CAPÍTULO VI

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1. Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales del proyecto

Se identificaron 6 medidas de mitigación que se deberán realizar para, reducir, compensar o evitar los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos del SAR y garantizar que el costo ambiental de la ejecución de este proyecto sea el menor posible. Al final del capítulo se presentan los impactos residuales del SAR.

La jerarquización y la importancia de las medidas de mitigación se derivan de distintas consideraciones ambientales y económicas. Las medidas preventivas son prioritarias porque su correcta ejecución evitará o reducirá los impactos adversos significativos del proyecto, evitando su adición con los del SAR, como se describirá más adelante.

La síntesis de las medidas, su etapa de aplicación y los impactos que previenen o mitigan se señalan en la Tabla VI.1. El orden seguido por la etapa de aplicación.

La definición de medidas de mitigación se orientó a los impactos adversos que se evaluaron como relevantes, sean altos (1) o moderados (3) (Tabla V.8, sección V.3, Capítulo V). Las medidas de mitigación pueden haber mitigado los impactos no significativos, pero eso no debe desviar la atención de la intención principal, que es mitigar los impactos relevantes del SAR, en congruencia con la modalidad de esta manifestación.

También se incluyeron medidas que aunque no mitigan ningún impacto significativo, son de observancia obligatoria por considerarse en alguna ley, reglamento o norma oficial mexicana (Capítulo III), cuando ese es el caso, junto al impacto que mitiga se incluye la norma, ley o reglamento al que da cumplimiento.

Tabla VI.1. Sistema de medidas de mitigación para los impactos acumulativos, sinérgicos y/o residuales de SAR

Medida de mitigación	Etapa de aplicación de acuerdo a las actividades del proyecto	Impacto del SAR que mitiga (Tabla V.8) y/o normatividad que cumple
1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra	Previo a la preparación del sitio después de adjudicada la obra	Cumple NOM-081- SEMARNAT -1994, la NOM-052- SEMARNAT -2005 y la NOM-138- SEMARNAT//SS-2003. Cumple políticas planteadas en Tabla IV.77 (Capítulo IV) Cumple lo estipulado en el Programa de Manejo Nacional

Medida de mitigación	Etapa de aplicación de acuerdo a las actividades del proyecto	Impacto del SAR que mitiga (Tabla V.8) y/o normatividad que cumple
		el Tepozteco. Previene **Impacto 6.** Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio
2. Programa de rescate y reubicación de flora	Antes de la preparación del sitio	Reduce **Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal
3. Programa de protección de fauna silvestre	Antes de la preparación del sitio	Reduce **Impacto 5.** Pérdida de hábitat para fauna silvestre generalista, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento Cumple con la LGVS en el trato con la fauna
4. Programa de conservación y restauración de suelos	Durante el retiro de árboles, despalme y nivelaciones	Previene **Impacto 3.** Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén **Impacto 6.** Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio
5. Construcción de pasos de fauna	Durante la colocación de obras de drenaje menor	Previene **Impacto 5.** Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento
6. Programa de Restauración	Después de la modernización de la carretera y del señalamiento	Compensa **Impacto 3.** Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén **Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal **Impacto 5.** Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento **Impacto 6.** Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio Regla 39 del Programa de Manejo del Parque Nacional

Medida de mitigación 1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra.

Tipo de medida: Reducción y Prevención.

Ubicación espacial: A lo largo del trazo.

Etapa de aplicación: Una vez licitada y ganada la obra, a partir de la preparación del sitio y durante la construcción.

Impacto que mitiga, criterio o Norma oficial que cumple: Cumple NOM-081-SEMARNAT-1994, la NOM-052- SEMARNAT -2005 y la NOM-138- SEMARNAT//SS-2003.

Cumple políticas planteadas en Tabla IV.77 (Capítulo IV).

Previene

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Objetivos: 1) Que se incluyan desde el trazado y proyección final del trazo las restricciones ambientales de modo que se cumplan las políticas del POEL del territorio de Tepoztlán y se eviten impactos significativos. 2) Que el personal conozca las restricciones que deberán respetar durante la construcción y el manejo de la maquinaria, la razón de dichas restricciones así como las sanciones que corresponderán en caso de incumplimiento. 3) Evitar disposición inadecuada del material de desperdicio de las nivelaciones y despalme**.**

Procedimiento:

a) Durante la proyección

El criterio del diseño de la ampliación de obras de drenaje existentes, será el de evitar la afectación de los árboles que crecen junto a los cuerpos de agua, ya que al ser bosques que se limitan en franjas menores a 80 m de ancho, es muy fácil evitar cimentar las obras de drenaje dentro del bosque, por lo que los pilotes se ubicarán dentro del cauce en el espejo de agua y fuera del área arbolada; en escurrimientos pequeños la obra de drenaje puede ubicarse por afuera.

b) Durante la preparación del sitio y construcción

Tres días antes de iniciar las actividades de preparación del sitio, deberá convocarse a todo el personal de construcción y supervisión a un lugar apropiado, como puede ser algún auditorio en Tepoztlán. En esa reunión los trabajadores conocerán la siguiente información:

Se prohíbe incursionar fuera del frente de trabajo y solo se podrá utilizar el área entre línea de ceros.

Se deben utilizar los baños portátiles de tipo saniseco ubicados en los frentes de obra para defecar. Estos baños serán vaciados cada mes por la empresa que los rente, el producto será revuelto con el material de despalme.

En cada frente de obra se colocará 1 bote de basura con tapa donde tendrá que ponerse toda la basura (residuos domésticos). La bolsa interior que contenga la basura se entregará al sistema de limpia de Tepoztlán, Cuernavaca o Cuautla, para que sea llevada a su relleno sanitario.

Las estopas con algún solvente, aceite, combustible o cualquier sustancia, deberán colocarse en el tambo para residuos peligrosos dentro de una bolsa con etiqueta que

indique que contiene "RESIDUOS PELIGROSOS (ACEITES Y SOLVENTES)". Aunque por su volumen estos residuos no se consideran peligrosos según la NOM-052-SEMARNAT-1993, deberán ser entregados a la gasolinera más cercana, previo acuerdo o a una empresa que tenga permiso de manejo de residuos peligrosos, para que los traten. En el caso de algún derrame accidental de hidrocarburo, aceite o alguna otra sustancia considerada peligrosa por la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 al suelo, será la empresa, la responsable de su manejo y la actuación será inmediata[1].

Se prohíbe hacer cualquier tipo de reparación fuera de los talleres autorizados, la maquinaria si requiere algún tipo de mantenimiento deberá llevarse algún taller con operación comercial. Inclusive, no se podrá cambiar aceite, lavar los automotores, o cualquier otro arreglo menor a los vehículos ni maquinaria fuera de los talleres, gasolineras y/o autolavados.

Se prohíbe trabajar durante la noche y/o permanecer en el frente de obra durante la noche (de 7:00 PM a 7:00 AM).

No se debe recolectar ninguna planta de los Acahuales, Pastizales inducidos o Vegetación arbórea que crece dentro del derecho de vía.

En ningún caso deberá cazarse la fauna silvestre, o molestarla.

Toda la comida consumida en el frente de trabajo será en frío, quedará prohibido encender fuego para cocinar o para algún otro propósito. Toda la basura derivada de esta actividad tendrá que ser colocada en los botes de basura ubicados en los frentes de obra.

En cuanto a los niveles de ruido ocasionados por las labores de construcción y por la operación de vehículos (para el transporte de materiales hacia los frentes de obra), no rebasaran, en el primer caso (labores de construcción) los 68 dB(A) (máximo) y en el segundo caso (operación de vehículos) los 90 dB(A) como máximo en tiempos de exposición no mayores de 15 minutos. En caso de que el nivel de ruido sea alto, se intercalan pausas de 5 minutos cada 15 minutos de trabajo. Como se mencionó en el Capítulo 2 no hay material del tipo C donde se tenga que nivelar por lo que no se espera que los ruidos rebasen los 90 dB(A). Todas las actividades se efectuarán solamente durante el día, entre las 9 y las 18 h. Los operadores de maquinaria utilizarán protección auditiva, que proporcionará el patrón. En las zonas que se encuentren a menos de 1 Km de los poblados se deberán restringir las actividades al horario de 10 a 17 h. Este punto da cumplimiento a la NOM-081-SEMARNAT-1994.

En los tramos Km 2+200 al 2+900 no se permitirá que la maquinaria pernocte en la zona y no se permitirán ruidos mayores a 60 dB por periodos mayores a 30 seg.

[1] Los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo es de 3000mg/kg (base seca) para suelo forestal y de conservación (NOM-052-SEMARNAT-2005). Situación difícil de suceder, tendría que ser un gran derrame y no una simple fuga. Como quiera que sea se evitará cualquier reparación en derecho de vía. Es importante también recordar que el trazo ni su derecho de vía se asientan en suelos forestales. En caso de derrame o fuga de algún residuo que por su volumen y naturaleza sea considerado peligroso (como los hidrocarburos) se deberá realizar una caracterización después de haber tomado las medidas de urgente aplicación, por parte de la empresa contratada para el manejo de residuos peligrosos. La caracterización del sitio del derrame debe contener como mínimo los siguientes elementos: Descripción del sitio y de la afectación, Estrategia de muestreo, Plan de muestreo e Informe; el sitio quedará limpio hasta que los muestreos indiquen que ya no se presenta la sustancia (NOM-138-SEMARNAT/SS-2003)

El desmonte únicamente se realizará entre línea de ceros, y solo se retiran los árboles marcados con martillo forestal; el procedimiento del desmonte deberá realizarse con métodos manuales, no se utilizara equipo que produzca altos niveles de ruido y vibraciones, como las taladoras; la remoción de los arboles se realizará de forma manual con la utilización de hachas y sierra manual.

Una vez terminada la construcción, se levantarán todos los desechos generados durante las diferentes fases de la obra, ya que en algunas construcciones se ha observado que se dejan residuos como botes de diesel y otros aceites para las maquinarias, hierros, láminas. Se pondrá especial cuidado en evitar derrames de aceites y otros combustibles, así como recoger todos los desechos tóxicos o potencialmente tóxicos.

Antes de iniciada la preparación del sitio el supervisor fotografiará y sacará película de las cañadas, también se sacará una película de todas las laderas debajo de trazo, para comprobar que el material producto de desmonte, despalme y nivelaciones no fue arrojado a ellas.

Se construirán Pozos de absorción en los Km 2+120; 2+197; 2+320; 2+460; 2+840; 2+890; 3+080; 12+200; 12+260, a ambos lados del trazo, que es la zona de más alta permeabilidad por donde pasa el trazo:

La construcción de pozos de absorción de aguas pluviales al subsuelo consiste en una perforación de entre 0.90 a 1.20 m de diámetro a una profundidad de entre 1 a 2.5 m aprox. siempre y cuando se asegure que se paso la capa permeable y se desplante en la capa absorbente.

En el proceso constructivo se inicia con una excavación manual o mecánicamente asegurando que se traspase la capa permeable con una profundidad variable, y diámetro de acuerdo a diseño.

Una vez terminado la excavación se procede a la construcción de la corona, una sobre excavación en la parte inferior o desplante del pozo de absorción en forma cónica, para posteriormente sea rellenada con grava de ¾“ hasta 1.00 m de altura. Se tendrá cuidado de que se traspaso la capa permeable y asegurar que las paredes son lo suficiente absorbentes y de material tipo “A” para asegurar la absorción del agua pluvial. Se procederá a la colocación de la fibra textil (geo textil) tipo calcetín asegurando que se coloque a partir de la base y se adhiera a las paredes de la excavación esto con el fin de que toda la excavación quede cubierta de la malla textil (geo textil). Ya colocado el calcetín de la fibra textil se continuara con la colocación de los tubos perforados asegurando sean los adecuados y suficientes de acuerdo a diseño para el desalojo de las aguas pluviales, estos serán de concreto y/o cualquier material que garantice su estabilidad vertical (PVC, concreto, ladrillo, etc.). Terminada la colocación de la tubería se considerará la tapa y la losa de captación con pendientes de 3, 4 % para un mejor desalojo de aguas pluviales.

Una vez construida la losa de captación y la tubería para el desagüe del pozo de absorción; se continuará con la colocación de grava de ½, está quedando entre la pared de la excavación y la fibra textil (geo textil) garantizando una pared de 10 cm de espesor libre de basura y/o material fino. Esto para evitar que se tapen los orificios de la tubería.

En toda el área de desagüe del trazo; ya sean cunetas o lavaderos; en los tramos: Km 2+120; 2+197; 2+320; 2+460; 2+840; 2+890; 3+080; 12+200; 12+260, se construirán los pozos de absorción. Se acomodará en los primeros 20 cm material de despalme; en los

siguientes 10 cm se pondrá una mezcla de 60:40 material de despalme con AB total absorb granulado y en los siguientes 5 cm se colocará una capa pura de AB absorb total[2] lipofílico e hidrofóbico y los últimos 5 cm se pondrá gravilla proveniente del banco de material; esto con el fin de frenar la velocidad con la que llegue el agua y permitir su infiltración inmediata.

En caso de quebrantar el reglamento el contratista tendrá que ser responsable y deberá ser sancionado como marque la ley en ese caso.

Indicadores de cumplimiento: Los puntos 1 al 5 quedarán registrados en la bitácora 1, el resto de los puntos en todas las bitácoras siguientes (Tabla VI.2).

Tabla VI.2 Indicadores de cumplimiento de la Medida de mitigación 1

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso de rebasar umbral
1. Contrato de la empresa constructora que resulte ganadora con una empresa cuyo giro sea manejo de residuos peligrosos.	Presentar un contrato donde se detallen las acciones a seguir en caso de alguna contingencia; además de señalar que cada semana pasará la empresa a recoger embalados los residuos que pudieran considerarse peligrosos (que no lo son por los volúmenes a manejar en el frente de obra).	Contratar a una empresa que maneje residuos peligrosos bajo el esquema señalado en el umbral. No se podrá iniciar la preparación del sitio hasta cumplir con el umbral esperado.
2-Costales de AB-total absorb en los frentes de obra.	Por lo menos 3 costales de 10 kg cada uno en el frente de obra o 30 kg o más de AB-total absorb.	Comprar los costales necesarios; si la marca se descontinúa comprar otra marca con las mismas características de absorción de hidrocarburos.
3- Porcentaje de personal que firmó compromiso de cumplimiento de medidas y condicionantes.	El 100% de los trabajadores.	Volver a convocar a reunión del personal faltante hasta cumplir con el 100% de las firmas.
4- Límite del desmonte.	Solamente entre ceros árboles marcados con martillo forestal.	El área que se rebase del desmonte se deberá compensar en ese mismo parche en una proporción 5:1, con las especies y procedimientos señalados en MM5.
5- Numero de animales sacrificados o alimentados en el frente de ataque.	Ninguno.	Si el animal no es generalista; se deberá compensar a una UMA de

[2] El AB absorb total es un polímero en absorbe los hidrocarburos y aceites en su matriz y los deja inertes. Se puede conseguir por medio de la empresa. Lo distribuye la empresa Abastecimiento Total S.A. con distribución en México y Matriz en Argentina

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso de rebasar umbral
		reproducción de especies silvestres con una cantidad de $20,000 por animal sacrificado; para que reproduzca esa especie y reincorporar 10 organismos por cada animal sacrificado. Si es generalista y/o fauna nociva, se donará 10 mil pesos a una UMA en la zona.
6- Numero de sanciones por incumplimiento de los puntos de esta medida (los que no se hayan puesto en un indicador aparte).	Ninguna.	El empleado que se le descubra incumpliendo algún de los puntos, tendrá que pagar el resarcimiento de daños y la empresa que cumpla las MM tendrá que cobrarlo y llevarlo a cabo. En la segunda sanción se rescinde el contrato.
7- Fotografías a las cañadas y ladera abajo del trazo.	Sin material de desperdicio, 4 fotografías por km a ambos lados.	Retirar todo el material de desperdicio.
8- Hidrocarburos en tierra de despalme (capa 3) en zona de desagüe en los tramos donde se requiere, son: 2+120.00; 2+197.00; 2+320.00; 2+460.00; 2+840.00; 2+890.00; 3+080.00; 12+200.00; 12+260.00	Sin hidrocarburos.	La constructora deberá pagar el resarcimiento de daños. Colocar el doble de AB-total absorb en el cavado de pozos de absorción.

Integración y análisis de precios unitarios: Se presenta un desglose de los costos considerados para llevar a cabo la MM1, al final se incluye el total, en todos los casos, se considera el precio más alto, para que sirva para fines de afianzamiento de cada medida de mitigación; pero cuando se concurse la obra y sus MM, es cuando se tendrán los montos exactos, ya que depende de la empresa ejecutora que gane el concurso (Tabla VI.3).

Tabla VI.3. Precios unitarios para llevar a cabo MM1

Concepto	Precio
Marcaje de individuos arbóreos de la vegetación forestal que se desmontará, incluye brigada topográfica.	$ 27,000.00
Renta de auditorio.	$ 1,000.00
Renta de 2 baños tipo saniseco durante 24 meses.	$ 36,000.00

Concepto	Precio
Botes de basura y moverlos.	$ 200.00
10 costales de AB-total absorb.	$ 6,200.00
Contrato durante 12 meses con empresa que maneje residuos peligrosos.	$ 24,000.00
Fotografia área junto a líneas de ceros.	$ 10,000.00
Supervisor 1.	$ 30,000.00
Total Medida de mitigación 1	**$134,400.00**

Medida de mitigación 2. Programa de rescate y reubicación de flora.

Tipo de medida: Mitigación y compensación.

Ubicación espacial: En todo el SAR donde estén las especies con mayor valor de importancia y en el área de ampliación del proyecto, en los sitios donde se encuentran tres individuos de *Mastichodendron capiri* y cuatro de *Cedrela odorata* ambas especies incluidas en la NOM-059 -SEMARNAT-2010.

Etapa de aplicación: Antes del desmonte. Preferentemente en los meses de fructificación de las especies de mayor valor de importancia y representatividad en el SAR. Recolección de semillas por especie, germinación en vivero, crecimiento en vivero, transporte al sitio de reforestación MM6 (Tabla VI.4).

Tabla VI.4. Época de recolección de genoma para el programa de rescate

Especie	Colecta de germoplasma	Estaca	Vivero 1 año	Vivero 2 año	vivero 3 año	Restauración	Trasplante
Bursera fagaroides	enero a marzo		*			mayo a agosto	
Bursera excelsa	enero a mayo					mayo a agosto	
Spondias Purpurea		mayo				Abril a mayo	
Maastichodendron capiri							junio-agosto
Quercus castanea	octubre-noviembre			**		mayo a agosto	
Quercus laurina	junio-diciembre					mayo a agosto	
Quercus obtusata	octubre-noviembre					mayo a agosto	
Quercus rugosa	septiembre a febrero				***	mayo a agosto	

* Primera reforestación, 1 año en vivero** , Segunda reforestación, 2 años en vivero*** y Tercera reforestación, 3 años en vivero.

Impacto que mitiga o Norma que cumple: Reduce.

Impacto 4. Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Objetivo: Colecta de germoplasma de las especies más afectadas y con características sobresalientes y disponer de un banco de genes que garanticen la sobrevivencia de los individuos reforestados por la adaptabilidad al ambiente con la que ya cuenta dicho germoplasma. Así como, el rescate de tres individuos de la especie *Mastichodendron capiri* y cuatro de *Cedrela odorata*, incluidas en la NOM-059 -SEMARNAT-2010 que se ubica en el área de ampliación.

Antecedentes: La pérdida de vegetación no se limita solamente a la afectación de los volúmenes de madera, existen otras afectaciones colaterales al desmonte de la vegetación como la pérdida de germoplasma de los individuos talados, entonces, una forma de rescate de flora es conservar el genoma del área en particular de especies nativas; por ello se aplican algunas técnicas que ayudan a mitigar este impacto. La colecta y conservación de germoplasma es una técnica importante para la conservación de la biodiversidad forestal, se sabe que la deforestación es una causa importante para la fragmentación del ecosistemas y que un ecosistema fragmentado no tiene la estructura y no cumple las funciones que un ecosistema continuo, por lo que, el restablecer la cubierta vegetal en mayores extensiones para crear corredores es importante, pero también es importante procurar que la introducción de los individuos que restaurarán el sistema cuenten con los atributos necesarios para garantizar su sobrevivencia, esto se obtiene cuando el germoplasma es obtenido de la misma zona en la que se pretende restaurar.

De acuerdo con los estudios realizados en esta MIA-R para la descripción de la vegetación del SAR y durante el censo de la vegetación realizado entre línea de ceros, se encontró la presencia de tres individuos (un adulto y dos juveniles) de *Mastichodendron capiri* (dos juveniles con un DAP menor a 10 cm y dos adultos) y cuatro de *Cedrela odorata*, incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2001, en categorías de amenazada (A) y protección especial (Pr), respectivamente. Por lo que se considera necesario su recuperación y trasplante.

Procedimiento: Se ejecutará un programa de recolección de germoplasma (MM2), en conjunto con el programa de restauración (MM6), los cuales pueden llevarse a cabo con la CONAFOR o alguna institución académica u ONG dedicada a este tipo de servicios. La colecta de germoplasma se realizará en las zonas conservadas, por ejemplo, para las diversas especies de *Quercus* se realizará la colecta en los Bosques de encino conservado que se distribuyen en el SAR, mientras de los géneros *Bursera* y el *Spondias* serán colectados en las áreas de Selva baja caducifolia conservada, que se ubican en manchones aledaños a los tramos del trazo Km 15+990 al 16+120 y del 17+990 al 18+120.

El Banco de Germoplasma es una colección de material vegetal vivo, en forma de semillas. A través de ellos se localizan, colectan y conservan plantas consideradas de interés prioritario, aunado a esto, se trabaja para el conocimiento científico orientado a la optimización de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos. Se colectará el material botánico de las especies indicadas más adelante; cada especie muestra diferente fenología por ello, será necesario muestrear durante un año para identificar los periodos de fructificación, la colecta se realizará cuando los frutos muestren una maduración total, siempre serán colectados de la planta en pie y nunca del suelo.

Se colectarán los frutos de la mayoría de los árboles presentes, es decir, por especie, se colectará un 70% de los individuos presentes, esto para garantizar la viabilidad genética y el éxito de las germinaciones.

Se seleccionarán en campo los frutos con mejor aspecto físico, es decir, un mayor tamaño, mejor color, sabor (si es el caso), y se elegirán las plantas que se observen más sanas. Esto garantiza, un mejor desarrollo de las plantas una vez que son germinadas las semillas. La colecta se realizará únicamente en bolsas de papel para que permitan la libre respiración del germoplasma, nunca se introducirán en material de plástico.

Se contratarán los servicios de especialistas para dar seguimiento al tratamiento del germoplasma ya que habrá una depuración, manejar tratamientos de secado y almacenamiento para evitar la contaminación fúngica, común cuando existe un mal manejo.

Para su conservación y enriquecimiento, se efectuarán expediciones para colectar las especies en forma de semillas en su hábitat natural, un año después de la ampliación. Posteriormente, en laboratorio se procede a limpiar el material, se deseca con gel de sílice y posteriormente se encapsula en recipientes estancos. Se pedirá apoyo a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), ya que ahí se cuenta con el equipo necesario para el mantenimiento del Germoplasma.

El promovente financiará la colecta del germoplasma mediante la contratación de una institución u organización (se preferirá que sea la propia UAEM que ya tiene experiencia en este tipo de colectas), para que lleven a cabo la colecta descrita. Será la institución u organización la responsable de presentar los resultados a la SEMARNAT, ya que la obligación del promovente terminará con la paga de dichas obras en 2 exposiciones, una para la colecta del germoplasma y otra para llevar a cabo la reforestación. Las únicas restricciones que se le pongan a la institución que lleve a cabo la recolecta de germoplasma será:

- La institución u organización encargada de llevar a cabo la reforestación deberá tener un giro principal a acciones de conservación de ecosistemas y deberá tener experiencia en la zona centro del país.
- Que se utilice germoplasma de la zona, mediante la recolección de semilla y/o juveniles en las mismas formaciones vegetales

Colecta y resguardo del germoplasma de las especies más afectadas y con mayor valor de importancia: *Bursera fagaroides, Bursera excelsa, Spondias bombin, Quercus castanea, Quercus laurina, Quercus obtusata* y *Quercus rugosa.* El germoplasma que deberá ser colectado suma un total de 99 kg como se observa en la tabla VI.5.

Tabla VI.5. Especies y cantidad de colecta

Especie	Kg de germoplasma
Quercus laurina	49
Quercus rugosa	885
Quercus castanea	425
Quercus glaucoides	458
Bursera fagaroides	55
Bursera excelsa	55
Cedrela odorata	
Mastichodendron capiri	2

Especie	Kg de germoplasma
Total	**1,929 kg**

La reproducción de plantas a partir de germoplasma favorece la variabilidad genética de la especie, además de ser genoma del área y por lo tanto mejor adaptada a ese ambiente.

Para facilitar la germinación se lavará la charola, desinfectándola con cloro al 10% (10 ml de cloro en 90 ml de agua), luego enjuagar con agua corriente, pero esterilizada. Se tenderá el sustrato que será una mezcla de humus, vermiculita y agrolita, se dividirá con espátula el sustrato en cuadrados de aproximadamente 16 cm^2 de superficie o 4 x 4 cm, y agujerará con un palillo de madera se colocará una semilla en cada cuadro y se mantendrá húmedo. Una vez que la plántula alcance una altura de 8 cm, podrá trasplantarse a maceta o bolsa.

Para la especie *Spondias mombin* se sugiere reproducirla a partir de esqueje por lo que se propone una colecta de 540 esquejes, estos incluyen las posibles pérdidas que puedan suceder de la primera plantación. Estos esquejes y las plantas obtenidas a través de la germinación serán utilizadas para el Programa de Restauración.

En total se montarán o rentarán 2 viveros rústicos, en el caso de montarlos, solo se pondrá malla sombra y una caseta provisional para guardar la herramienta y un tinaco para resguardo del agua para riego. Las semillas una vez pasado su tratamiento, en cada vivero, se sembrarán en charolas.

Tabla VI.6. Tratamiento que se le dará a la semilla por especie

Especie	Bosque de encino	Selva baja	Zona de transición	Tratamiento pregerminativo
Bursera fagaroides				Escarificación
Bursera excelsa				Escarificación
Mastichodendron capiri				Ninguno
Cedrela odorata				Ninguno
Spondias purpurea				Reproducción asexual
Quercus laurina				HCl
Quercus rugosa				HCl
Quercus castanea				HCl
Quercus glaucoides				HCl

Tratamiento 1 (HCl): Semillas sometidas a la acción de ácido clorhídrico al 35% durante 5 minutos, siendo luego lavadas con agua dulce. Tratamiento utilizado para ablandar los tegumentos.

Tratamiento 2 (Escarificación): Escarificación mecánica con suelo del lugar de origen sin lastimar los cotiledones.

Tratamiento 3. (Reproducción asexual): Cortar los ramas en los meses de estiaje (solo, *Spondia purpurea*), para que la planta canalice la energía en su sistema radicular y no en la foliación, dejarlos sin tratamiento durante una semana, transcurrida la semana, poner enraizador o agua de coco en la base para inducir la enraización de la planta. Los esquejes se tomarán de los individuos del SAR de los tramos en zonas conservadas y se trasplantarán a tierra hasta que hayan desarrollado un sistema radicular.

En la zona fría del municipio de Tepoztlán se rentará un terreno de 1,000 m^2 o se rentará 1 vivero en operación, para la propagación de los Encinos que son de afinidad Neártica. La zona con malla sombra debe cubrir una superficie mínima de 200 m^2, y contar con un espacio para el sustrato y el agua; también un área para guardar la herramienta.

Este vivero tendrá malla sombra para cubrir las plántulas más pequeñas es decir, las menores a 50 cm, las demás plantas pueden estar expuestas al sol directamente. Se les regará en época de estiaje cada 3 días, el primer año, después estarán adaptadas a las lluvias del tipo climático en el que normalmente habitan.

Además, se establecerá un segundo vivero, se colocará en el tipo climático cálido (el clima de Yautepec puede ser adecuado); para el caso, se pueden rentar instalaciones en los múltiples viveros ubicados en dicha área. En este vivero se reproducirán las especies de Selva baja caducifolia. Se le colocará una malla sombra que permita el paso del 70% de la luz y se adecuará una zona que permita no recibir los rayos del sol de la mañana pero si los de la tarde. Las especies germinadas, se regarán solo en estiaje cada tercer día durante el primer año, después se les regará cada 5 días en estiaje, hasta su trasplante.

Se pretende obtener de forma inicial un total de 3,806 individuos, 80 de *Quercus laurina*, 1,800 de *Quercus rugosa*, 828 de *Quercus castanea*, 682 de *Quercus glaucoides*, 56 de *Bursera fagaroides*, 56 de *Bursera excelsa* y 216 de *Spondias mombin,* 40 individuos de *Mastichodendron capiri,* y 48 de *Cedrela odorata*. Si alguna especie mostrara alguna dificultad para su reproducción y crecimiento pueden ser solicitadas en CONAFOR o algún vivero particular con previa anticipación; sin embargo, las especies propuestas son exitosas para ser reproducidas en el vivero.

Los primeros 6 meses las plantas serán revisadas cada semana para el deshierbe, y verificar su salud, posteriormente el monitoreo será mensual durante el resto del primer año, el segundo y el tercero hasta que los individuos alcancen una altura de un 1m y un DAP superior a los 5 cm, etapa en la que estarán listos para ser llevados a la zona de reforestación.

Requerimientos específicos de las especies que serán rescatadas mediante su germoplasma

Bursera fagaroides

Aunque las semillas se producen desde noviembre-diciembre hasta mayo-junio, es adecuado colectarlas desde enero o marzo, dependiendo de las épocas de lluvias del año anterior. Se tomarán a partir de frutos maduros colectados directamente de la planta, las semillas se colocan en bolsas de yute y se dejan secar naturalmente para que solos abran y así poder extraer la semilla. Las semillas bien limpias y secas se pueden almacenar en refrigeración por 1 año.

Sin tratamiento pre-germinativo la semilla difícilmente germina. Es necesario una escarificación química o bien sumergirlas en agua caliente por un momento y luego dejarlas por 24 horas en agua a temperatura ambiente. Se puede sembrar en germinadores, en hileras o directamente en bolsa con una profundidad de 1 cm.

Bursera excelsa

La colecta se realiza de enero a mayo, durante la última parte de la época de sequía, las drupas son colectadas de árboles en pie cuando pasan de una coloración rojiza a púrpura,

las semillas se colocan en bolsas de yute y posteriormente secar al sol con ventilación adecuada por 2-3 días. La semilla se extrae golpeando el fruto.

Posteriormente, se almacenan a temperatura ambiente y pueden permanecer viables por 10 meses, sin embargo, en cámaras frías a 4°C y contenido de humedad de 6 a 8% conservan su viabilidad por 2 años. La semilla fresca tiene 85-97% de germinación. Ya almacenada, sólo remojar 12 horas en agua para un 40% de germinación a partir de los 7 hasta los 50 días, aunque el 50% de la germinación se logra a los 17 días.

Se puede sembrar en germinadores, en hileras o directamente en bolsa con una profundidad de 1 cm. Las plantas derivadas de semillas tienen un crecimiento moderado, a los 10 meses alcanzan apenas 30 cm; momento en el cual pueden ser trasplantadas.

Spondias mombin

La recolección de la fruta se realiza sacudiendo las ramas con palos o pértigas, y luego recogiéndola del suelo. Esta especie no produce tanta semilla fértil debido a una falta de polen fértil. Es por ello que la propagación vegetativa es el método preferido de propagación. Se usan estacas rectas, de más de 6 cm de grueso y al menos 1.5 m de longitud. Se cortan al inicio del brote de las hojas, lo cual generalmente coincide con el comienzo de las lluvias. Las estacas se mantienen a la sombra por un par de semanas y se plantan a una profundidad de 30 cm.

Género *Quercu*s:

Quercus castanea, Quercus laurina, Quercus obtusata, Quercus rugosa

Las semillas se colectan directamente de los árboles y se colocan en bolsas de papel, posteriormente se llevan al vivero. No es recomendable colectar las semillas del suelo, si esto se realiza, las semillas deben colectarse al poco tiempo de haber caído, dado que las semillas pueden infectarse por diversos patógenos que destruyen los cotiledones; las bellotas recogidas del suelo que presentan la copa pegada usualmente son inviables. Los frutos se colectan entre junio y diciembre.

Las semillas son recalcitrantes, este tipo de semillas pierde la viabilidad rápidamente, y no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a temperaturas menores o iguales a los 0°C. Se almacenan a temperatura y humedad ambiente hasta su uso. En EUA se ha conseguido almacenar con resultados satisfactorios semillas de *Quercus* manteniéndolas a un contenido de humedad del 35 al 45%, a temperaturas de 1 a 3°C. El control de la temperatura es un factor crítico, cuando ésta es menor a 1°C las semillas se mueren, mientras que a más de 3°C se produce germinación excesiva. Las semillas requieren estar siempre húmedas para almacenarlas y manipularlas, se recomienda la fumigación con Serafume u otros productos químicos; para matar insectos se suele emplear Bromuro de Metilo y Bisulfuro de Carbono

Las semillas se almacenan en un medio húmedo y fresco sólo por periodos cortos.

Mastichodendron capiri.

Las semillas deben ser colectadas y almacenadas cuando menos 1 año antes para que puedan ser utilizadas. Se recomienda guardarlas en sobres de papel en un lugar fresco y seco o en refrigeración a una temperatura de 8ºC. Para evitar la proliferación de hongos una vez colectadas las semillas se hace una selección de las mejores, para ello se toman criterios como tamaño, forma y robustez, posteriormente, son introducidas a un desecador utilizando silicagel para absorber la humedad, el silicagel se remplazara una vez que su

coloración haya virado de azul a rosa, esto cuantas veces sea necesario. Cuando la humedad de la semilla es absorbida por completo el silicagel permanecerá azul. Una vez libres de humedad las semillas son almacenadas a una temperatura de 8ºC. Para la reproducción por semillas de *Mastichodendron capiri,* no se requiere ningún tratamiento pregerminativo. Es recomendable realizar la colecta de las semillas durante los meses de octubre y noviembre.

Recuperación y trasplante de *Mastichodendron capiri*

Los trasplantes se realizan cuando un árbol de cierto valor natural no puede mantener su ocupación, (por tener que ser utilizado su espacio para otra actividad o servicio), a veces es necesario realizarlo porque el porte que el ejemplar a alcanzado excede del disponible en ese lugar. Los trasplantes por lo general son más exitosos en edades jóvenes de los ejemplares a trasplantar por su mayor actividad de desarrollo y por que los medios a utilizar suelen ser más apropiados con las necesidades reales del trasplante. La época de realización es fundamental para el éxito del trasplante, debiéndose realizar en momentos con la menor evapotranspiración posible.

Actualmente existen tres individuos que se rescatarán, los cuales se encuentran dentro del derecho de vía, se trata de tres individuos, dos juveniles con DAP menores a 10 cm y uno adulto de la especie *Mastichodendron capiri* (Figura VI.1). Para su rescate, en el caso del individuo adulto se podará hasta quitarle el 80% de su follaje, todo el follaje se cortará en forma de estacas en la base se le pondrá enraizador y se sembrarán inmediatamente en el límite del derecho de vía, en el mismo tramo donde se encontró al individuo, la separación entre estacas obtenidas serán de 2 m, en total se pretende obtener del follaje 20 estacas. En el caso de los dos individuos juveniles, se excavará un hoyo de 15, 30 y 60 cm de diámetro, de acuerdo al tamaño de la plántula por 30 cm y hasta 80 cm de profundidad para los individuos superiores a 1 m de altura, este suelo se envolverá con cepellón, cuidando de realizar la excavación de tal forma que no se afecten las raíces; evitando dañarlas físicamente, o exponerlas al aire o al sol. El juvenil debe ser librado de cualquier planta que implique competencia al momento de colocar el cepellón en la bolsa, con la que será llevado al vivero.

Para realizar el trasplante de los individuos, se extraerán las raíces en un cepellón de tierra. El cepellón a realizar será de 2 x 2 m procurando no dañar las raíces, y se sembrarán en el mismo sitio donde se encuentran, en el límite del derecho de vía, el rescate y trasplante será inmediato, uno después del otro, para evitar estrés de la planta. Si es época de estiaje (entre noviembre y mayo) se regarán por medio de una pipa que termine en regadera su surtidor, cada tercer día, hasta que empiece la época de lluvias.



Figura VI.1. Especie *Mastichodendron capiri*

Cedrela odorata.

Después de ser colectadas las semillas deben ser almacenadas en un periodo no mayor a 9 meses. Es recomendable se almacenen en un recipiente hermético, en un lugar fresco y seco a una temperatura entre 2 y 3ºC, controlando su humedad, la cual debe permanecer en un 4%. Para obtener un buen éxito en la germinación de esta especie se recomienda una siembra hipogea, con un rango de temperaturas 26 a 31 ºC, y aunque esta especie no requiere de un tratamiento pre germinativo, si es recomendable exponer las semillas al sol durante 36 horas antes de la siembra, y posteriormente ser tamizadas a través de una red, esto con el fin de que abran.

Recuperación y trasplante de *Cedrela odorata*

Se identificó la presencia de cuatro individuos de *Cedrela odorata* (Figura VI.2), los cuales serán sometidos a un rescate, en todos los casos dichos individuos se encuentran dentro de la línea de ceros, se trata de dos individuos juveniles con DAP menores a 10 cm y dos adultos.

Para el recobro, en el caso de los dos individuos adultos se podarán como se propone para *Mastichodendron capiri*, de esta forma se obtendrán un mínimo de 10 estacas por árbol, a las que se les colocará enraizador y se sembrarán inmediatamente en el límite del derecho de vía. Los dos individuos juveniles, serán extraídos cuidadosamente con raíces y suelo, formando un cepellón, y de igual forma serán sembrados en el límite del derecho de vía, cuidando de realizar la excavación de tal forma que no se afecten las raíces; evitando dañarlas físicamente.



Figura VI.2. Especie *Cedrela odorata*

Los individuos recuperados y germinados en el vivero, podrán utilizarse en el programa de restauración de la subzona del Texcal, dentro del Parque el Tepozteco; siempre y cuando el estudio prospectivo indique que esas especies son nativas a los ecosistemas donde se pretenden incorporar.

Indicadores de cumplimiento: Se realizará un programa de monitoreo cada semana durante 3 años, en donde se avaluará el éxito de los ejemplares plantados, de esta forma se podrá hacer una reposición de los individuos muertos en caso de que menos del 80% hayan tenido éxito. Se espera una supervivencia mínima del 80%. Un valor menor indicaría un mal manejo de las especies en el vivero, en este caso se recuperarían nuevamente mediante la propagación por semilla de las especies en los viveros establecidos, y se recuperaría en una proporción 5:1, donde 5 son las plantas desarrolladas a través de semilla nuevamente y uno el individuo perdido.

El Monitoreo inicial (seis meses), servirá para verificar su estado y que se esté aplicando suficiente riego, a la vez que se verificará si el deshierbe está siendo aplicado con la regularidad necesaria. Después de esta revisión, el monitoreo será mensual durante el resto del primer año, el segundo y el tercero hasta que los individuos alcancen una altura de un 1 m y un DAP superior a los 5 cm, etapa en la que estarán listos para ser llevados a la zona de reforestación.

De todas las actividades se llevará bitácora, se tomarán fotografías y se realizarán informes bimestrales. El encargado de llevar los monitoreos y realizar los informes a la SCT será el Ingeniero forestal coordinador. Por ello se determinan algunos indicadores que evidenciaran el éxito o el fracaso del Programa de Restauración (Tabla VI.7).

Tabla VI.7 Indicadores de cumplimiento de la Medida de Mitigación 2

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso de no cumplir con umbral
9- Número de individuos rescatados.	3 Individuos de *Mastichodendron capiri* y 4 de *Cedrela odorata* de acuerdo con el censo.	Se colectará el germoplasma de la especie y se reproducirá a través de semilla, se deberán obtener 10 individuos de 1.5 m de alto por un DAP superior a los 10 cm por cada uno de los individuos, una vez que alcancen la talla especificada serán plantados. Estos individuos compensaran la posible pérdida dentro del SAR, se monitoreara su éxito durante 6 años posteriores y consecutivos.
10- Porcentaje de individuos exitosos en la germinación.	Mínimo el 80%	Por cada individuo perdido, se propagarán 5 plántulas de esta forma se garantizará que la especie, aunque sea sensible, cumplirá con el umbral establecido.

Integración y análisis de precios unitarios: Se presenta un desglose de los costos considerados para llevar a cabo la medida de mitigación 2, al final se incluye el total, en todos los casos, se considera el precio más alto, para que sirva para fines de afianzamiento de cada medida de mitigación; pero cuando se concurse la obra y sus MM, es cuando se tendrán los montos exactos, ya que depende de la empresa ejecutora que gane el concurso (Tabla VI.8).

Tabla VI.8. Precios unitarios para llevar a cabo MM2

Concepto	Unidad	Cant.	$ Unit.	$ Total
Biólogo con experiencia en taxonomía.	Honorarios/mes	36	14,000.00	$504,000.00
Ingeniero forestal (Coordinador).	Honorarios/mes	36	14,000.00	$504,000.00
20 Trabajadores/campo.	Jornales/mes	3 x 20	2,400.00	$144,000.00
4 trabajadores/vivero, propagación.	Jornales/mes	6 x 4	3,000.00	$72,000.00
4 Chóferes.	Jornales/mes	6 x 4	6,000.00	$144,000.00
Gastos de 2 Vehículos Pick Up / Transporte trabajadores.	Gastos vehículo/mes	3	9,000.00	$27,000.00
Viajes a campo, viáticos de 1 Biólogo con experiencia en taxonomía vegetal.	Mes	6	3,600.00	$21,600.00
Viajes a campo, viáticos de trabajadores (x 20).	Mes	48 x 20	1,200.00	1´152,000
Gastos de combustible de pipa	(Días). Estimado de	224	400	$89,600.00

Concepto	Unidad	Cant.	$ Unit.	$ Total
para trasporte de agua de riego.	224 en 7 años.			
Gastos de 2 vehículos de carga para el transporte de plantas.	Mes	3	23,000.00	$69,000.00
Cubetas de plástico para el riego.	Pieza	40	28	$1,120.00
Palas de piquete.	Pieza	20	80	$1,600.00
Cava hoyos.	Pieza	15	150	$2,250.00
Picos.	Pieza	15	110	$1,650.00
Barras metálicas.	Pieza	15	150	$2,250.00
Carretillas.	Pieza	8	600	$4,800.00
Tijeras de mano para podar para cotar esquejes.	Pieza	20	110	$2,200.00
Tijera de podar con garrocha extensible para la colecta de esquejes de enredaderas.	Pieza	10	260	$2,600.00
Guantes de carnaza.	Par	20	25	$500.00
Bolsas negras para vivero de 30 X 40 cm, calibre 500.	Kg (con 33 bolsas)	500	37.58	$18,790.00
Bolsas negras para vivero de 20 X 30 cm, calibre 500.	Kg (con 60 bolsas)	500	37.58	$18,790.00
Malla sombra.	Rollo de 100 metros	2	17,500	$35,000.00
Paquete de insumos agropecuarios (insecticida, fungicida, micorrizas, enraizador).	Paquete	2	30,000	$60,000.00
Charolas de germinación para transplante de plántulas.	Pieza	300	25	$2,500.00
Total				**$1,729,250.00**

Medida de mitigación 3. Programa de protección de fauna silvestre

Tipo de medida: Prevención y reducción.

Ubicación espacial: A lo largo de todo el trazo objeto de este estudio.

Etapa de aplicación: Durante la preparación del sitio, empezar un mes antes de iniciar el retiro de los elementos arbóreos necesarios.

Impacto que mitiga o Norma que cumple: Reduce.

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Cumple con la LGVS en el trato con la fauna.

Objetivo: Evitar que afecte a la fauna silvestre que este habitando en el derecho de vía, con lo que se impedirá sea dañada durante las obras de preparación y construcción del trazo.

Antecedentes: Por experiencia recopilada en otros países, se conoce que las medidas preventivas como el ahuyentamiento, y reubicación de fauna, son las más eficaces y baratas para evitar afectaciones significativas a las poblaciones faunísticas del sitio donde se realizará la obra. Sobre la implementación de estas medidas desde la década de los 60 e inicios de los 70 en Suiza, y Alemania, (Muller, 1996 y Guiraud, 1985) enumeran y detallan acciones preventivas para evitar afectaciones a la fauna previa a la preparación del sitio para infraestructura de diversos tipos, en especial autovías. Estudios franceses realizados sobre carreteras y fauna (Muller y Mognetti 1991), mencionan que la utilización de técnicas adecuadas para ahuyentar fauna en determinadas zonas por la apertura de nuevas obras reduce de manera significativa la muerte de muchos organismos. Por otro lado PMVC (2003), menciona que la colecta y reubicación durante las etapas de construcción de nuevas obras viales deben enfocarse en aquellas zonas donde existan amplios macizos forestales, debido a que en ellos se concentra más del 28% de la riqueza faunística de cualquier zona.

Reed y Ward, (1985) afirman que es necesaria la transferencia total de las poblaciones amenazadas entorno a las obras, hacia nuevos sitios que tengan las mismas características ecológicas de los sitios originales; esta medida se ha llevado a la práctica en distintas ocasiones, principalmente en la apertura de nuevas carreteras de España, Francia y Alemania. En SETRA, (1985 b) algunos investigadores mostraron ciertas reservas a realizase actuaciones de este tipo, debido a que adolecen de graves fallos metodológicos. Otras revisiones y recomendaciones se encuentran en Crotaz (1985), Muller (1985), Spoke (1985), y otras referencias. Actualmente en México la implementación de estas técnicas se llevan a cabo en diversos sectores (Minería, petroquímica, gaseoductos, líneas eléctricas y recientemente en el sector carretero), resultando muy eficaces ya que disminuyen las afectaciones sobre la fauna al inicio de aquellas obras que reducen su hábitat.

Los impactos por perdida de hábitat sobre las comunidades faunísticas son de los efectos más notorios al construir o modernizar una carretera, esto a razón de que existen factores que incentivan la pérdida (generación de ruido por la construcción, presencia de trabajadores, contaminación, etc.) del hábitat de aquellas especies que se distribuyen dentro del D.V. y los terrenos contiguos al proyecto. Algunos autores mencionan que la aperturas de carreteras y el trafico que deriva de ellas provocan reacciones territoriales, principalmente por la dispersión de los organismos que han sido ahuyentados (Lendant, 1980); otros indican que los efectos de los producidos por el desmonte, despalme y posteriormente por la operación del circuito carretero desplazan a las especies más raras hacia el interior de los ecosistemas y solo quedan los organismos mas generalistas (Muller, 1988). En el caso de las aves, la presencia de las carreteras marca los bordes territoriales para las aves residentes, por lo que sus poblaciones hacia estas zonas son reducidas, y en la mayoría de los casos son sitios en los que no se ha podido contabilizar ejemplar alguno (Waetch y Shirmer, 1985).

Por otro lado este desequilibrio favorece a especies oportunistas y/o antropófilas, debido a que por la presencia de la carretera es cada vez más común que la dispersión de alimentos,

golosinas y en su caso cadáveres de animales atropellados atraigan a este tipo de especies para alimentarse con este tipo de productos (Vives Balmaña, 1984).

De acuerdo a los criterios establecidos en el POET municipal y en Programa de manejo del PN el Tepozteco, se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo autorización expresa de la SEMARNAT, así como el aprovechamiento de vida silvestre con fines comerciales, destruir por cualquier medio o acción los sitios de anidación y reproducción de especies silvestres, usar altavoces que altere el comportamiento de los animales durante el proceso de modernización de esta autovía así como acciones que permitan la continuidad y evolución de las poblaciones faunísticas dentro de los ecosistemas contiguos al proyecto.

De acuerdo a la información obtenida en campo se identifico que el DV del proyecto presenta un elevado nivel de degradación debido a que durante el proceso de construcción de la carretera actual se desmonto por completo el DV sustituyendo a las especies autóctonas por especies exóticas (*Jacaranda mimosifolia*) para la reforestación del sitio, ya que estas promovían un buen aspecto al paisaje. La implementación de estas especies terminó de desplazar a los animales ya que estas no proporcionaban los servicios ambientales requeridos por estos organismos (alimentación, resguardo), con el paso del tiempo el límite se agudizo y fragmentó el hábitat. Actualmente es posible observar la nula o baja representatividad de especies faunísticas dentro del DV, esto a consecuencia del elevado ruido que se produce por tránsito vehicular, la presencia de asentamientos humanos y la degradación de los predios contiguos a la carreta actual por el rápido crecimiento de las zonas agrícolas.

Para mitigar el impacto que pudieses generar la modernización de esta carretera a las poblaciones de animales que pudiesen distribuirse dentro del DV se propone el ahuyentamiento de los organismos antes del desmonte y despalme, así como la ubicación oportuna de nidos y madrigueras que pudiesen contener crías de las distintas especies.

Procedimiento: Se estimó en el Impacto 5. (Capítulo V), que la pérdida del hábitat afectará a 47 especies, de las que 6 se encuentran catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (2 como amenazadas y 4 bajo protección especial). Bajo este contexto, no se realizará un ahuyentamiento dirigido solo a las especies que se encuentran dentro de la norma (NOM-059-SEMARNAT-2010), sino que se trabajará de forma homogénea, ya que será difícil realizar la identificación hasta nivel de especie durante el proceso de desmonte y despalme. Por otra parte, en caso de avistamiento de fauna silvestre, la precisa identificación implica causar un nivel de daño, que puede ir de estrés moderado hasta la muerte, lo que estaría en contra del propósito de esta medida. En particular, las especies de amplia movilidad, que son susceptibles a la perturbación, en cuanto notan movimiento huyen fuera del área donde la actividad es más intensa, esto podría generar efectos dañinos a la población ya que algunos de los ejemplares tenderían a huir hacia cuerpo de la carretera actual lo que derivaría en atropellamiento. Para evitar este tipo de impactos sobre la fauna se realizarán las siguientes actividades:

Se procederá a la colocación de una barrera física entre el cuerpo de carretera actual y la zona sujeta a desmontar, esta tendrá una altura mínima de 2.44 m y será colocada desde la base de la subrasante del cuerpo de la carretera actual (Figura VI.3). Esta barrera será colocada por bloques de 200m lineales con uniones hacia el interior del ecosistema, es decir se generará un tipo de embudo que obligue a los animales que se distribuyan dentro de esos terrenos a reubicarse hacia los predios contiguos al D.V. La reubicación de las especies se

hará de manera natural ya que los animales huirán hacia otros sitios al percatarse de la presencia de los trabajadores en el sitio; además evitara que los animales salgan huyendo hacia la calzada y con ello el potencial atropello.



Figura VI.3 Modelo general del sistema de barrera que se implementara para que las especies huyan hacia el interior de los ecosistemas durante los procesos de desmonte y despalme

Durante la colocación de las barreras se contará con personal especializado (biólogos e ingenieros) que orientarán a los trabajadores para la colocación del sistema perimetral y a su vez evitará que estos molesten a los animales que se pudieran presentarse en el sitio delimitado. Se debe aclarar que las especies potenciales dentro de los predios pueden ser mamíferos[3] de talla pequeña a media (por ejemplo zorrillo, ardillas, ratones, cacomixtles, entre otros). Las aves serán de los grupos menos afectados por la modernización de esta carretera ya que por los altos niveles de ruido presentes en las inmediaciones (productos del trafico actual) es difícil para las especies colonizar el área. Colocadas las barreras se procederá al ahuyentamiento de las especies a través de barreras etológicas que serán colocadas al centro del área delimitada y se colocarán 36 horas antes del desmonte. Posteriormente el área delimitada será cerrada por completo en el borde del derecho de vía con lo que se evitará que los animales regresen al sitio y resulten afectados durante los procesos de desmonte.

[3] La diversidad de mamíferos presentes sobre el trazo, comprenden en su mayoría mamíferos de talla pequeña (ardillas y ratones, aunque también se pueden encontrar especies de talla mediana, como mapaches (*Procyon lotor*), zorros (*Urocyon cineroargenteus*), tejones (*Nasua nasua*), comadrejas (*Mustela frenata*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), armadillos (*Dasypus novemcictus*), coyotes (*Canis latrans*), entre otras; estas especies se caracterizan por su plasticidad a las condiciones del medio.

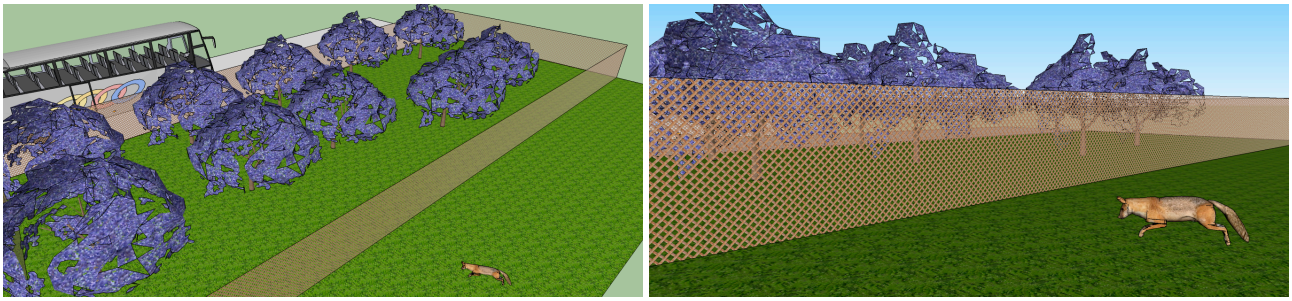


Figura VI.4. Cercado perimetral del DV; con lo que se espera que los animales terrestres no puedan regresar al sitio y así hacer más eficiente los procesos de desmonte

Sobre el límite del derecho de vía se colocará una nueva barrera etológica y esta tendrá una separación de 60 m una de la otra, lo que ayudará a reforzar el proceso de ahuyentamiento y comenzara a generar nueva rutas de dispersión.

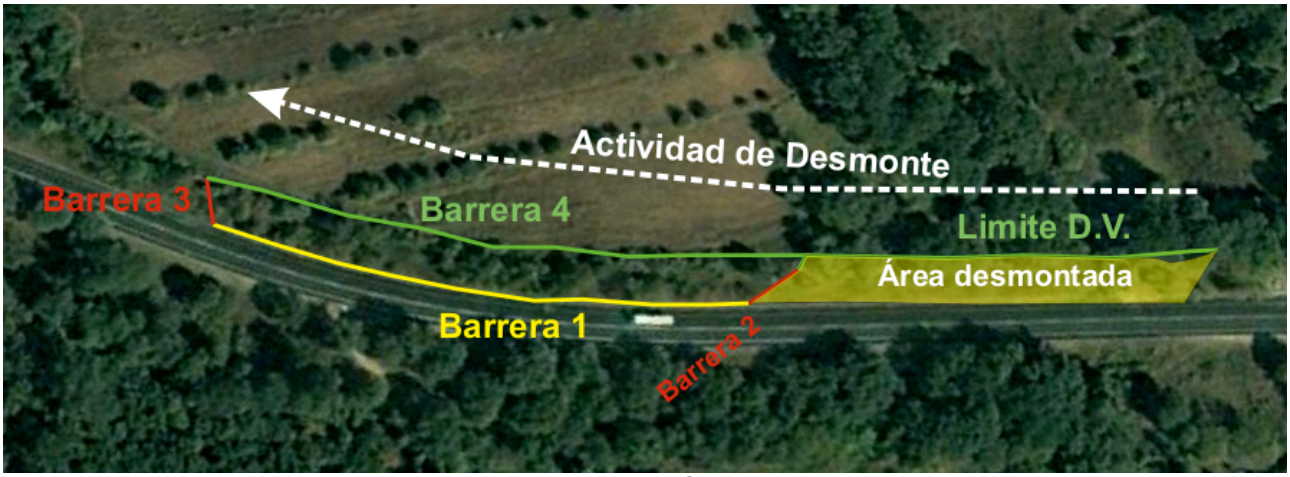


Figura VI.5. Barrera que se pondrá durante el desmonte

Tabla VI.9. Cronograma para la colocación de las barreras físicas y etológicas antes del desmonte, con esto se pretende un ahuyentamiento natural de las especies de talla mediana, principalmente mamíferos

Actividades	6 Horas	12 Horas	18 Horas	24 Horas	30 Horas	36 Horas	42 Horas	48 Horas	3 Días	4 Días	5 Días	6 Días	7 Días	8 Días	9 Días
Identificación del sitio donde se colocaran las barreras															
Colocación de la barrera 1 (200 m)															

Actividades	6 Horas	12 Horas	18 Horas	24 Horas	30 Horas	36 Horas	42 Horas	48 Horas	3 Días	4 Días	5 Días	6 Días	7 Días	8 Días	9 Días
Colocación de la barrera 2 y 3 (15 m por lado)															
Búsqueda de nidos y madrigueras dentro del DV limitado															
Ubicación de los nidos y madrigueras															
Colocación de cámaras trampa en las madrigueras identificadas															
Análisis de cámara trampa															
Colocación de trampas Sherman, Tomahawk o Havahart a escasos 30 cm de la madriguera, esta actividad se complementara con las cámara trampa															
Clausura de las madrigueras vacías															
Observación de los nidos identificados para saber si se encuentran ocupados por crías o solo es sitio de refugio															
Remoción de los nidos vacios															
Colocación de disuasión de aves															
Colecta manual de anfibios y reptiles															
Colocación de la barrera etológica (al centro del terreno delimitado)															
Proceso de ahuyentamiento															
Búsqueda colecta y reubicación de anfibios dentro del DV															
Cierre del predio (colocación de la barrera															

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 919, Col. 2da. Sección del Periodista, C.P. 03600, México D.F. Tel./Fax 5539-3151

Actividades	6 Horas	12 Horas	18 Horas	24 Horas	30 Horas	36 Horas	42 Horas	48 Horas	3 Días	4 Días	5 Días	6 Días	7 Días	8 Días	9 Días
4)															
Disposición de las barreras etológicas fuera del D.V. Procede repulsión															
Levantamiento de la barrera 1,2 y 3															
Inicio del proceso de desmonte															

La colocación de las barreras físicas será realizada por personal de la constructora bajo la supervisión de especialistas en fauna, los cuales revisaran que durante el proceso no se dañe o moleste animal alguno.

De acuerdo a las estimaciones de obra se espera un avance diario de 400 m al día, por lo que en D.V de la carretera actual se podrán encontrar hasta 2 equipos realizando la actividad de cercado y colocación de barreras etológicas.

- Barreras físicas

Para el cercado del predio, se utilizará malla graduada triple nudo de alta seguridad, con una altura de 2.44 m con una luz de 7.5 cm (con esta apertura es difícil que los animales de talla mediana puedan cruzar). La extensión de esta sobre el D.V. y la calzada será de 200m lineales y los bordes tendrán un largo de entre 15 y 20 m dependiendo del sitio, con lo que se podrá cercar una superficie de aproximadamente 3,000 m^2.

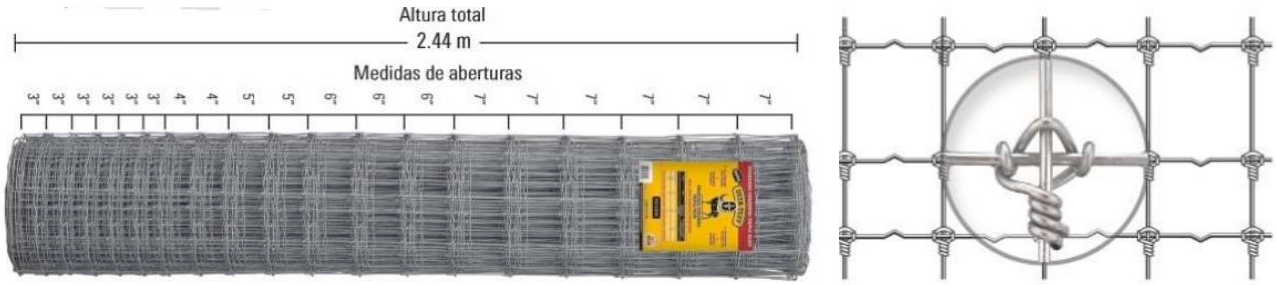


Figura VI.6. Malla triple Nudo con altura de 2.44m y luz de 7.5 cm

De acuerdo al cronograma de actividades se podrán trabajar hasta 4 sitios en el periodo de una semana, sin embargo estos quedarán restringidos a un mismo lado, ya que con ello se mantendrá la continuidad del borde del DV[4], evitando que los organismos regresen y dificultando los procesos de desmonte y la afectación sobre los mismos animales. La colocación de la barrera se realizará en un tiempo estimado de 16 horas, en el que intervendrán un total de 10 personas así como un experto en fauna (para supervisar la no afectación de animales).

Para sujetar la barrera se colocarán postes cada 3 m (un total de 136 postes, incluyendo los que se utilizarán en los bordes) y una retenida cada 100 m. Se hace hincapié de que solo el 50% de las estructuras colocadas serán permanentes, es decir aquellas que se encuentren en el límite del D.V. ya que con ellas quedará limitada la zona e inducirá a que los animales crucen por los pasos de fauna que serán construidos (MM5).

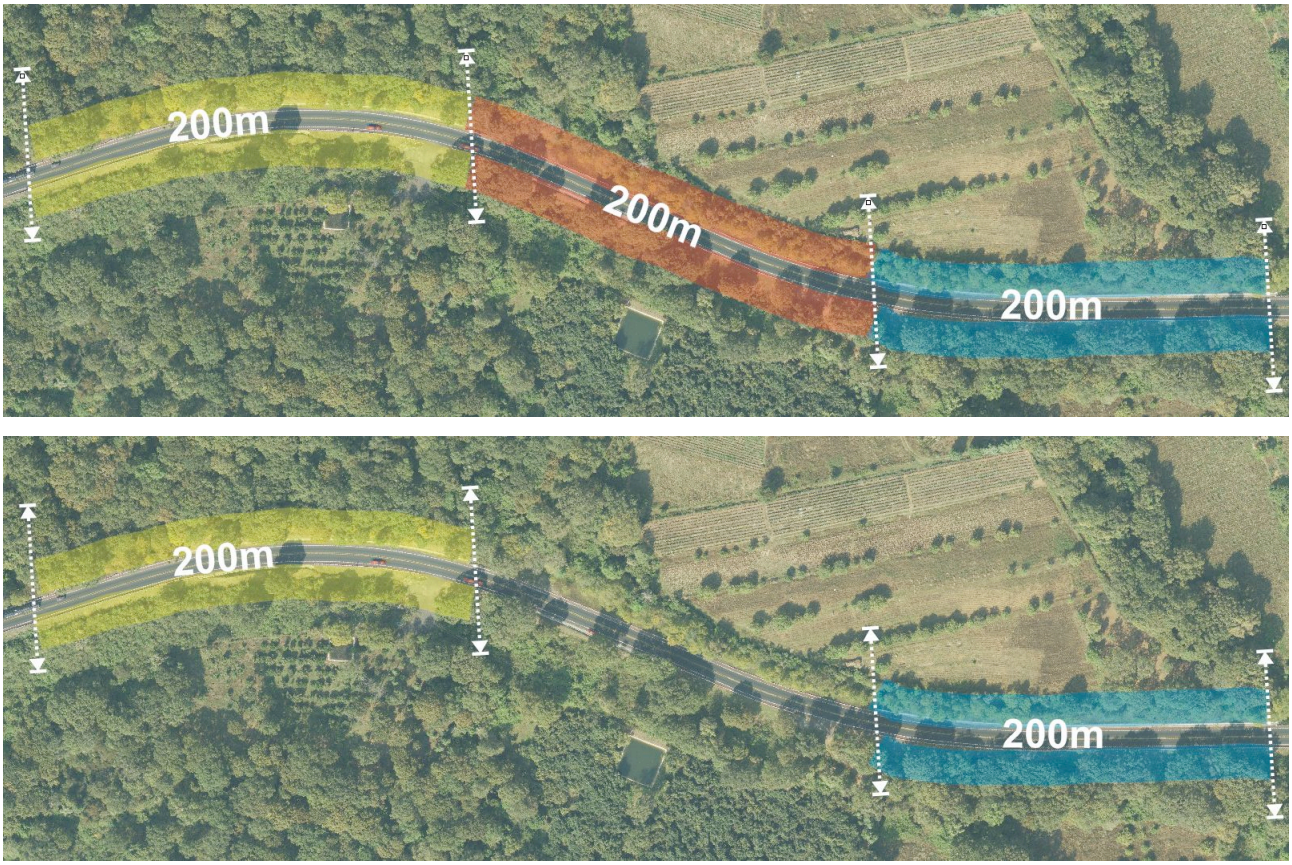


Figura VI.7. Representación grafica de la delimitación de los predios, arriba se puede observar la continuidad en la delimitación de los predios, reduciendo el estrés y los riesgos de atropello. Abajo sitios fragmentados y dispersos que aumentarían los riesgos de atropello durante la modernización de la obra.

[4] No se deberá realizar el proceso de forma alternada ya que esto provocaría una desestabilización de las posibles comunidades faunísticas que se encuentren sobre el D.V. y con ello aumentarían los riesgo de atropello. Por ello es conveniente realizar el desmonte y el despalme de manera continua.

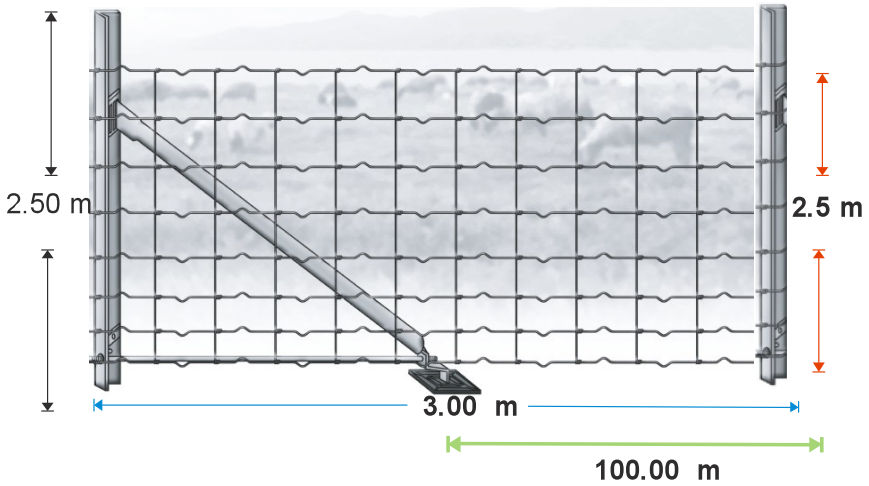


Figura IV.8. Malla triple Nudo, la cual deberá ser dispuesta para la delimitación del predio, además de que el 50% de la estructura colocada delimitara el D.V. y con ello evitara que los animales crucen hacia la calzada

Si durante los procesos de cercado se encontrara algún ejemplar, se procederá a interrumpir las actividades, mientras el experto en fauna procede al ahuyentamiento del animal a través del movimiento de hojarasca y arbustos que puedan estar presentes. Esta actividad se realizará a través de la utilización de un gancho herpetológico (con el que se asegura la integridad de la responsable). Posteriormente se reanudará el proceso de colocación de la mallas.

Terminada esta actividad se procederá a la búsqueda de nidos y colectas que pudiesen encontrarse dentro del predio limitado. Este proceso se realizará a través de expertos[5] en fauna (1 mastozoólogo, 1 ornitólogo y 1 herpetólogo, por cada sitio limitado) que ingresarán al predio después de que haya sido limitado. Estarán orientados en la búsqueda de madrigueras y nidos activos. En el caso de las madrigueras se buscará entre oquedades de arboles, piedras y arbustos (la identificación se realizará a través de la presencia de rastros indirectos, por ejemplo restos de pelo, alimento, excretas), se marcarán con un banderín rojo y serán georeferenciados; posteriormente se colocarán trampas cámara que se dejarán actuar por un periodo de 12 horas, posteriormente se analizará la información obtenida (en este caso a través de la fotos obtenidas se puede identificar la especie y en algunos casos el sexo del animal, se identificará si el sitio se encuentra ocupado, de ser así, se procederá a la colocación de trampas Tomahawk, trampa Havahart o trampas tipo Sherman (dependiendo del tamaño y la especie del animal registrado, las trampas serán cebadas de acuerdo a lo que propone Vanzoloni,1985) a la entrada de la madriguera (se dejará actuar por 8 horas y estará complementado con la utilización de las cámaras trampa). Capturado el ejemplar se procederá a la identificación sexual, en el caso de ser macho (♂) se procederá a la

[5] Cada zoólogo (ornitólogo, herpetólogo y mastozoólogo) contará y/o en su caso tramitará un permiso de colecta ante la SEMARNAT, esto conforme a lo que dispone la NOM-126-SEMARNAT-2000 y a la LGVS, que hacen referencia a la colecta científica así como a la reintegración de los individuos colectados a su ambiente natural que presente condiciones viables para su desarrollo.

reubicación del ejemplar, en el caso de ser hembra (♀) se procederá a la revisión ventral para observar si el ejemplar presenta crecimiento de las glándulas mamarias, de ser así, se deberá liberar dentro de la madriguera y esperar hasta que las crías tengan un tamaño adecuado para la reubicación.

En el caso de las aves[6], se procederá a la observación del nido, en el caso de que se encuentre ocupado se dejará sin afectación hasta que las crías se desarrollen, y puedan emprender el vuelo. Si el nido estuviera ocupado por un adulto que no presente actividad de crianza podrá ser removido. Al igual que el caso de las madrigueras se registrará la ubicación del nido y se tomarán fotografías de las especies. Para evitar que las especies sigan sobrevolando o perchándose en los sitios que serán desmontados se colocará un sistema de disuasión, se trata de una película de poliéster con impresión holográfica de dibujos tridimensionales que simulan ojos de lechuzas y búhos lo cual ayudará a evitar que las aves se acerquen a estos sitios. Esta película tiene una presentación en forma de listón que reflejará destellos que cambien continuamente de color y formas, asustando así a las aves residentes y evitando que se acerquen a la zona. En este caso se colocará una cinta sobre la copa de los arboles que serán desmontados y que se encuentren cerca del D.V. esta actividad se realizara después de cercar por completo el área.



Figura VI.9. Película holográfica que disuade que las aves alejándolas de los sitios que estarán sujetos a desmonte.

Para el caso de los reptiles y anfibios se procederá a la colecta manual, con ganchos herpetológicos para los reptiles (principalmente las serpientes) y con redes para lepidópteros en el caso de los anfibios. Los sitios donde mayor abundancia de reptiles se registró comprende entre el Km 14+500 y el Km 19+300, en estos sitios es posible observar una gran población de iguanas (*Ctenosaura pectinata*, cataloga bajo el estatus de protección especial, NOM-059-SEMARNAT-2010) y lagartijas (*Sceloporus* sp.) debido a la gran cantidad de rocas, pastos y árboles frutales (*Psidium guajava* y *Spondias mombin*) que permiten el desarrollo de estos ejemplares. En este caso la búsqueda, colecta y reubicación de los ejemplares se hará de forma manual y dependerá del experto en herpetofauna la contratación de personal para la reubicación de los ejemplares. En el caso de los sitios donde se desarrollan

[6] La diversidad de este grupo dentro del D.V. es muy baja, distribuyéndose principalmente especies de hábitos generalistas como *Quiscalus mexicanus, Aimophila ruficauda, Molothrus aeneus, Carpodacus mexicanus*, entro otros.

reforestaciones antiguas de exóticas y árboles autóctonos existe la posibilidad de una mayor distribución de serpientes, debido a que estos sitios presentan áreas abiertas que pueden ser utilizadas por estas especies para termoregularse; aunque los sitios pueden ser utilizados de manera ocasional la probabilidad de presencia de estas especies es elevada, por lo que se actuará de forma cuidadosa al momento de realizar la búsqueda.

Por otro lado se considerará que al momento de desmontar el área existe una mayor probabilidad de que los reptiles se presenten ya que habrá una mayor cantidad de sitios abiertos, por lo que antes del despalme será necesario realizar una nueva búsqueda de ejemplares. En el caso de encontrar algún ejemplar se colocará en una bolsa de manta la cual estará rotula con la leyenda de “Animal Ponzoñoso”, el animal y la bolsa serán colocados en un recipiente de plástico en un sitio con sobra y será reubicado lo mas pronto posible. De estos ejemplares se tomaran fotografías, asi como del sitio donde fue capturado, se anotara la georeferencia y datos de la especie y el colector.

Para los anfibios la búsqueda se realizará en 2 procesos; el primero será 12 horas antes del desmonte y 12 horas antes del despalme, en el primer caso el horario de la búsqueda para la colecta será entre las 20:00 y 00:00 h, se revisará la vegetación presente (árboles, hierbas, epifitas, etc.) sobre el área a desmontar y despalmar. Los recorridos se realizarán principalmente) sobre aquellos lugares donde existan cuerpos de agua (arroyos intermitentes, cañadas, canales de riego, riachuelos, Tabla VI.10, para tal afecto se realizarán recorridos a lo largo de estos ecosistemas en búsqueda de estos organismos para su reubicación oportuna. el proceso lo realizarán 2 biólogos expertos en el manejo de fauna, cada uno revisará un transecto, y los ejemplares serán tratados con mucho cuidado, evitando golpearlos, cada uno será dispuesto en una bolsa hermética con agua y separados por especie; los individuos que sean colectados[7] se reubicarán en una zona que cumpla con las características ambientales de donde fueron sustraídas, los datos obtenidos de la colecta se ingresarán en la bitácora[8]. Para realizar la actividad se utilizarán lámparas, para ubicarlos a través de la difracción de la luz en los ojos. Posterior a la colecta, el o los individuos se fotografiarán[9], identificarán y colocarán en una bolsa de plástico con cerradura hermética (solo un individuo por bolsa y con agua). Debido a los estadios que presentan, no es necesario colectar a los juveniles.

Tabla VI.10. Sitios sobre el trazo donde se presentan cuerpos de agua y vegetación con elevados niveles de humedad y representan un sitio potencial para la búsqueda, colecta y reubicación de las especies de anfibios

Punto	UTM	Punto	UTM

[7] Para la colecta solo se colocara un individuo por bolsa (bolsa hermética llena de agua, esto con la finalidad de evitar la desecación) esta se enumerara con el marcador indeleble. Se tiene que verificar que la bolsa cuente con aberturas para evitar la asfixia del animal, además, la bolsa no deberá ser agitada, esto con la finalidad de evitar el estrés del animal.

[8] La bitácora será controlada por los jefes de brigada, y esta se encontrara depositada al frente de obra.

[9] Los individuos colectados se fotografiarán (mínimo 5 fotografías por individuo) e identificarán a través de diversas guías, además se anotará la georeferencia (UTM), el nombre del colector, hora y fecha (captura y reubicación),

Punto	UTM	Punto	UTM
1	14Q 482431.34, 2101885.42	15	14Q 486770.47, 2101112.03
2	14Q 482974.86, 2101820.71	16	14Q 487143.40, 2100304.49
3	14Q 483245.51, 2101812.01	17	14Q 487226.55, 2099995.16
4	14Q 483632.88, 2101871.84	18	14Q 487370.79, 2099745.62
5	14Q 484181.04, 2101833.22	19	14Q 491837.10, 2097702.11
6	14Q 484509.13, 2101903.80	20	14Q 492563.68, 2097254.08
7	14Q 484671.33, 2101873.47	21	14Q 494261.87, 2094885.25
8	14Q 484996.26, 2101784.10	22	14Q 494611.78, 2094894.63
9	14Q 485155.01, 2101742.18	23	14Q 494797.76, 2094850.61
10	14Q 485405.33, 2101597.58	24	14Q 495152.39, 2094562.67
11	14Q 485773.05, 2101520.62	25	14Q 495414.12, 2093981.83
12	14Q 486128.53, 2101368.4	26	14Q 496826.16, 2093672.30
13	14Q 486380.71, 2101260.63	27	14Q 497044.64, 2093461.09
14	14Q 486702.67, 2101163.57		





Figura VI.10. Proceso de colecta para anfibios sobre los escurrimientos presentes a lo largo del trazo

En el caso de la reubicación de especímenes, solo será para aquellos que fueron capturados dentro del predio, en este caso los mamíferos que tenían madriguera o las especies de reptiles de hábitos fosoriales que se encuentran dentro del D.V (principalmente aquellas que figuran en la NOM-059-SEMARNAT-2010). La reubicación de los ejemplares se realizará en los sitios menos perturbados del SAR, debido a que necesitan amplios terrenos para su desarrollo, y la búsqueda constante de alimento puede orillarlos a regresar a los sitios cercanos entorno al trazo. Para evitar lo anterior, en la siguiente imagen se proponen los sitios de reubicación de especies, estos coinciden con los sitios más conservados y alejados del sitio de obra, en la porción Norte y Noroeste del SAR, predominan los Bosques de pino y encino, hacia el Sur, áreas conservadas de Selva baja caducifolia, los polígonos seleccionados mantienen una continuidad con los ecosistemas fuera del SAR, lo que

ayudará a la dispersión de las especies, su adaptación y reducir los riesgos de sobrepoblación. En el caso de los roedores, conejos y especies pequeñas se buscarán sitios que contengan piedras y hojarasca, esto obedece a que en ellos encuentran las características necesarias para realizar sus madrigueras y ser puntos principales para el reconocimiento del nuevo hábitat, además de que ayudará a evitar la depredación por águilas, halcones y serpientes (Figura VI.11).

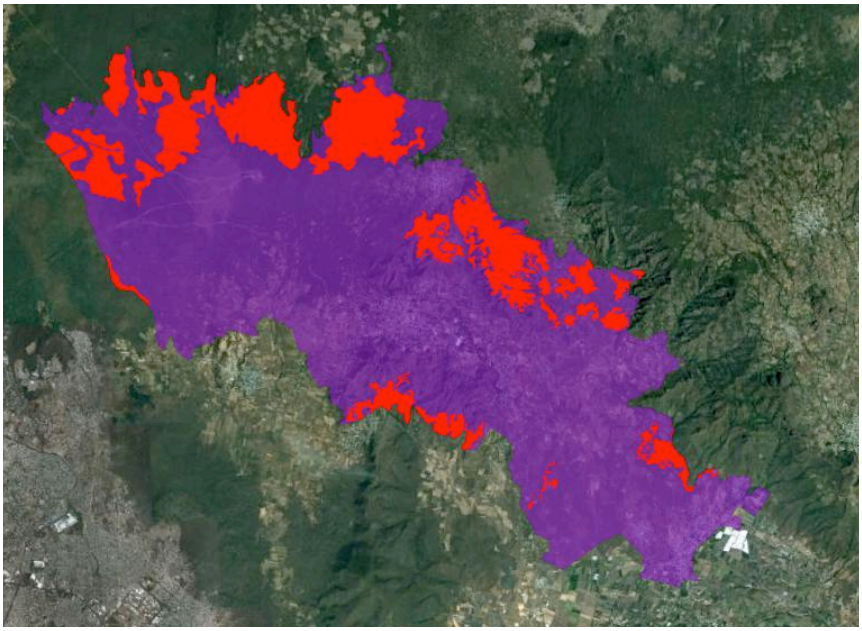


Figura VI.11. Sitios de reubicación dentro del SAR, estas áreas presentan un continuo con los ecosistemas fuera del sistema, lo que reduce la competencia intra/interespecífica

Se enfatiza que la liberación de estos organismos estará dada en las características biológicas de los animales, es decir; 1) que por sus hábitos alimenticios (carnívoros, omnívoros y herbívoros) pueda influenciar en la dinámica de las comunidades presentes. 2) que los niveles de reproducción que presenten pueda causar el desplazamiento de otras especies.

- Barreras etológicas (olfativas)

La implementación de la técnica de barreras olfativas consiste en la instalación de esponjas impregnadas (gasas de 20 x 20 cm) con partículas aislados de orina (de oso, lobo o humano[10]), las cuales se colocarán al centro de cada uno de los predios delimitados para el desmonte (lo predios tiene una extensión de 200 m lineales y corren a partir de los hombros de la carretera actual; el limite de este predio es el D.V. y será limitado a través de mallas triple nudo). Para ejecutar esta técnica se necesitará de dos biólogos (uno en cada lado del

[10] Se venden sintéticos en algunos laboratorios

D.V.), que trabajarán entre 10:00 y 12:00, utilizarán guantes de látex[11], cada sitio donde se coloque la muestra será georeferenciado (estos datos serán ingresados en la bitácora). Para impregnar la esponja o gasa se utilizara 10 ml (con una jeringa de 5 ml), posteriormente se introducirá en una bolsa de plástico (esta tendrá 4 orificios), y se fijará con un clavo a 30 cm de la base del árbol. La técnica se implementará 72 horas antes del desmonte (inmediatamente después de haber colectado a los ejemplares de las madrigueras). Posteriormente serán removidas y desechadas dentro de bolsas herméticas. Después del desmonte se colocará una esponja cada 200 m a lo largo de todo el D.V. (con excepción de los Km 7+500 al 8+910 y como limite será el Km 20+400, en ambos lados del D.V.). Dichas estaciones serán colocadas durante 6 meses (de Marzo a Septiembre[12]) por un periodo de 5 años[13], con esta actividad se propicia la generación de nuevas rutas de fauna, canalizando la dispersión a través de los pasos de fauna que serán colocados a lo largo de todo el proyecto.



Figura VI. 12. Orina sintética de lobo, oso y humano, sirve para ahuyentar diversas especies, en particular especies de mamíferos de talla media y grande.[14]

Las trampas etológicas estarán limitadas a 200 m antes y 200 m después de los siguientes puntos 5+385.00, 5+444.94, 5+984.59, 6+278.11, 6+300.00, 6+732.72, 9+957.90, 10+607.52, 10+820.00, 10+921.27, 11+351.92, 12+173.86, 14+220.00, 14+769.77, 14+780.00, 15+012.94, 17+594.16, 17+860.00, 17+940.00, 18+860.00, 19+760.00, 19+800.00 debido a que en estos puntos se encuentran los principales pasos de fauna y el

[11] Los guantes serán necesarios para evitar el contacto directo con el repelente y los accesorios que intervengan en este proceso (clavos, gasas, etc) y así contaminar las muestras. Los guantes serán depositados al final del día en un contenedor especial el cual será confinado rotulado con las siglas de "R.P.B.I" y se manejara de acuerdo a lo que establece la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.
[12] Estos periodos coinciden con los picos anuales en la dispersión de juveniles, es decir cundo las crías abandonan a los padres (inicio de la temporada de estiaje y lluvias).
[13] Cada 25 días deberá remplazarse la esponja y bolsa, en este proceso se utilizará una esencia diferente (lobo-oso-humano-lobo-oso-etc).
[14] http://www.predatorpee.com/ 207-454-9995 sales@lexingtonoutdoors.com

objetivo de esta medida de mitigación es la de evitar por completo la fragmentación entre los habitas contiguos al D.V.

Indicadores de cumplimiento: estas técnicas están diseñadas para que los animales tengan una reubicación inducida, es decir que se alejen del sitio de la obra y no resulten afectados durante los procesos de desmonte y despalme, sin embargo existirán especies que no huyan del sitio por lo que será necesario la reubicación forzosa a través de la implementación de técnicas de colecta. Ecológicamente la pérdida de ejemplares por reubicación no pone en riesgo la viabilidad de la especie a nivel local o regional, debido a que estos organismos se distribuyen de manera homogénea dentro en diversas regiones del país; por lo que la perdida de hábitat por la modernización de esta carretera, además se debe mencionar que las 89.618 Ha que serán removidas no son hábitat de calidad (ya que las especies primarias fueron desmontadas hace mas de 65 años y sustituidas por especies exóticas, en alguno lugares es posible apreciar elementos primarios derivados de la repoblación de individuos autóctonos contiguos) y las especies que principalmente se distribuyen son de hábitos generalistas que tienden a regresar a los sitios de alimentación donde se distribuían. Debido a que se colocara una malla sobre todo el derecho de vía se espera que no regresen animales a los sitios que serán desmontados, sin embargo en caso de observar alguno se procederá a la colecta del ejemplar y al marcaje con tintas; posteriormente será reubicado a los sitios propuestos. El marcaje se realizará antes de liberar al individuo, este proceso no generará ningún dolor, debido a que se utilizará la técnica de tintes (Marion y Shamis 1977).

Los tintes aplicados sobre animales son ampliamente utilizados, especialmente en especies acuáticas (aves, reptiles y mamíferos). Para propósitos de marcaje a corto plazo (2 meses), se pueden utilizar marcadores de punta de fieltro resistente al agua, tinta para tatuaje, crayones para marcar ganado, y pintura sin plomo, siendo las más utilizadas la rhodamina B y el verde de Malaquita. Se tendrá precaución al aplicar el tinte, especialmente cuando se pintan amplias zonas del de (con base aceite) que contengan partículas fluorescentes (con estas partículas será fácil la observación en horarios crepusculares o al amanecer, Jaeger *et al.* 1986 y Otis *et al*. 1986). La pintura se aplicará cuando el animal aún siga en la jaula sobre la región medio dorsal y en los costados (Steketee y Robinson 1996), con la finalidad de observarlo a simple vista. Si se llegaran a encontrar especímenes ya reubicados sobre la línea de ceros (áreas ya desmontadas), las obras deberán suspenderse hasta que se capture el individuo y posteriormente se reubicará. Se tendrá que evaluar nuevas zonas para la reubicación, estas zonas se ubicaran a una distancia mayor a los sitios escogidos previamente, como mínimo 5 Km, posterior a la reubicación se anotarán en las bitácoras él o los individuos observados, se fotografiarán y recorrerán la zona donde fue observado, con el fin de registrar si existen crías.

Tabla VI.11. Indicadores de cumplimiento del Programa de protección y conservación de fauna

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso de rebasar umbral
11- Captura de mamíferos marcado con tinta, en la línea de ceros después de haber sido aplicado la MM3.	Ninguno.	Volver a realizar el proceso en ese frente de obra y cambiar el sitio de destino de los animales que se vayan a remover.

Integración y análisis de precios unitarios: Se presenta un desglose de los costos considerados para llevar a cabo la MM3, al final se incluye el total, en todos los casos, se considera el precio más alto, para que sirva para fines de afianzamiento de cada medida de mitigación; pero cuando se concurse la obra y sus MM, es cuando se tendrán los montos exactos, ya que depende de la empresa ejecutora que gane el concurso (Tabla VI.12).

Tabla VI.12. Precios unitarios para llevar a cabo MM3

Concepto	Precio
1 Ecólogos	$25, 000
2 Mastozoólogos	$100, 000
2 Ornitólogos	$100, 000
2 Herpetólogos	$100, 000
Depreciación de 1 GPS GARMIN Dakota™ 10-10, almacena 1, 000 puntos y 200 tracks, Cumple la norma IPX7 del IEC 529 (resistente a brisa y lluvia, NO SUMERGIBLE)	$1, 900
4 Redes tipo acuario	$1, 000
Depreciación de 1 lote de 10 Lámparas para cabeza de 3 Leds	$1, 500
1 lote de 50 paquetes de 4 pilas AA alcalinas para lámparas de cabeza, GPS	$3, 000
Depreciación de 2 cámaras Samsung Ec-PCL 60 dimensiones: 94 x 59 x 23.7 mm. Batería de ion-litio recargable. Memoria interna 34MB. Graba voz en formato WAV. Graba Video en MJPEG, calidad VGA a 30cps. 0 Efectos de Estilo de Color Seleccionables. Guía de Contenidos Digitales (Smart Album)	$1, 000
Depreciación de 8 Memorias SD de 2 GB para cámara digital	$600
8 Pares de Guantes de carnaza	$500
6 Fluxómetros de 5 m y punta imantada	$300
Depreciación de 10 ganchos herpetologico de 102 cm de aluminio templado	$2, 000
1 Lote de 50 marcadores de tinta indeleble	$1, 000
2 Redes para lepidópteros de 40 x 60 x 20	$1, 000
Depreciación de 20 cajas de plástico de 90 x 60 x 30 para terrario	$800

Concepto	Precio
100 Sacos de manta de 30 X 60 cm para transporte exclusiva de serpientes, estos deberán estar rotulados con leyenda "ANIMAL PONZOÑOSO"	$2, 000
20 Paquetes de bolsas herméticas con 50 piezas cada uno para transporte exclusivo de anfibios	$1, 000
Depreciación de 10 Navajas	$1, 000
Depreciación de 40 Trampas tipo Sherman de 240 X 80 X 95 mm	$74, 000
Depreciación de 30 Trampas Tomahawk de acero inoxidable, modelo 274002, sus dimensiones son de 36” de largo x 11” de ancho x 11”	$20, 000
25 Kg de Avena para cebar trampas tipo Sherman	$1, 000
10 Lts Vainilla para cebar trampas tipo Sherman	$1, 200
200 Latas de sardina entomatada para cebar trampas tipo Tomahawk	$3, 000
100 Latas atún para cebar trampas tipo Tomahawk	$1, 000
2 Abrelatas	$200
400 Banderines de Plástico color rojo para identificación de madrigueras o nidos (200 para cada brigada)	$1, 000
1 Botiquín de primeros auxilios que incluya sueros antiofídico polivalente	$2, 500
1 Suero ANTIVIPERINO se ubicara en el frente de obra	$1, 500
1 Suero ANTIMICRURICO se ubicara en el frente de obra	$1, 500
1 Sueros anticapulina	$900
200 m de piola de algodón	$1, 000
2 Reglas milimétricas	$200
1 lote con 50 botellas de cloro de 2 litros para desinfectar trampas	$800
5 cepillo de mango largo para limpieza de trampas Sherman	$150
1 Escalera de aluminio plegable	$1, 800
200 m de Film holográfico para disuasión de aves	$35, 000
2 Guías de identificación de aves (Howell & Webb, 1995)	$2, 000

Concepto	Precio
2 Guías de identificación de mamíferos a través de huellas y excretas (Aranda, 2000)	$2, 000
2 Guías de identificación de Anfibios y Reptiles (García, A., y G. Ceballos. 1994)	$2, 000
240 Rollos de 100 m cada uno, con 20 alambres horizontales, una altura 2.44m y un peso de 182 Kg	$1, 300, 360.00
2500 Postes de acero reforzado de 10" de altura	$253, 000.00
440 Postes intermedios de refuerzo cedula 40" galv. por inmersión de 2" x 4.0m	$332, 000.00
64 Retenida ESQUINERA original marca DEACERO, galv. por inmersión de 2.7m	$132, 000.00
42 botes de 600 clips galv. de seguridad para poste, amarre automático con taladro, marca STAY TUFF	$41, 318.00
11 cajas de 400 clips galvanizado para poste intermedio de refuerzo, amarre automático con taladro, marca STAY TUFF	$8, 240.00
53 cajas de 100 Remaches para unir malla galvanizados, marca STAY TUFF	$14, 250.00
40 Bultos de cemento de 50 Kg cada uno	$6, 000.00
50 botellas de orina sisntetica de Oso, Lobo o Humano (4 de cada una)	$85, 000.00
1500 jeringas de plástico desechables para la disposición de orina sintética	$9, 500.00
1500 pares de guantes de latex unitalla para la manipulación de los sitios donde se colocaran las estaciones olfativas	$10, 500.00
100 cajas con 20 bolsas de cierre hermético para la disposición de barreras olfativas	$5, 000.00
800 gasas de 20x20 para barreras olfativas	$2, 400.00
100 clavos de 3/4 de pulgada	$200.00
2 Martillos	$200.00
Depreciación de 50 cámaras trampa para monitoreo de madrigueras	$19, 000.00
Depreciación de 50 tarjetas de memoria para cámara trampa	$4, 000.00
1 Lote de pilas para 50 camaras trampa	$45, 000.00

Concepto	Precio
2 Laptops para procesamiento de imágenes	9000
	$2,748, 318

Medida de mitigación 4. Programa de conservación y restauración de suelos.

Tipo de medida: Reducción y Prevención.

Ubicación espacial: A lo largo de todo el trazo.

Etapa de aplicación: Durante la preparación del sitio y nivelaciones.

Impacto que mitiga o Norma que cumple: Previene.

Impacto 3. Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén.

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio

Objetivo: Evitar que el material de desecho se deje abandonado junto al trazo que será modernizado o acamellonados en sitios poco adecuados y que con el tiempo termine en los cuerpos de agua y/o incorporado a las partículas suspendidas del aire.

Procedimiento: Se sacarán fotografías de todos los escurrimientos de agua perennes e intermitentes en los sitios del cruce con el trazo, así como de todas las laderas de bajo del trazo siguiendo la ruta actual que será ampliada. En cada fotografía se anotará el nombre del río o arroyo, la fecha y dirección de la foto. Una vez terminada la construcción se volverán a sacar las fotos en la misma ficha y dirección. En la bitácora se pegaran las 2 fotos (una de antes y otra después de la obra), y se explicará en la bitácora el porqué de los cambios, se verificará con ello, que el producto del desmonte, despalme o nivelaciones no fue arrojado al cuerpo de agua; actividad que a pesar de estar prohibida por normas de la SCT, suele suceder en carreteras estatales y en algunas federales.

En caso de comprobar que el material fue arrojado intencional o por descuido al cuerpo de agua, el contratista presentará a la PROFEPA un diagnóstico de daños con remediación y compensación de la afectación. Posteriormente documentará la total remediación.

El material de desperdicio de las ampliaciones en corte se calculó en 120,000 m^3, el cual se dejará en el banco de tiro ubicado en el Km 14+000 del trazo a 9.5 Km desviación derecha en el tramo Tepoztlán-Oaxtepec; se trata de un antiguo banco de material abandonado porque ya esta agotado, se denomina regionalmente “Tiradero Yautepec”. Se llevará todo el material de desperdicio de tipo B y C, y se simulará el relieve que tenía antes el banco, con el fin de realizar una remediación. Posteriormente el material se cubrirá con el material de despalme, se procurará tener una capa de 30 cm sobre el material para que el banco semillero se exprese o en su caso posteriormente sea reforestado.

El material maderable producto del retiro de árboles se destinará a donde señale el Estudio Técnico Justificativo (ETJ), para cambio de uso de suelo de terrenos forestales. El transporte estará a cargo del contratista y se dejará la madera en donde se señale en el ETJ, toda la

madera estará marcada con martillo forestal y el retiro y entrega será documentado en la bitácora de supervisión. El material producto del desmonte que no sea maderable se llevará al banco de tiro y se mezclará con el material de despalme.

En caso de sobrar material del despalme después de cubrir el banco de tiro, será utilizado para arropar los taludes y favorecer que se exprese el banco semillero y se cubran de herbáceas.

No será necesario la estabilización de taludes ya que del Km. 0+800 (Entronque Carretera México-Cuernavaca) al Km 8+000, esta conformado principalmente por rocas del tipo basáltico y brechas volcánicas. Esta zona se encuentra formada por basaltos y andesitas producto de corrientes de lava muy densas, del volcán Chichinautzin, con poca intemperización y poco fracturamiento. De acuerdo a los datos técnicos proporcionados por los responsables de la ejecución del proyecto ejecutivo y al estudio geotécnico realizado, se sabe, que en los trabajos de modernización de esta autopista no se realizarán cortes con alturas mayores a 15 metros, por lo que a cortes que se efectúen en estos materiales se les puede proporcionar taludes de hasta ½:1, sin necesidad de darle algún tipo de tratamiento para estabilizarlos, conforme a la práctica seguida en la S.C.T[15] .

Un factor muy importante que se debe considerar, es que en la carretera actual se presentan cortes casi verticales y alturas hasta de 20 m, que han perdurado por más de 40 años, con un comportamiento satisfactorio, no teniéndose conocimiento que se hayan presentado inestabilidades tanto en los cortes como en los terraplenes.

Del Km 8+000 al Km 20+700, esta conformado principalmente por tobas y espumas volcánicas (tezontle). Esta zona se encuentra delimitada por la Sierra de Tepoztlán. De acuerdo a los datos técnicos de la S.C.T. y al estudio geotécnico realizado los cortes en esta zona rebasarán los 15 m de altura, por lo que a este tipo de material se le deberá proporcionar un talud de hasta 3/4:1, sin necesidad de darle algún tipo de tratamiento de estabilización, como en el caso anterior. También puede observarse que los cortes realizados en las carreteras que cruzan actualmente esta zona, presentan taludes casi verticales, y que han mostrado un buen comportamiento en muchos años, sin necesidad de darles algún tipo de tratamiento.

Indicadores de cumplimiento: El cumplimiento del indicador 10, quedará registrado en la bitácora que documente la finalización de la obra, que si se entrega semestralmente sería la No. 7 (Tabla VI.13).

Tabla VI.13 Indicadores de cumplimiento de MM4[16]

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso no cumplir con el umbral
12-Comparativo de las fotos de las cañadas y ladera abajo.	Ambas fotos (MM1 y MM4) similares sin material de desecho.	Presentar un estudio de daños a PROFEPA y remediar el daño a la cañada y llevar el material

[15] RICO Alfonso, DEL CASTILLO Hermilo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Tomo 1, Edit. Limusa. Pp. 335-339 Tabla VI-5

[16] El marcaje de los árboles y las fotos de las cañadas y laderas antes de la construcción fueron considerados con indicadores y precios unitarios en la descripción de la MM1

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso no cumplir con el umbral
		depositado a los bancos de tiro según se señalo en esta MM.
13- Volumen de material acamellonado junto al trazo.	Nada.	Se llevará el material que quedará acamellonado al banco de tiro.
14- Estado del banco de tiro pasados 2 años.	Con relieve original y cubierto de herbáceas con árboles juveniles.	Volver a reforestar y/o comprar camiones de tierra para terminar de arropar el sitio.

Integración y análisis de precios unitarios: Se presenta a continuación un desglose de los costos considerados para llevar a cabo la MM4, al final se incluye el total, en todos los casos, se considera el precio más alto, para que sirva para fines de afianzamiento de cada medida de mitigación; pero cuando se concurse la obra y sus MM, es cuando se tendrán los montos exactos, ya que depende de la empresa ejecutora que gane el concurso (Tabla VI.14).

Tabla VI.14. Precios unitarios para llevar a cabo MM4

Concepto	Precio
Trozas y manejo del material	$ 12,000.00
Supervisor 1	$ 20,000.00
Lonas, riegos y manejo in situ del material	$40,000.00
Total Medida de mitigación 4	**$72,000.00**

Medida de mitigación 5. Construcción de pasos de fauna y favorecer continúen sus rutas de movimiento.

Tipo de medida: Compensación y reducción.

Ubicación espacial: A lo largo de todo el trazo.

Etapa de aplicación: Entre el tendido de bases y la pavimentación, la construcción se puede hacer de forma simultánea con ambas actividades.

La instalación de los pasos inferiores se llevará a cabo en tres etapas principales: etapa inicial (colocación y fusión de tubos), etapa plantación de arbustos y deshierbe y seguimiento de largo plazo (Tabla VI.15). La instalación de las obras se realizará durante la etapa de construcción del camino a modernizar.

Tabla VI.15. Calendarización de las actividades para la construcción de los pasos inferiores

Actividad	3 meses	6 meses	12 meses	18 meses

Cortes				
Rellenos				
Colocación de pasos secos y sistema de drenaje				
Montaje de losas				
Siembra de arbustos				
Deshierbe, colocación de abono y riego, este proceso no deberá durar mas de 25 minutos por sitio.				
Monitoreo				
Elaboración de informes				

Impacto del proyecto que mitiga o Norma que cumple: Previene

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Objetivo: Favorecer que los animales se muevan a través de las obras de drenaje (con lo que se establecen nuevas rutas) y evitar que crucen sobre la carpeta asfáltica con el riesgo de ser atropellados.

Antecedentes: Recientemente ha cobrado gran interés el estudio sobre la eficiencia de los pasos de fauna, que pueden ser específicos para su utilización por los animales, o mixtos utilizando las modificaciones de las obras de drenaje, o con la ubicación de pasos inferiores y puentes, ya que se ha comprobado que evitan los accidentes de tráfico por atropello y otras derivaciones negativas. La efectividad de las estructuras es una pieza clave para la conservación de la fauna, sobre todo, teniendo en cuenta el incremento de las vías de transporte dentro del país, como parte de una necesidad de comunicación.

Tomando en cuenta esto, es de suma importancia armonizar el progreso técnico y el desarrollo socioeconómico con el medio natural en el que se encuentran, a través de la integración de infraestructuras de transporte en las que de forma relevante cobre especial importancia el diseño y la adecuación de los pasos de fauna. En este sentido, este tipo de estructuras minimizan y en muchos de los casos corrigen los principales impactos que surgen en las diferentes etapas de aplicación del proyecto, es decir, desde la preparación del sitio, la construcción y su operación; un ejemplo claro de estos impactos son los atropellos y accidentes, el efecto barrera y la destrucción del hábitat. La adecuación de las infraestructuras lineales minimiza el impacto que originan las mismas sobre la movilidad de las especies terrestres por medio de los pasos de fauna e impide la necesidad de acceder a la vía, con la correcta instalación y ubicación, esto de forma concreta para las necesidades de cada uno de los grupos faunísticos.

A manera de evitar que el cambio de uso de suelo y la instalación del trazo del proyecto provoquen un efecto barrera para la continuidad del desplazamiento de la fauna, en este documento se presenta una propuesta del diseño, tipo y ubicación de los pasos de fauna, con base en los estudios de campo realizados y en las diferentes citas bibliográficas, tomando especial atención en las condiciones de la zona de estudio y la identificación de los

sitios utilizados actualmente como desplazamientos habituales de fauna, con lo que se pretende restablecer rutas de movimiento, evitando riesgos de atropellamiento.

El índice de atropellamiento y su frecuencia están relacionados con diversos factores, como el flujo vehicular, la velocidad, la anchura de la vía, el comportamiento de las especies y la cobertura vegetal (Noss, 2002), sin embargo, el factor que mayor peso tiene es el de la densidad poblacional, ya que esta influye de manera directa en la disponibilidad de los recursos (alimento, pareja y espacio) y por lo tanto en la dispersión de cada uno de los individuos de las diferentes especies dentro de la región (Cupul, 2002). Actualmente la carretera 115 D (La Pera–Cuautla) tiene un cuerpo de 10 m de ancho y el límite de velocidad máximo es de 90 Km/h. Sobre el derecho de vía actual se asocian 6 tipos de vegetación (Acahuales, Vegetación exótica, Pastizales, Bosques de encino, Selva baja caducifolia y Vegetación riparia) que sirven de hábitat potencial para 47 especies de vertebrados. La modernización de esta autovía pretende ampliar el cuerpo a 24 m, aumentar los rangos de velocidad en un 22% y el TDPA se calcula en 11, 500 vehículos al día, estos factores aumentarán el riesgo de atropellamiento en un 113%, es decir 748 animales mas atropellados al año[17]. A nivel mundial las estimaciones arrojan que el índice de atropellamiento anual es de 1, 000 millones de animales, debido a la presencia de más de 22 millones de kilómetros de carreteras.

De acuerdo a los resultados obtenidos en campo las regiones que mayor impacto de atropellamiento tienen, son las áreas sin vegetación forestal, esto se debe a que dichas regiones se presentan animales de hábitos generalistas los cuales se encuentran adaptados a los ruidos y a la presión que ejercen los seres humanos, en este caso la presencia de la carretera actual, no limita el cruce de las especies de un lado a otro en busca de alimento, este comportamiento obedece a que durante mucho tiempo los animales han aprendido a identificar los principales horarios de flujo vehicular y las zonas de cruce (áreas con mayor visibilidad sobre el cuerpo de la carretera, así como sistemas de drenaje transversal), estos factores han reducido la mortalidad de individuos, sin embargo, con la ampliación de la carretera se detonará dicho impacto.

Actualmente se han generado diversos métodos para reducir el impacto de atropellamiento y el efecto barrera que deriva de la creación de nuevas carreteras, demostrando su eficacia y exactitud, esto gracias a la colaboración multidisciplinaria entre biólogos, ingenieros y autoridades (López, 1992; Barragán, 1003; Reed y Ward, 1985; SETRA, 1985 b; Foster y Humphrey, 1982, Velazco *et al*, 1995). Para el caso de la construcción y/o modernización de nuevas carreteras se propone la generación de pasos específicos para la fauna, en especial aquellas que presentan hábitos terrestres o que tengan rutas de movimiento en la zona; el grupo más afectado es de los mamíferos, principalmente las especies de talla pequeña (ratones y ardillas) y las de talla mediana (tlacuaches, zorros, cacomixtles, etc.) estos últimos presentan parámetros de dispersión entre diversas zonas (Bosques de encino, Zonas agrícolas y Corredores presentes en los márgenes de los Bosques de galería), ya que por lo perturbado de la región la búsqueda de alimento es constante. Otro de los grupos que se verá afectado, pero menos notorio que los mamíferos, es el grupo de las aves, a diferencia de los mamíferos, estos animales presentan actividad durante la mayor parte del día, en especial de 07:00–11:00 y de 17:00 a 18:30 horas, periodo en el que salen en búsqueda de alimento y agua; entre las especies afectadas están *Columbina inca, Columbina passerina, Leptotila verreauxi, Zenaida macroura, Coccyzus minor, Crotophaga*

[17] Estimación obtenida a través de los resultados del muestreo realizados en campo durante 60 días

sulcirostris, Geococcyx velox, Passerina amoena, Passerina caerulea, Molothrus aeneus, Molothrus ater, Quiscalus mexicanus, Cathartes aura entre otros; debido a que son especies que presentan hábitos que ponen en riesgo su integridad, es decir, muchos deambulan sobre el suelo en búsqueda de alimento (palomas, codornices, cuquitas), otras presentan vuelos rasos (preferentemente los insectívoros) y otros más presentan hábitos carroñeros (necrofagia) y pueden ser envestidas al momento que se alimenten de algún animal atropellado previamente (Manson y Mcdonald, 1995).

Para el caso de los reptiles se debe considerar los periodos de actividad (9:00–11:00 h y de 16:00–19:00 h), así como sus hábitos, por ejemplo, en el caso de los saurios (lagartijas), su hábitat es sobre las rocas y sitios donde la vegetación permite el desarrollo de diversos insectos (hormigas, chapulines, lombrices, etc.), en el caso de las serpientes prefieren sitios donde la hierba es grande y existen una variedad de presas (ratones, tuzas). Debido a que estos organismos requieren regular su temperatura corporal para la activación de su metabolismo, necesitan asolearse y en estos casos los sitios abiertos son aprovechados. En el caso de la carretera, algunas especies (en especial las lagartijas), aprovecharían el calor captado por la carpeta asfáltica para poder regularse, sin embargo, esta acción podría generar que algunos individuos sean atropellados

Procedimiento: La función de los pasos de fauna es facilitar el paso sin riesgos de un lado a otro de diversos vertebrados terrestres, y en caso de ser utilizados, reducir el efecto barrera de tipo etológico causado por la propia carretera. Estos sistemas, serán instalados coincidiendo con vías de desplazamientos habituales de fauna, (Klein, 1971; Jensen, 1977), estar bien dimensionados y no ser perturbados por actividades humanas (SETRA, 1985 b). En este sentido se propone la ubicación de 22 pasos de fauna a lo largo de los 20.5 Km, los cuales se sobredimensionarán y adecuarán de tal forma que el paso sea atractivo para los animales. Estos sistemas son catalogados como pasos inferiores, y su estructura estará diseñada con base a la modificación de las obras de drenaje que discurren sobre el trazo.

a) Construcción de pasos para fauna y cercado

Para la construcción de pasos inferiores, se sobredimensionarán[18] y en su caso modificarán los sistemas de drenaje para facilitar el paso de los animales. Las ventajas que se obtendrán por la modificación de estos sistemas es que serán utilizados por fauna de diversas tallas (Foreman *et al* 2003); en este caso se pueden encontrar anfibios (ranas, sapos), reptiles (serpientes y lagartijas), así como mamíferos pequeños y medianos (ratones, musarañas, tlacuaches, cacomixtles, mapaches, comadrejas, zorrillos, etc.). Estos sistemas serán colocados en sitios estratégicos, que por su calidad ambiental permitirán el flujo y dispersión de distintos grupos de vertebrados[19].

[18] El incremento en la superficie de las losas se debe al índice de abertura (openness), que se obtiene tras dividir el producto de la anchura de las losas por la altura y longitud total este índice se refleja en los rangos de visibilidad, claridad lumínica, cobertura vegetal y frecuencias de ruido a los que son susceptibles las especies. Se debe aclarar que estos sistemas son utilizados principalmente por animales herviboros de talla grande, sin embargo la literatura indica que estas estructuras también son utilizadas por especies pequeñas y medianas (conejos, zorros, mapaches, tlacuaches, tejones, entre otros)

[19] Deben su ubicación a las recomendaciones por los estudios previos en la zona donde se identificaron las rutas de movimiento se mamíferos de talla pequeña y mediana. La identificación de estas zonas se realizo en base a la presencia de Huellas, Excretas, Rascaderos y rastros de algunos frutos.

Los pasos inferiores estarán divididos de la siguiente forma; se modificaron en el proyecto ejecutivo 17 estructuras ubicadas entre el Km 5+385 al 19+800, ya que no contaban con las especificaciones para el paso de las especies durante la época de lluvias, en este caso se modificaron las estructuras para que tenían las dimensiones mínimas de 1.3 m de altura por 1.5 m de ancho (Tabla VI.16).

Tabla VI.16. Ubicación de los pasos inferiores que serán sobredimensionados entre el Km 5+385 al 19+802

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
5+385.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
5+444.94	B.= 2.50 X 1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
5+984.59	B.= 2.50 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+278.11	B.= 2.00 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+300.00	L.= 3.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
6+732.72	L.= 5.50 X1.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
10+820.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
10+921.27	L.= 5.00 X 3.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
12+173.86	L.= 3.50 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
14+220.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
14+769.77	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
14+780.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
17+860.00	B.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
17+940.00	B.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
18+860.00	L. =2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
19+760.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si
19+800.00	L.= 2.50 X 2.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si

Las 5 estructuras restantes se localizan entre el Km 9+957.90 al 17+594.16 y tienen una superficie de luz mayor a las anteriores, lo que ayudará a la dispersión de las especies durante la época de lluvias (Tabla VI.17).

Tabla VI. 17. Ubicación de pasos de fauna con estructuras superiores a los 2.00 m de altura

Km (eje de proyecto)	Tipo de obra	Cruza en	Paso de fauna
9+957.90	L.= 3.50 X 2.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
10+607.52	L.= 4.00 X 3.00 m	C.A. 2 CUERPOS	si

11+351.92	L.= 4.00 X 2.50 m	C.A. 2 CUERPOS	si
15+012.94	L.= 4.00x3.25m	C.A. 2 CUERPOS	si
17+594.16	L.= 4.00X2.50m	C.A. 2 CUERPOS	si

El propósito de la modificación de estos sistemas es para que sean utilizados principalmente por especies de talla mediana y que sufran mayor riesgo de atropellamiento (en este caso tlacuaches, mapaches, zorros, cacomixtles, etc). La construcción de los pasos inferiores, esta acompañado de la siembra de frutales en sus salidas y entradas, a ambos lados de la pared que los limitan; las especies utilizadas serán zarzas, uvas o fresas silvestres (MM6), según el área porque en todo caso se utilizará genoma nativo; este tipo de arbustos serán colocados de manera aleatoria en las cercanías de los pasos y ayudarán a restablecer las rutas de movimiento. En este caso se colocarán 9 plantas a cada lado del paso, es decir 18 plantas por obra. Estos arbustos tendrán una altura mínima de 60 cm y estarán sometidos a una fase de mantenimiento cada 40 días, en el que se recortará y abonará, esta actividad se realizará por un periodo de 18 meses. Las plantas pueden ser compradasen los viveros ejidales o en CONAPLOR[20], donde reproducen plantas de la región tanto Neárticas como Neotropicales de Morelos. La combinación de todas estas técnicas ayudará a que se restablezcan las rutas faunísticas; que fueron rotas con la construcción del trazo actual.

La modificación de estos sistemas incluirá un área donde se canalice el agua, esto con la finalidad de los animales puedan cruzar fácilmente (Figura VI.19), esta estructura (canal de drenaje) será colocado sobre el ancho de la losa y tendrá una dimensión de 1.2 m de ancho[21] por 0.6 m de profundidad y estará limitado por una barrera de rocas, al extremo se colocará un paso seco para la fauna, este será construido a partir de las rocas y tierra que procedan del desmonte y el despalme, será compactado y limitado por una barrera de rocas, sobre la capa de tierra se colocará vegetación herbácea y se dispondrán algunas rocas, esto ayudará a evitar la erosión ya sea hídrica o eólica de la zona (Figura VI.13).

[20] Se ubica sobre carretera libre Cuernavaca – Cuautla en el tramo Cocoyoc-Cuautla, con domicilio conocido.
[21] La generación de un sistema tan ancho, es por la gran cantidad de lluvia que discurre en la zona, de acuerdo a datos meteorológicos para le región la fluctuación del rango de lluvias es de 500 a 2500 mm.

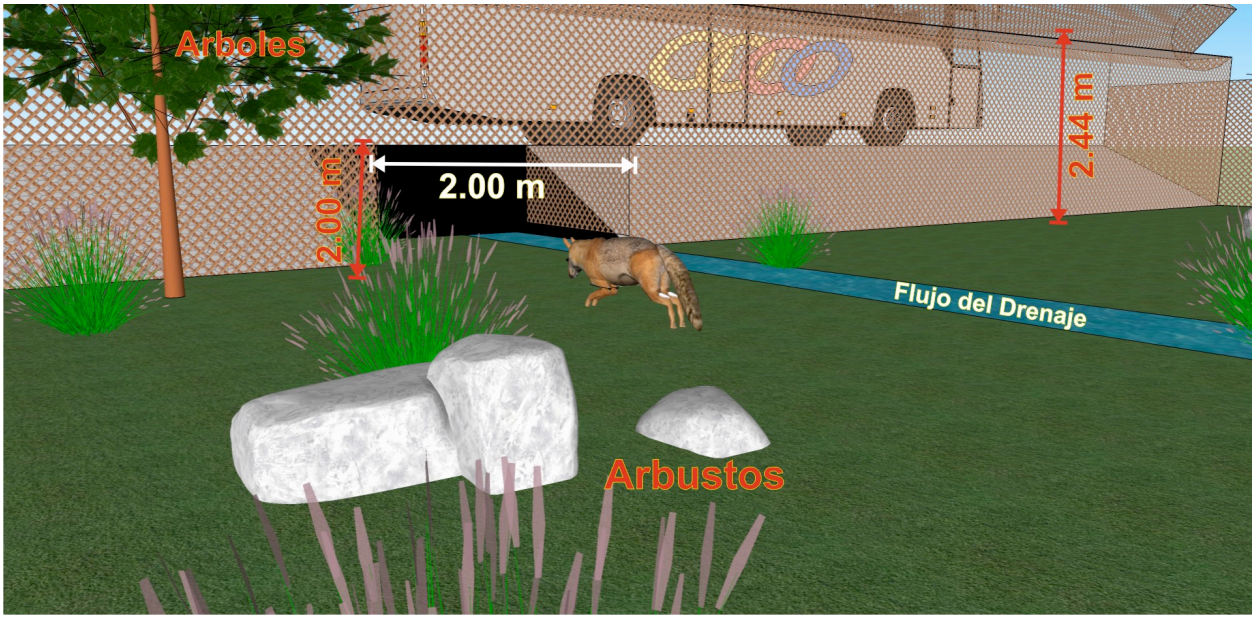


Figura. VI.13. Paso inferior para fauna silvestre, a través de la sustitución de tubos de concreto por losas, estas estructuras son utilizadas por mamíferos de talla mediana a grande, y se ven atraídas a ellas por la amplitud y gran cantidad de luz natural que estas proveen. En el grafico se pueden observar el sistema de drenaje y el paso seco

Esta medida se complementa con la MM3 debido a la estructura utilizada para delimitar el DV servirá como contención y sistema de guía hacia los pasos de fauna, además se integrara un sistema de reforestación que incluya la presencia de arboles (*Psidium guajava, Spondias mobin y Anona sp.*) y arbustos frutales (*Rubus* sp. y *Lantana* sp.) de la región y permitirán la establecimiento de las nuevas rutas, ya que el fruto a traerá a una gran cantidad de animales y promoverá la utilización de los pasos.



Figura VI.14. Especies de arboles y arbustos frutales de la región que ayudaran a restablecer las rutas de dispersión con la utilización de los pasos de fauna

Programa de Monitoreo de la MM5

Algunos autores (Muller, 1966; Puglisi *et al*., 1974; Reed *et al* 1974 a; Ward *et al*., 1976; Ludwig y Bremicker, 1982; Ueckermann, 1984 y 1985; Bashore *et al* 1985; Skolving, 1985; Tunkkari, 1985; Feldhamer *et al*., 1986; entre otros) han demostrado la eficiencia de este tipo de estructuras para mitigar el efecto barrera que deriva de la construcción de carreteras, en este sentido han realizado monitoreos por periodos prolongados en sitios donde la presencia de carreteras han fragmentado a gran escala los ecosistemas (como las autovías presentes en Suecia, España, Dinamarca y Estados Unidos), obteniendo buenos resultados al observar la reducción y en su caso la nula presencia de especies atropelladas.

Para realizar el monitoreo de los pasos de fauna se instalarán 27 estaciones de fototrampeo (Tabla VI.19), las cuales serán colocadas de tal forma que el lente sea capaz enfocar la estructura completa. El periodo de actividad de las estaciones será de 18 meses a partir de que entre en operaciones el trazo modernizado. Se registrará la ubicación de cada una de las trampas con un GPS y estarán programadas para trabajar 24 horas al día, con intervalos de eventos de 2 minutos. Las cámaras estarán programadas para que impriman la hora y fecha en cada fotografía. Para realizar este monitoreo se propone la utilización de cámara Deer Cam DC200 formato 35 mm o similar.

Tabla VI.18. Ubicación de las estaciones de fototrampeo

Punto	UTM	Punto	UTM
1	14Q 482431.34, 2101885.42	15	14Q 486770.47, 2101112.03
2	14Q 482974.86, 2101820.71	16	14Q 487143.40, 2100304.49
3	14Q 483245.51, 2101812.01	17	14Q 487226.55, 2099995.16
4	14Q 483632.88, 2101871.84	18	14Q 487370.79, 2099745.62
5	14Q 484181.04, 2101833.22	19	14Q 491837.10, 2097702.11
6	14Q 484509.13, 2101903.80	20	14Q 492563.68, 2097254.08
7	14Q 484671.33, 2101873.47	21	14Q 494261.87, 2094885.25
8	14Q 484996.26, 2101784.10	22	14Q 494611.78, 2094894.63
9	14Q 485155.01, 2101742.18	23	14Q 494797.76, 2094850.61
10	14Q 485405.33, 2101597.58	24	14Q 495152.39, 2094562.67
11	14Q 485773.05, 2101520.62	25	14Q 495414.12, 2093981.83
12	14Q 486128.53, 2101368.4	26	14Q 496826.16, 2093672.30
13	14Q 486380.71, 2101260.63	27	14Q 497044.64, 2093461.09
14	14Q 486702.67, 2101163.57		

Las cámaras se revisarán una vez cada 15 días, y con base a estos resultados se podrá calcular la abundancia relativa[22] de la zona (Long *et al*., 2008), siendo un reflejo de la densidad poblacional, esta se calculará de la siguiente forma:

[22] La abundancia relativa es una unidad que proporciona un valor de presencia de una especie respecto a la unidad de esfuerzo por lo que puede ser aplicable a todas las especies y comparativo entre sitios.

IAR = No fotos / 15 días trampa

Para hacer más eficiente este monitoreo se requiere la limpieza de los sitios, esta consistirá en la eliminación de hierbas y basura, este proceso se realizará cada 30 días (durante 18 meses), y estará supervisado por el encargado del monitoreo. Tanto la limpieza como la recopilación de la información (consiste en la obtención y cambio del rollo, cambio de pilas y aseguramiento de la cámara) no tardará más de 20 minutos por sitio, se procurará no dejar basura en el sitio, ni realizar necesidades fisiológicas en la zona.

Indicadores de cumplimiento: Las implementación de sistemas que reduzcan el índice de atropellamiento como la construcción de pasos inferiores, reforestación y sistemas de contención son las más utilizados en los últimos años en Europa y Estados Unidos; reduciendo hasta en un 63% los índices de atropellamiento anual. Müller y Mognetti (1991); sugieren el monitoreo de los pasos inferiores por rastros indirectos (excretas, huellas, agagropilas, rascaderos, muda de piel, etc.). El primer periodo para realizar esta actividad es a los 30 días de haber iniciado la operación de la carretera; posteriormente cada 2 meses hasta que se cumpla 2 años. El sistema de contención será revisado cada 45 días, por personal capacitado, si se llega a encontrar alguna ruptura o desfase en la continuidad del vallado (caída, doblada, holgada, etc.) Será remplazada y reforzada con nuevos postes.

Tabla VI.19. Indicadores para el cumplimiento de la MM5

Indicador	Umbral esperado	Medida en caso de incumplimiento
15. Número de animales atropellados.	Ninguno.	Se revisará la contención y se colocará malla más cerrada en caso de que el animal sea pequeño. En caso de ser mediano o grande se revisará que no haya rupturas, en caso de haberlas se reparará; y si no las hay, se subirá la contención en 0.5 m.
16. Huellas y rastros en los pasos de fauna.	10 huellas o rastros.	Se construirán bebederos en cada luz de los pasos inferiores y se llenará de agua cada semana durante el estiaje, durante 2 años, para restablecer rutas por dichos pasos. Además se esparcirá sal a la entrada y salida de cada paso de fauna.

Integración y análisis de precios unitarios

Se presenta un desglose de los costos considerados para llevar a cabo esta propuesta de pasos de fauna, al final se incluye el total.

Tabla VI.20 Precios unitarios para llevar a cabo MM5

Concepto	Precio
Depreciacion de 27 Deer Cam DC200 formato 35 mm o similar para monitoreo de pasos de fauna	$ 75,000.00
1 lote de 400 rollos de película de 35 mm	$ 20, 000.00
2 Expertos en monitoreo de fauna a través de técnicas de Fototrampeo	$180, 000.00
Arboles y arbustos para reforestación	$ 50,000.00
Expertos en monitoreo de fauna a través de cámara (pago de servicios profesionales)	$300,000.00
Total MM5	**$625,000.00**

Medida de Mitigación 6. Elaboración de un Programa de Restauración

Tipo de medida: Compensación.

Ubicación espacial: Se realizará en una superficie de 1,250 Ha dentro de la subzona de recuperación “El Texcal”, que abarca una superficie de 2,682.9 Ha. Ubicada entre las coordenadas geográficas extremas de los 18°59’02’’, 18°54’38’’, 18°53’44’’ y 18°53’56’’de latitud y los 99°11’25’’, 99°07’31’’, 99°07’50’’y 99°11’34’’ de longitud, con un gradiente altitudinal que fluctúa entre los 1,400 y 1,950 m (Figura VI.15).

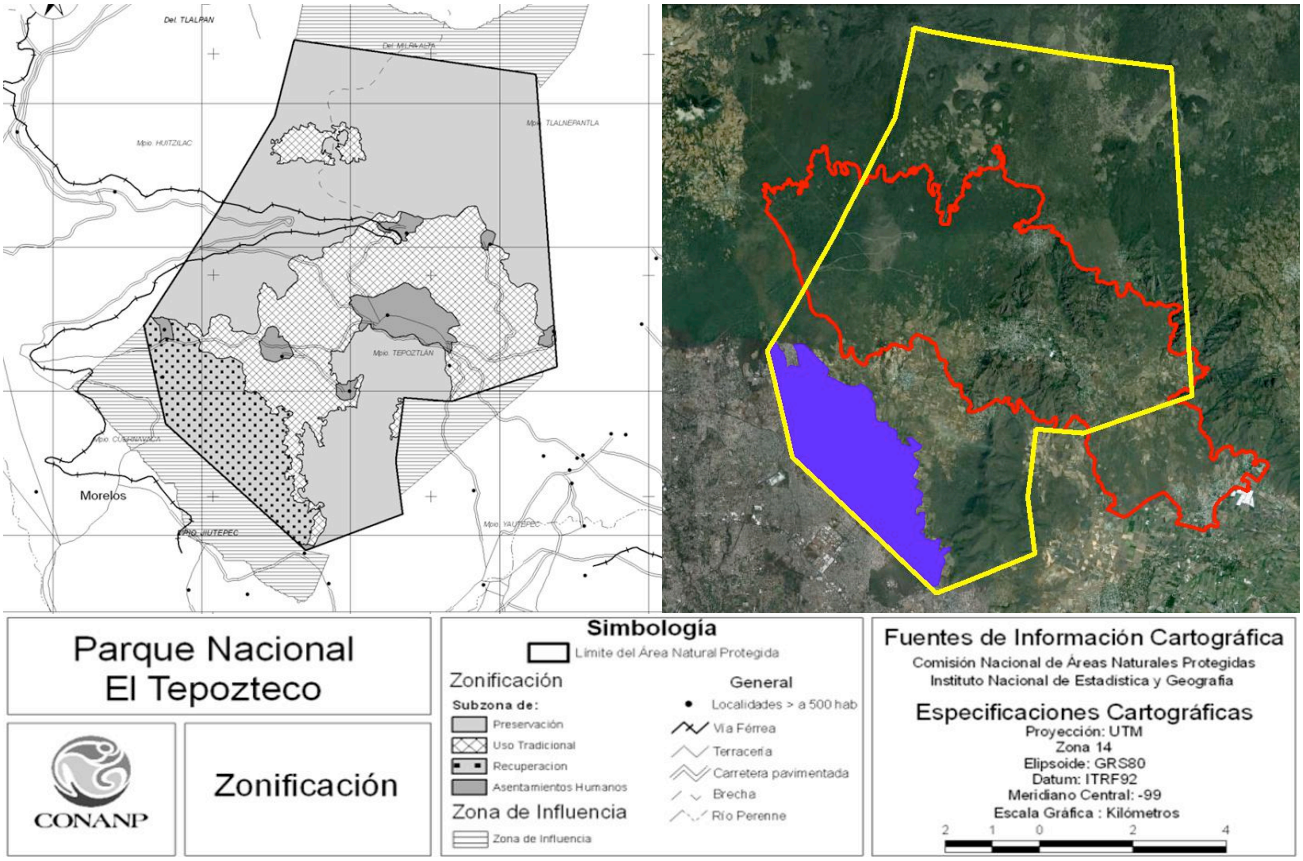


Figura VI.15. Ubicación de la Subzona de recuperación "El Texcal"

Etapa de aplicación: Después de la modernización del trazo y una vez en operación.

Impacto del proyecto que mitiga o Norma que cumple: Compensa

Impacto 3. Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén

Impacto 4. Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio

Regla 39 del Programa de Manejo del Parque Nacional Tepozteco[23]

[23] El que a la letra dice en la realización de actividades de restauración deberán utilizarse preferentemente especies nativas de la región; o en su caso, especies compatibles con el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas originales

Objetivo: 1) Recuperar y restablecer las condiciones que propicien la continuidad de los procesos naturales en la subzona de recuperación “El Texcal”, una zona afectada por las perturbaciones de las actividades humanas, través de favorecer recuperación de las poblaciones florísticas y faunísticas que han sido impactadas.

2) Reforestar las entradas y salidas de los pasos para fauna para que se establezcan las rutas por dicho sitios de forma más rápida.

Antecedentes:

La restauración ecológica es la práctica de acciones orientadas a propiciar una trayectoria de restablecimiento de un ecosistema previamente alterado, en compatibilidad con las condiciones actuales y con la historia biológica del entorno, tal que enfatice una recuperación significativa de sus atributos originales de composición taxonómica, de rasgos estructurales y de funciones generales.

El crecimiento urbano, así como todas las actividades que involucran el desarrollo antropogénico a través de los años han desencadenado el deterioro de los ecosistemas; la zona de interés se han visto afectada principalmente por el crecimiento de la mancha urbana, dándose con mayor frecuencia en las colindancias con las zonas conurbadas de los municipios de Cuernavaca, Jiutepec y Yautepec, con el municipio de Tepoztlán. Otro problema importante son los incendios forestales, aunque algunas veces se presentan como fenómenos naturales, un alto porcentaje de ellos son provocados por las actividades agropecuarias; otros actividades que han repercutido en el deterioro de los ecosistemas en estas zonas, ha sido la tala, que aunque no se lleva a cabo con mucha frecuencia, es un problema que ocurre y afecta la composición de los bosque y a las especies asociadas a los tipos de vegetación, a pesar de que continuamente se realizan trabajos de reforestación , el índice de sobrevivencia no ha sido el adecuado, conllevando al fracaso.

Esto ha tenido importantes repercusiones en las diferentes poblaciones tanto florísticas como faunísticas de la región, e incidiendo directamente en la reducción de los bosques, en el cambio de uso de suelo desmesurado y desorganizado, y consecuentemente han terminado en la fragmentación y efecto borde, aislando poblaciones y modificando la estructura del ecosistema.

En este contexto, se ha comprobado que no es basto proteger los recursos naturales que aún se conservan, sino que es necesario recuperar las condiciones originales en la medida de lo posible, de las áreas que presentan algún tipo de impacto o deterioro en sus componentes; la acción de restaurar es acertada, siempre y cuando se utilicen las técnicas apropiadas, se tenga conocimiento exacto del funcionamiento del sistema, y en el caso de realizar una reforestación se utilicen plantas propias de la zona; por lo que el presente componente fijará las estrategias principales desde la rehabilitación de los suelos, la selección de especies a reforestar, y su seguimiento.

De esta forma volverán a reintegrarse componentes biológicos importantes, y con dicha mejora se comenzarán a restablecer aquellas poblaciones que se han visto afectadas por la fragmentación de su hábitat o que tienen un hábitat restringido y/o se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La restauración de 1,250 Ha dentro del polígono del Texcal, corresponden a la compensación y mitigación de los impactos generados por la modernización de la carretera,

y no solo esto, sino que incorporado, el restablecimiento de esta zona limitará el crecimiento urbano, esta zona una vez reintegrada brindara diversos servicios ambientales, aumentará la infiltración de agua de lluvia, protegerá a los suelos de procesos erosivos, de ahí que fuera una zona propuesta por el mismo municipio y los pobladores para acciones de recuperación.

La subzona de recuperación del Texcal, está constituida por un polígono, que abarca una superficie de 2,682.9 hectáreas, en un área en la que los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados, y que será objeto de programas de recuperación y rehabilitación, aproximadamente 1,250 Ha se presentan en esa condición.

El polígono donde se propone la restauración se ubica entre las coordenadas geográficas extremas de los 18°59'02'', 18°54'38'', 18°53'44'' y 18°53'56''de latitud y los 99°11'25'', 99°07'31'', 99°07'50''y 99°11'34'' de longitud, con un gradiente altitudinal que fluctúa entre los 1,400 y 1,950 m. Colinda al norte y este con el polígono de la subzona de uso tradicional denominado Atongo-Valle Sagrado Tombuco, del polígono de la subzona de preservación denominada Tenexcalli y la carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán, respectivamente; al sur y oeste con los límites del Parque y la presión de la mancha urbana de los municipios de Cuernavaca y Jiutepec, del Estado de Morelos. Asimismo, colinda con una de las principales áreas agrícolas de Santa Catarina, el asentamiento humano denominado Acolapa y la reserva estatal "El Texcal". Con este último reafirma su importante condición de corredor biológico. No obstante, existen asentamientos irregulares que han modificado sustancialmente los ecosistemas y cuya restauración es muy importante para toda la región (pag. 24 del DOF del 9 de Mayo de 2011).

Procedimiento:

Se realizará un estudio prospectivo dentro del Texcal, el cual permitirá identificar las necesidades de manejo para la recuperación de las áreas perturbadas, proporcionará la información ecológica y biológica vital de los ecosistemas y estado que guardan. La estrategia de esto será evaluar los sitios con algún grado de deterioro, y de esta forma llevar a cabo acciones y obras específicas para la recuperación, restauración o rehabilitación de sitios críticos o áreas frágiles. Esto, a través de diferentes actividades, tales como el saneamiento y restauración de barrancas, la recuperación de especies prioritarias de flora y fauna, esto después de identificar los sitios prioritarios como corredores, para conectar con otras zonas bien conservadas, y recuperando la cubierta forestal de los sitios más impactados.

El primer paso será la clasificación de una imagen de satélite para uso del suelo del polígono del Texcal, apoyados en el levantamiento de cuadrantes de 20 x 20 para conocer el estado que guarda cada asociación vegetal y orientar las medidas de restauración del sitio, se tendrá un muestreo mínimo del 10% del área, para que los datos obtenidos sean representativos. La clasificación tendrá una escala 1:20,000 y los pixeles tendrán la información botanica de la asociación vegetal a la que pertencen.

Una vez obtenido esto, con mapa de USV a una escala mínima de 1:20,000 se levantará 1 perfil edáfico por cada 50 Ha y los barrenos que el especialista crea conveniente según resultados de los perfiles; los perfiles se levantarán en los sitios donde los datos florísticos obtenidos de los cuadrantes resultaron como acahuales (menos de 15 árboles de DAP menor a 10 cm o área basal menor a 2 m^2), los pastizales inducidos y otros usos no forestales.

De los perfiles de suelos y evaluación del paisaje, se decidirá si es necesario incorporar composta o mantillo para el programa de reforestación; si el suelo está sano y bien estructurado, no se utilizará composta o mantillo, pero si el suelo ha sido decapitado o ha perdido su fertilidad (por estructuración o falta de materia orgánica mineralizada) se colocará composta y se mezclará el suelo antes de iniciar la reforestación. Lo mismo ocurre si se identifica que haya compactación del suelo, en este caso, para descompactar los suelos se realizará el escarificado siguiendo las curvas de nivel de manera que se evite ocasionar la erosión y arrastre de suelo. Este consistirá en una operación superficial que produce el corte y la disgregación de las raíces superficiales, así como la aireación, mejorando de esta manera la actividad biológica en su capa superficial y la permeabilidad. Esta actividad será realizada a una profundidad de 20 cm, precediéndose de ser necesario de un subsolado de unos 70 cm. de profundidad. Este tratamiento se realizará durante la época seca del año, para evitar la elevada temperatura y excesiva humedad en el suelo, y se utilizará un escarificador o verticut, provisto de unas cuchillas o discos giratorios, situados sobre un eje horizontal.

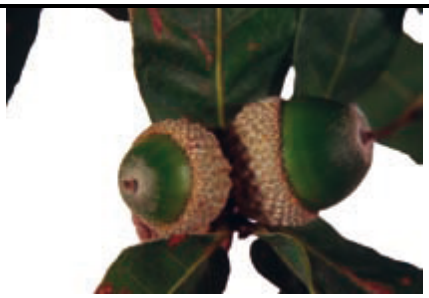
Por otro lado, en el caso que dentro de la zona se identifique la formación de erosión en cárcavas se procederá a su estabilización y posterior reforestación; la estabilización se realizará utilizando estructuras temporales hechas a base de diferentes materiales tales como troncos, ramas, alambre, paja, varillas, entre otros, colocados a lo largo del lecho de la cárcava, con una altura de 40 cm, de manera que protejan los puntos críticos y faciliten el crecimiento de vegetación al momento de ser reforestadas. Las barreras serán suficientemente enterradas en el fondo para evitar que se desmoronen, con una abertura en la parte central que permita satisfacer el volumen de descarga previsible en caso de lluvia. Después de cada lluvia serán realizadas inspecciones para verificar posibles daños y hacer reparaciones. Instalada y estabilizada esta barrera se procederá a rellenar y a reforestar, preferentemente con pastos nativos o especies arbustivas de la zona, para obtener una mayor estabilización.

A través del estudio prospectivo se tendrá el conocimiento de las áreas que necesiten de la ejecución de un programa de reforestación con especies nativas, cuya composición y densidades se basará en los cuadrantes levantados en las asociaciones vecinas que se consideraron conservados. A continuación se hace una propuesta, de forma tentativa de las especies que podrían utilizarse en la reforestación del Texcal una vez restaurado el suelo (Tabla VI.21), esto de acuerdo al tipo de ecosistema al que pertenezcan; sin embargo vale la pena aclarar que las especies pueden variar, dependiendo lo que se encuentre en el estudio prospectivo, las especies que se señalan en esta medida de mitigación se sugieren porque se encontraron en los bosques de encino y selva baja caducifolia del SAR y podrían resultar útiles para la reforestación.

Tabla VI.21. Especies arbóreas que podrán utilizarse en la reforestación y su justificación

Especie	Justificación
Bursera fagaroides (Cuajiote amarillo) 	Especie nativa de la selva baja caducifolia, tiene un crecimiento Moderado, no requiere tanta agua para su crecimiento y es tolerante a la exposición al sol. Se usa como cerco vivo. Las ramas secas son usadas como leña, Es una especie melífera. La resina que tiene esta planta tiene propiedades medicinales. Controla la erosión y ayudan a la infiltración de agua. Se sospecha que pueden ayudar a eliminar algunos contaminantes del aire. Potencialmente son ornamentales. Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten se podrán comprar en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CEAMA, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Bursera excelsa (copal) 	Especie nativa de la selva baja caducifolia. Su crecimiento es de moderado a rápido, tiene tolerancia a la sequía y al pastoreo. Su efecto restaurador es la conservación de suelo y Control de la erosión. Entre los servicios es utilizada cerca viva en los agrohábitats. Provee sombra, refugio y alimento para la fauna Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten podrán ser adquiridos en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CEAMA, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Spondias mombin (Ciruelo) 	Árbol de 2 a 6 m de altura, crece en la selva baja caducifolia, y es un elemento primario, prefiere suelos someros y arenosos, no requiere de abundante agua, soporta la sequias y es de rápido crecimiento. Es una especie comestible por los humanos y también por la fauna. Por ser una especie con bajos requerimientos, y de crecimiento rápido a partir de esqueje, se sugiere que esta especie como adecuada con fines de reforestación. Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten se podrán adquirir en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CEAMA, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Quercus rugosa (Encino chino)	Especie Primaria del bosque de encino. Abunda en el ecotono entre la selva baja caducifolia y el bosque de encino. Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. En el pedregal ocupa áreas

Especie	Justificación
	que forman ligeras depresiones o porciones más o menos horizontales. Se desarrolla en climas templados fríos y semifríos. Los encinos se han sugerido como especies clave en la rehabilitación y restauración de bosques, pues aunque no se consideran especies pioneras, pueden reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria. Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten se comprarán en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CONAFOR, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Quercus laurina (encino) 	Esta especie tiene un papel importante en la formación y estabilización del suelo, dado que la mineralización de su hojarasca es excelente formando agregados del suelo, estables y de buen tamaño. Tales características le confieren un papel importante en la recuperación y conservación de los suelos donde se establece (Com. Per. Jorge Gama-Castro).El género *Quercus*, es uno de los géneros que el contenido total de carbono equivale al 50%(+-) de su volumen, de esta forma presta un servicio ambiental adecuado por lo que se le sugiere como planta adecuada para la reforestación. Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten podrán comprarse en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CONAFOR, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Quercus castanea (Encino blanco) 	Esta especie juega un papel importante en la formación y estabilización del suelo, dado que la mineralización de su hojarasca es excelente formando agregados del suelo, estables y de buen tamaño. Tales características le confieren un papel importante en la recuperación y conservación de los suelos donde se establece (Com. Per. Jorge Gama-Castro). El género *Quercus,* es uno de los géneros que el contenido total de carbono equivale al 50%(+-) de su volumen, de esta forma presta un servicio ambiental adecuado por lo que se le sugiere como planta adecuada para la reforestación Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten serán adquiridos en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CONAFOR, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.
Quercus glaucoides (encino)	Esta especie tiene un papel importante en la formación y estabilización del suelo, dado que la mineralización de su hojarasca es excelente formando agregados del

Especie	Justificación
 *Arizaga 2009*	suelo, estables y de buen tamaño. Tales características le confieren un papel importante en la recuperación y conservación de los suelos donde se establece (Com. Per. Jorge Gama-Castro). El género *Quercus*, es uno de los géneros que el contenido total de carbono equivale al 50%(+-) de su volumen, de esta forma presta un servicio ambiental adecuado por lo que se le sugiere como planta adecuada para la reforestación Los encinos se han sugerido como especies clave en la rehabilitación y restauración de bosques, pues aunque no se consideran especies pioneras, pueden reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria. Especie cuyo origen será la MM2 y los individuos que falten se comprarán en Mercaplant vivero ubicado Jiutepec, Mor. o bien serán solicitadas a CONAFOR, ambos trabajan bajo un sistema de previo pedido.

En el caso de la reforestación, existirán dos maneras de obtener los individuos arbóreos, la primera como ya se propuso en la MM2, por la producción de las plantas a partir del germoplasma recolectado, para lo que se plantea la instalación o renta de dos viveros que se acuerden con los Ejidatarios del área, uno para especies de selva baja (afinidad neotropical), y el otro para producir las especies de bosque de encino (especies de afinidad neártica). Otra opción sería, la obtención de planta nativa a través de compra o donación, esto solo en caso de que fueran insuficientes las propagadas y recolectadas; para ello es importante contactar a las instituciones correspondientes como CONAFOR. Esta institución cuenta con la mayoría de las plantas aquí propuestas, o trabajan con un sistema de previa petición.

Para poder obtener los mejores resultados en la reforestación, sin la perdida innecesaria de tiempo, dinero y esfuerzo se recomienda que esta sea ejecutada en tres fases.

En la primera reforestación, se recomienda la siembra de los individuos con tallas mayores a 1 m y/o DAP mayores a 8 cm. Las especies que se utilicen resultaran del estudio prospectivo, de acuerdo con las características biológicas del ecosistema, tales como tipo climático de la zona a reforestar y el uso de suelo vecino, por ejemplo si se pretende reforestar un bosque de encino solo se utilizar las especies sugeridas para ese tipo de vegetación, de igual forma para la selva baja caducifolia.

Pasado un año de la primera reforestación es recomendable realizar la segunda con la introducción de árboles adultos, considerándose así, los de 1 a 1.5 m de altura, los cuales también podrán remplazar a los individuos que no hayan sobrevivido de la primera reforestación, en tanto es referible que sea intercalados entre hileras de la primera reforestación, esto es de forma aleatoria, tal como se da en la naturaleza.

La tercera reforestación es recomendable que se realice en el tercer año y se incorporen individuos de tallas menores, esto con el fin de que reciban cierta protección de las plantas ya establecidas anteriormente principalmente por ganadería, incendios o pisoteo de personas. Por ello también se propone que durante las tres reforestaciones se planten las

mismas especies indistintamente, excepto en el caso de las especies de bosque de encino y la zona de transición, donde *Quercus laurina* es recomendable utilizarlo hasta la segunda etapa de reforestación, ya que esta especie requiere condiciones más especificas como mayor humedad y menor incidencia del sol.

La técnica de plantación recomendada en el caso de los ejemplares en todas las fases de reforestación, consiste en excavar un hoyo angosto y profundo (30 cm de profundidad, por 50 cm de superficie), cubierto con agrogel, en el cual es sumamente aconsejable se deje caer la raíz de forma extendida, sin tocarla, para ello debe sacarse de la bolsa con todo y cepellón y dejarse caer la tierra dentro del hoyo de forma tal que la raíz quede extendida, una vez la raíz este extendida en el hoyo podrá rellenarse con el mismo material que se retiró no importando que el material B se mezcle con el A. Despues de esto, se aconseja regar cada tercer día hasta que empiece la temporada de lluvias, aunque es mucho más recomendable sembrar en temporada de lluvias para evitar estrés y el mismo riego.

En todos los casos la plantación es recomendable se asemeje a la estructura original del ecosistema, siguiendo las densidades encontradas en el estudio prospectivo en las asociacioens vegetales vecinas sanas.

Reforestación de pasos para fauna dentro del DV

La integridad de las poblaciones de fauna vertebrada en un proyecto de este tipo, donde la carretera pudiera constituirse como una barrera para el desplazamiento de los animales hacia ambos lados de la vialidad por sus rutas acostumbradas requiere de medidas de reajuste de sus rutas, a fin de evitar el atropellamiento de individuos que pretendan cruzar por un área dada. Aunado al aumento en la velocidad de tránsito en el trazo modernizado.

En la descripción de la MM5 se contempló la necesidad de establecer 43 pasos inferiores para fauna, por los que se orientará a los animales para que crucen de un lado a otro del trazo. Para coadyuvar con este propósito, se reforestarán las entradas de los pasos de fauna con una especie arbórea que produzca frutos que llamen la atención de animales. Se utilizarán el Guayabo (*Psidium guajava*), míspero (*Eryobotria japonica*), durazno (*Prunus pérsica*) y algunas enredaderas que confieran privacidad amortiguando la incidencia de la luz vehicular, como la zarzamora (*Rubus pringlei*) y uvas silvetres (*Cissus sicyoides y Vitis tilifolia)* toda vez que se trata de una especie nativa o que se cultiven desde hace varias décadas en la región cuyos frutos jugosos atraerán a la fauna hacia la entrada de los pasos.

La posición y especificaciones de estos pasos a lo largo de la carretera se detalla en la MM6.

Se colocará una cantidad de 5 árboles en donde se mezclarán los antes mencionados en la siguiente proporción: 3 guayabos, 1 míspero y 1 durazno, así como 2 enredaderas de cada una de las que se mencionan, por cada margen del paso siguiendo en todo caso la simetría bilateral de la microcuenca en cuestión, ya sea que se trate de un drenaje natural o de un paso inducido. En total será, 10 árboles y 6 enredaderas colocados en cada uno de los lados de entrada y salida de los pasos en ambos lados de la carretera, un total de 20 árboles y 12 enredaderas por paso.

De acuerdo con lo anterior, se necesitarán 312 árboles de Guayabo, 104 de mísperos y 104 duraznos así como, 104 enredaderas de zarzamora, y 208 de uvas silvestre de las dos especies (104:104) para reforestar los 26 pasos inferiores para fauna. Estos individuos se adquirirán en un vivero ya sea particular u oficial, ya que la especie es uno de los frutales

más comunes. Serán individuos por lo menos con 1 m de altura pero de preferencia de la mayor altura posible. Para las enredaderas se sugiere la colecta de germoplasma y la propagación de especies dentro de vivero.

Estos árboles se plantarán dentro del período de la reforestación general aplicando el mismo método de reforestación que para las especies forestales en el Texcal.

Todos los ejemplares se comprarán el día de su siembra en Conaplor que reproduce esas especies con genoma nativo, CONAPLOR se ubica a 800 m desviación derecha de la carretera libre Cuernavaca-Cuautla, en el tramo Cocoyoc – Cuautla. También puede adquirirse en los viveros ejidales bajo acuerdo con sus dueños.

En el proceso de reforestación se invitará, si ellos así lo desean, a integrantes del H. Ayuntamiento de Tepoztlán, ejidatarios, comuneros, organizaciones ambientalistas como Naturalia, grupos cívicos, personas de la comunidad y alumnos de las escuelas federales de la zona, tales como secundaria "Jesús Conde Rodríguez"; "Telpochcalli"; las telesecundarias "Narcizo Mendoza"; "Quetzalcoatl"; la preparatoria "Quetzalcoatl" y el CONALEP "Texio" a quienes se les explicará los beneficios de la reforestación.

Indicadores de cumplimiento:

Para el seguimiento de la ejecución exitosa del Programa de Restauración se realizara el monitoreo de todas sus actividades; en este caso, la constructora tendrá que contratar a un grupo especializado, quienes avalarán y serán los responsables directos de realizar el trabajo. Dicho monitoreo se llevará a cabo durante 6 años, y consistirá en una revisión semanal en el caso de la reforestación, durante el primer año, esto con el fin de verificar su estado y que se esté aplicando suficiente riego, a la vez que se verificará si el deshierbe está siendo aplicado con la regularidad necesaria. Después de esta revisión, el monitoreo será mensual durante el resto del primer año y bimestralmente hasta el 5° o 6° año.

De todas las actividades se llevará bitácora, se tomarán fotografías y se realizarán informes bimestrales, para la integración al informe Semestral a la DGIRA de las actividades previas a la restauración y del cumplimiento de este programa, hasta el 5° o 6° año, con copia a la representación estatal de la PROFEPA en el estado de Morelos. El encargado de llevar los monitoreos y realizar los informes a la SCT será el Ingeniero forestal coordinador. Por ello se determinan algunos indicadores que evidenciaran el éxito o el fracaso del Programa de Restauración (Tabla IV.25). El cumplimiento de estos puntos se documentará en bitácora que será entregada anualmente a SEMARNAT.

Tabla IV.25. Indicadores de cumplimiento de MM6

Indicador	Umbral esperado	Medida de no cumplir el umbral
17. Superficie restaurada.	1,250 Ha	En caso de no cumplirse con las 1,250 Ha dentro de la superficie umbral, negociar con los ejidatarios y autoridades municipales de Tepoztlán para donación de áreas que deseen restaurar, en caso de no lograrse, se restaurarán otros parajes dentro del Parque del

Indicador	Umbral esperado	Medida de no cumplir el umbral
		Tepozteco, previo acuerdo con las autoridades de la CONANP.
18. Porcentaje de sobrevivencia de los árboles plantados.	60% en la primera reforestación, 80% en la segunda y el 100% en la tercera, ya que esta recupera las últimas pérdidas.	Comprar o propagar más árboles hasta llegar a la cantidad umbral, que se incorporarán en una tercera reforestación
19. Fisonomía de pasos de fauna reforestados	Cubiertos de enredaderas y arbustos frutales	Volver a plantar las especies más exitosas hasta cubrir el paso de fauna a fin que los animales lo utilicen

Integración y análisis de precios unitarios: de mitigación; pero cuando se concurse la obra y sus MM, es cuando se tendrán los montos exactos, ya que depende de la empresa ejecutora que gane el concurso (Tabla IV.26). Se aclara que los precios están inflados, para fines de financiamiento, es muy probable que por la competencia dentro de las licitaciones, los conceptos sean menos onerosos, para el licitante que resulte ganador, que lo cotizado en estos programas.

Tabla VI.26. Costos para la ejecución de actividades del Programa de Restauración

Concepto	Unidad	Cant.	$ Unit.	$ Total
Estudio prospectivo de la zona de estudio	Honorarios/mes	8	118,000	$944,000.00
Ing. forestal	Honorarios/mes	6	14,000.00	$84,000.00
5 Trabajadores/campo	Jornales/mes	3	2,400.00	$36,000.00
1 Chofer	Jornales/mes	3	2,000.00	$6,000.00
Gastos de Vehículo	mes	6	1,900.00	$11,400.00
Cubetas de plástico para riego	Pieza	5	28	$140.00
Navegador Garmin (GPS) Modelo eTrex Legend	Pieza	1	500.00	$500.00
Cámara fotográfica digital 8 megapixeles	Pieza	1	400.00	$400.00
Palas cuadradas	Pieza	2	80	$160.00
Arboles de guayabo	pieza	312	15	$4,680.00
Arboles de míspero	pieza	104	15	$1,560.00
Arboles de durazno	pieza	104	25	$2,600.00
Enredaderas de zarzamora	pieza	104	12	$1,248.00

Concepto	Unidad	Cant.	$ Unit.	$ Total
Enredaderas de uva silvestre	pieza	208	8	$1,664.00
Palas de piquete	Pieza	2	80	$160.00
Cavahoyos	Pieza	2	150	$300.00
Guantes de carnaza	Par	7	28	$196.00
Picos	Pieza	2	110	$220.00
Carretillas	Pieza	2	600	$1,200.00
Cartografía	Varios	Global	2500	$ 2,500.00
	Programa de Restauración			**$1,098,928.00**

VI.2. Impactos Residuales del SAR

Las medidas de mitigación que se exponen en la sección anterior se enfocan en la reducción, compensación y rehabilitación de los sitios o factores ambientales afectados por tres impactos adversos considerados como significativos o relevantes (Tabla V.12, Capítulo V).

Se evaluó el grado en que las medidas de mitigación logran reducir cada impacto ambiental adverso. La evaluación se realizó de manera cualitativa, el valor en porcentaje se obtuvo por el promedio de los valores asignados por parte de los especialistas participantes en el estudio, después de haber discutido la extensión, magnitud, duración y contexto de los impactos así como el alcance de cada medida de mitigación por separado. En cada ocasión, se tomó un valor bajo para la eficacia de cada medida, con el fin de evitar sobreestimar la eficacia conjunta. Cada medida se examinó y se considera factible desde el punto de vista técnico.

Los cuatro impactos adversos significativos identificados en el Capítulo V, pasaron a bajos lo que los clasifica como no significativos; el más alto de ellos con una significancia de 0.267 se debe a la afectación a la fauna durante la preparación de sitio, construcción del cuerpo del terraplén y operación en rectificaciones.

Los dos impactos benéficos no fueron mitigados, por lo que pasan con la misma significancia como impactos residuales del SAR con proyectos y medidas de mitigación.

Tabla VI.27. Impactos residuales adversos del proyecto

Impacto	Sin MM	Categoría sin MM	MM aplicables	Con MM	Categoría del impacto residual
Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades	0.550	Moderado	MM4 y MM6	0.220	Bajo

Impacto	Sin MM	Categoría sin MM	MM aplicables	Con MM	Categoría del impacto residual
de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén					
Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal	0.633	Alto	MM2 y MM6	0.253	Bajo
Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento	0.890	Muy alto	MM3, MM5 y MM6	0.267	Bajo
Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio	0.411	Moderado	MM1, MM4y MM6	0.082	Bajo

Nota: Memoria de cálculo en Anexo 5

Una vez aplicadas las medidas de mitigación, el resultado son 4 impactos adversos residuales del proyecto en la categoría de bajos (Tabla VI.29) estos son impactos no significativos[24] según el método multicriterio aplicado (sección V.3, Capítulo V) y dos impactos residuales benéficos en la categoría de alto y muy alto respectivamente

Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén.

La perdida 292,572 m^3 debido al despalme se compensará mediante el uso de ese material en la remediación de los tramos en desuso y en el programa de reforestación, por lo que el suelo no se perderá sino que utilizará dentro del SAR y quedará finalmente cubierto con reforestación que en 15 años tendrá fisonomía de bosque primario y para arrope de los taludes. Existe riesgo de pérdida de una parte de suelo durante su manejo y por el tiempo que pasará el suelo acamellonado en el banco de tiro sin utilizarse.

Por otro lado, la MM4 evitará la mala disposición del material producto de despalme y de las nivelaciones. Con dicha medida el riesgo a un desperdicio en cañadas o ladera abajo.

Actualmente existen taludes y no ha habido derrumbes por su tamaño y porque el corte es en material tipo C.

Quedó un impacto residual de 0.220 considerado bajo y por tanto no significativo.

[24] De acuerdo a la definición establecida por la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, se considera Impacto ambiental significativo o relevante a aquel que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 68.681 Ha de vegetación forestal.

Este impacto será compensado mediante la aplicación del programa de restauración que plantea la recuperación de 1,250 Ha dentro del polígono del Texcal, que el programa de manejo del Parque del Tepozteco, lo señala como una zona con ecosistemas alterados que requiere de un programa de restauración, para este programa se realizará un estudio prospectivo del área tanto de flora como de suelos, para que la reforestación aplicada en su tiempo, sea exitosa, también la MM6, señala ciertos indicadores de éxito de su recuperación.

Este impacto quedó con una significancia de 0.253 en la categoría de bajo y por tanto no significativo, fue el segundo más alto de los impactos adversos, por el tiempo que pasará en iniciarse las obras de restauración dentro del Texcal y por el tiempo que pasará en que los árboles sembrados maduren y funjan como nodriza para que se exprese la semilla del banco del suelo y de los animales que la acarrean en sus heces y con ello se restablezca el área como corredor biológico.

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Este impacto pasó de la categoría de muy alto a bajo, con una significancia de 0.267, el más alto de los residuales, sin ser significativo. Su reducción se debe por un lado a la aplicación del la MM3 que se refiere al ahuyentamiento y reubicación de la fauna que pudiera encontrarse en el derecho de vía y que por tanto vería afectado su hábitat. Aunque la fauna sea removida y ahuyentada en su totalidad debido a la aplicación de la MM3, las poblaciones de las zonas aledañas donde se muevan los animales desplazados, competirán por espacio y comida, lo que ocasionará una modificación en las poblaciones establecidas, hasta llegar a un nuevo equilibrio.

Una medida de compensación tendiente a reducir el efecto barrera debido a la operación del trazo en uso, es la implementación de la MM5 que se refiere a la construcción de pasos de fauna inferiores; parte de la fauna ya utiliza las alcantarillas existentes para pasar de un lado a otro del trazo, pero otra no pasa por zonas con agua o de dimensiones reducidas, por lo que la MM5 contempla el cercado y modificación de obras de drenaje ya en operación para que puedan servir como pasos, para la fauna que normalmente no pasa por las existentes.

Finalmente la MM6, creará en 15 años 1,250 Ha dentro del Texcal un hábitat de calidad para especies tanto neotropicales como neárticas; ya que la restauración planteada en dicha medida es una zona de transición entre ambas regiones. Las especies de hábitos especialistas tendrán entonces mayor disponibilidad de hábitat dentro del SAR por lo que podrán crecer sus poblaciones sobre las de hábitos generalistas y/o nocivas que actualmente habitan la región que se pretende reforestar.

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Este impacto paso de la categoría de moderado a bajo con la significancia más baja (0.082), ya que se evita mediante la aplicación de las MM1 y MM4 que se desperdicie el material en sitios inadecuados. Si se cumple a cabalidad lo propuesto en dicha medida, el impacto por desperdicio de material quedaría anulado, sin impacto residual.

Este impacto quedó con una significancia de 0.082 esto es no relevante o no significativo[2].

De los impactos residuales significativos benéficos, siguen en la misma categoría, uno alto, y dos muy altos, debido a la propia naturaleza del proyecto:

Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos

Este impacto benéfico tiene una significancia de 0.407 y se consideró moderado. No es alto, porque actualmente existe una vía de menores especificaciones que cubre la ruta, esa es la vía que será modernizada y por lo tanto aumentará la seguridad y velocidad en el traslado. Con ello se espera que lleguen más turistas a la región con su consecuente derrama económica.

Los pobladores de las localidades por donde cruza el trazo desarrollan actividades primarias y terciarias, la modernización de esta vialidad favorecería su desplazamiento del turismo a las localidades de Tepoztlán, Oaxtepec y Cuautla y la comercialización de sus productos agropecuarios, así como el traslado de insumos.

El municipio de Tepoztlán forma parte del programa nacional Pueblos Mágicos y sirve como punto estratégico para recorridos turísticos en el estado de Morelos, principalmente hacia la zona de balnearios, la ruta de los conventos, la de Zapata y hacia municipios como Cuernavaca, Cuautla, Yautepec y Tlayacapan entre otros, por lo que es de gran interés tener una comunicación terrestre ágil. Los principales productos que se transportan a través de la carretera que se pretende ampliar, son animales de granja, granos, hortalizas, frutas y algunos productos típicos de la región y artesanías.

Esta obra es sinérgica a otras como el distribuidor vial “José María Morelos y Pavón” en Cuautla, y el Par Vial Cocoyoc-Oaxtepec, que en su conjunto darán conectividad y agilizarán la circulación del eje Golfo – Pacífico, favoreciendo la conectividad de dos puertos de gran importancia económica como son el puerto de Veracruz en el Golfo de México y el puerto de Acapulco en el Pacífico mexicano.

Impacto 8. Agilización del transporte a través de la carretera No. 160

El segundo impacto benéfico significativo quedó en la categoría de muy alto con una significancia de 0.976.

La operación de la carretera federal 115-D, una vez modernizada, permitirá la reducción de tiempos de traslado hasta en 30 minutos. A nivel estatal, la modernización fortalece los circuitos Morelos – Distrito Federal – Puebla, ya que agilizará y disminuirá los tiempos de traslado.

Tepoztlán, se ve favorecido por un sistema carretero, que le sirve de comunicación con el Distrito Federal y su zona metropolitana y con ciudades dentro del mismo estado como son su capital, Cuernavaca, la ciudad de Cuautla; Yautepec y conecta también con el estado de Puebla, por lo que la modernización beneficiara los flujos carreteros de largo itinerario que se desplazan por las rutas mencionadas. La modernización de este trazo permitirá fortalecer el uso de esta vía al mejorar sus niveles de rapidez y seguridad.

Actualmente la vialidad se encuentra en operación, pero es angosta y no cuenta con acotamientos lo que dificulta la circulación al ser difícil el rebase de vehículos pesados, la velocidad máxima actual es de entre 40 - 70 km/h, y su TDPA es de 11,000 v/d, con la modernización se espera alcanzar velocidades de entre 90 - 110 km/h y aumentar el TDPA a 12,000 v/d.

Las nuevas especificaciones de la carretera, permitirán un rebase más seguro, contará con un tercer carril para ascenso con lo que el transporte pesado dejará de ser un factor que incida en la disminución abrupta de la velocidad o rebases imprudentes con lo que se espera que los accidentes en el tramo correspondiente a La Pera – Cuautla, disminuyan sustancialmente.

VI.3. Montos para llevar a cabo las medidas de mitigación para fines de afianzamiento y licitación de obras.

En la Tabla VI.28, se presentan los totales estimados para llevar a cabo las 6 medidas de mitigación propuestas; en la descripción de cada medida, se desglosa en el apartado de "montos" cada actividad, insumo y personal para llevarla a cabo, en esta tabla, solo se presentan los totales, con el fin de no ser repetitivos y tener un escenario general de cuánto costará la mitigación ambiental de toda la obra.

Tabla VI.28. Montos estimados totales por cada una de las medidas de mitigación

Medida de mitigación	Monto total de cada medida
MM1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra (Tabla VI.3)	$ 134,400.00
MM2 Programa de rescate y reubicación de flora (Tabla VI.8)	$ 1,729,250.00
MM3. Programa de protección de fauna silvestre (Tabla VI.12)	$ 2,748,318.00
MM4. Programa de conservación y restauración de suelos (Tabla VI.14)	$ 72,000.00
MM5. Construcción de pasos de fauna (Tabla VI.20)	$ 625,000.00
MM6. Programa de restauración (Tabla VI.26)	$ 1,098,928.00
Costo total de las acciones de protección de medio ambiente	**$ 6,407,896.00**

VI.4 Cronograma de trabajo

El programa de actividades deberá empatarse con el programa de construcción que marque la empresa ganadora de la licitación, sin embargo en el siguiente programa se señala el tiempo que se llevará cada una de las medidas de mitigación que deberán ser licitadas, de forma general, después se presenta un cronograma desglosado por cada actividad de las medidas de mitigación.

En algunas medidas de mitigación se incluyó su propio cronograma, ya que es importante detallar las actividades una vez terminada la construcción de la obra, o una descripción más

fina por semana de las actividades de cada medida; dicho cronograma se incluye en la Tabla VI.29.

Tabla VI.29. Cronograma general de trabajos con MM

Actividades	BIMESTRES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	8 años
MM1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra												
MM2. Programa de rescate y reubicación de flora												
MM3. Programa de protección de fauna silvestre												
Desmonte												
Despalme												
MM4. Programa de conservación y restauración de suelos												
Nivelaciones												
MM5. Construcción de pasos de fauna												
Obras de drenaje mayor y menor												
PIV y de ganado												
Construcción del cuerpo del terraplén												
MM6. Programa de restauración												

VI.5. Programa de monitoreo

El monitoreo o seguimiento de las variables de interés al proyecto es una actividad crítica para verificar que las medidas de mitigación han funcionado adecuadamente y, en su caso, para determinar que son necesarias modificaciones y cuáles pueden ser éstas.

El programa de monitoreo y la estructura de supervisión ambiental, buscan la característica de ser lo más sencillo posible y, al mismo tiempo, lo suficientemente eficaz para cumplir los objetivos. Es importante que el programa sea sencillo porque tiene más probabilidades de ser implementado al 100% y será más fácil para SEMARNAT o PROFEPA verificar que sus componentes estén en operación y sean efectivos.

En los siguientes párrafos se desarrollarán los componentes del programa de monitoreo: objetivos, indicadores y procedimientos en caso de incumplir con el umbral. En la descripción de cada una de las medidas de mitigación se incluyó sus indicadores para el monitoreo, en algunos casos se indicó en que bitácora debería registrarse el cumplimiento.

Objetivos del programa de monitoreo

1) Verificar y documentar la correcta implementación de las medidas de mitigación (y, en su caso, de las condicionantes al proyecto)

2) Examinar la efectividad y suficiencia de dichas medidas (y condicionantes) para lograr mínimamente los niveles programados de prevención, reducción y mitigación de impactos ambientales adversos

3) Determinar, en caso necesario, las modificaciones necesarias o las medidas de mitigación adicionales para lograr los niveles mencionados

Indicadores del programa de monitoreo y cumplimiento de las MM

Para un correcto seguimiento se tendrá que realizar una supervisión en campo durante las diferentes etapas de la construcción, donde se verifique la correcta implementación de las medidas de mitigación propuestas. Se recomienda contratar un supervisor de impacto ambiental, que a su vez, puede tener dos ayudantes. El perfil de los supervisores se sugiere de la siguiente manera:

- Supervisor coordinador (Supervisor 1): Formación profesional en biología, ecología, licenciado en sistemas ambientales, u otra carrera o estudios de postgrado o especialización en estudio de ecosistemas o manejo de recursos naturales, con experiencia en las actividades que implica la construcción de carreteras y/o en la elaboración de MIA de proyectos carreteros. Supervisará MM1 y MM4 (Tabla VI.3 y 14).
- Supervisor 2: Profesional con formación en botánica. Supervisará MM2 y MM6 (Tabla VI.8 y VI.26).
- Supervisor 3. Profesional o pasante, con formación en zoología. Supervisará MM3 y MM5 (Tabla VI.12 y 20).

El supervisor será responsable de que las acciones de supervisión y el cumplimiento de las medidas de mitigación se documente, se lleve bitácoras, fotografía y video.

El supervisor deberá preparar reportes mensuales del cumplimiento de las medidas de mitigación a la SCT, la cual integrará informes anuales de cumplimiento a la SEMARNAT.

En la Tabla VI.30 se presentan los indicadores que se medirán para cada medida.

Tabla VI.30. Indicadores de cumplimiento de las medidas de mitigación

Medida de mitigación	Valor esperado o umbral	Acciones en caso de no cumplir con el umbral
MM1. Lineamientos durante la estadía del personal en la obra		
1. Contrato de la empresa constructora que resulte ganadora con una empresa cuyo giro sea manejo de residuos peligrosos	Presentar un contrato donde se detalle las acciones a seguir en caso de alguna contingencia; además de señalar que cada semana pasará la empresa a recoger embalados los residuos que pudieran considerarse peligrosos (que no lo son por los volúmenes a manejar en el frente de obra)	Contratar a una empresa que maneje residuos peligrosos bajo el esquema señalado en el umbral. No se podrá iniciar la preparación del sitio hasta cumplir con el umbral esperado.
2-Costales de ABtotal absorb en los frentes de obra	Por lo menos 3 costales de 10 kg cada uno en el frente de obra o 30 kg o más de ABabsorb total	Comprar los costales necesarios; si la marca se descontinúa comprar otra marca con las mismas características de absorción de hidrocarburos.
3- Porcentaje de personal que firmó compromiso de cumplimiento de medidas y condicionantes	El 100% de los trabajadores	Volver a convocar a reunión del personal faltante hasta cumplir con el 100% de las firmas
4- Límite del desmonte	Solamente entre ceros árboles marcados con martillo forestal	El área que se rebase del desmonte se deberá compensar en ese mismo parche en una proporción 5:1, con las especies y procedimientos señalados en MM5.
5- Numero de animales sacrificados o alimentados en el	Ninguno	Si el animal no es generalista; se deberá compensar a una UMA de reproducción de especies silvestres una cantidad de $20,000 por animal

Medida de mitigación	Valor esperado o umbral	Acciones en caso de no cumplir con el umbral
frente de ataque		sacrificado; para que reproduzca esa especie y reincorporar 10 organismos por cada animal sacrificado. Si es generalista y/o fauna nociva, se donará 10 mil pesos a una UMA en la zona.
6- Numero de sanciones por incumplimiento de los puntos de esta medida (los que no se hayan puesto en un indicador aparte).	Ninguna	El empleado que se le descubra incumpliendo algún de los puntos, tendrá que pagar resarcimiento de daños y la empresa que cumpla las MM tendrá que cobrarlo y llevarlo a cabo. En la segunda sanción se rescinde contrato.
7- Fotografías a las cañadas y ladera abajo del trazo.	Sin material de desperdicio, 4 fotografías por km ambos lados	Retirar todo el material de desperdicio.
8- Hidrocarburos en tierra de despalme (capa 3) en zona de desagüe en Los tramos donde se requiere es: Km 2+210 al 2+380, 2+460 al 2+510, 2+540 al 2+620 y Km 2+380 al 2+460, 2+510 al 2+540, 2+660 al 2+730	Sin hidrocarburos	Colocar el doble de AB absorb total en el cavado de desagüe de los lavaderos
MM2 Programa de rescate y reubicación de flora		
9- Número de individuos rescatados.	3 Individuos de *Mastichodendron capiri* y 4 de *Cedrela odorata* de acuerdo con el censo.	Se colectará el germoplasma de la especie y se reproducirá a través de semilla, se deberá obtener 10 individuos de 1.5 m de alto por un DAP superior a los 10 cm, una vez que alcancen la talla especificada serán plantados en las zonas a reforestar de selva baja caducifolia. Estos individuos compensaran la pérdida del adulto dentro del SAR, se monitoreara su éxito durante 6 años posteriores y consecutivos.
10- Porcentaje de individuos exitosos en la germinación	Mínimo el 80%	Por cada individuo perdido, se propagarán 5 plántulas de esta forma se garantizará que la especie, aunque sea sensible, cumplirá con el umbral establecido.

Medida de mitigación	Valor esperado o umbral	Acciones en caso de no cumplir con el umbral
MM3. Programa de protección, conservación y rescate de fauna silvestre		
11- Captura de mamíferos marcado con tinta, en la línea de ceros después de haber sido aplicado la MM3	Ninguno	Volver a realizar el proceso en ese frente de obra y cambiar el sitio de destino de los animales que se vayan a remover.
MM4. Programa de conservación y restauración de suelos		
12-Comparativo de las fotos de las cañadas y ladera abajo	Ambas fotos (MM1 y MM4) similares sin material de desecho	Presentar un estudio de daños a PROFEPA y remediar el daño a la cañada y llevar el material depositado a los bancos de tiro según se señalo en esta MM.
13- Volumen de material acamellonado junto al trazo	Nada	Se llevará el material que quedará acamellonado al banco de tiro
14- Estado del banco de tiro pasados 2 años	Con relieve original y cubierto de herbáceas con árboles juveniles	Volver a reforestar y/o comprar camiones de tierra para terminar de arropar el sitio
MM5. Construcción de pasos de fauna		
15. Número de animales atropellados.	Ninguno	Se revisará la contención y se colocará malla más cerrada en caso de que el animal sea pequeño. En caso de ser mediano o grande se revisará que no haya rupturas, en caso de haberlas se reparará; y si no las hay, se subirá la contención en 0.5 m.
16. Huellas y rastros en los pasos de fauna.	10 huellas o rastros	Se construirán bebederos en cada luz de los pasos inferiores y se llenará de agua cada semana durante el estiaje, durante 2 años, para restablecer rutas por dichos pasos. Además se esparcirá sal a la entrada y salida de cada paso de fauna.
MM6. Programa de restauración		
17. Superficie restaurada.	1,250 Ha.	En caso de no cumplirse con las 1,250 Ha dentro de la superficie umbral, negociar con los ejidatarios y autoridades municipales de Tepoztlán para donación de áreas que deseen restaurar, en caso de no lograrse, se

Medida de mitigación	Valor esperado o umbral	Acciones en caso de no cumplir con el umbral
		restaurarán otros parajes dentro del Parque del Tepozteco, previo acuerdo con las autoridades de la CONANP.
18. Porcentaje de sobrevivencia de los arboles plantados.	60% en la primera reforestación, 80% en la segunda y el 100% en la tercera, ya que esta recupera las últimas pérdidas.	Comprar o propagar más árboles hasta llegar a la cantidad umbral, que se incorporarán en una tercera reforestación
19. Fisonomía de pasos de fauna reforestados	Cubiertos de enredaderas y arbustos frutales.	Volver a plantar las especies más exitosas hasta cubrir el paso de fauna a fin que los animales lo utilicen

CAPÍTULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1. Escenario ambiental tendencial del SAR sin proyecto

Los estudios sobre el cambio del uso del suelo y cobertura vegetal proporcionan una herramienta importante que puede ser utilizada para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al*., 2001). De igual manera permiten visualizar los cambios tendenciales de la cobertura de uso de suelo y vegetación y como podría cambiar por la influencia de un proyecto que cambie las características de una región.

Asimismo, estos estudios favorecen el entendimiento y análisis de la relación que existe entre los procesos socioeconómicos con el desarrollo de diversas actividades que implican el uso de los recursos naturales y la manera en la que los cambios sobre estos, afectan la estructura y función de los ecosistemas (Turner y Meyer, 1991).

Los modelos de cambio de uso de suelo y vegetación han sido desarrollados para determinar dónde, cómo y por qué ocurren estos cambios (Brown, *et al*. 2000). Dichos modelos toman en cuenta patrones de cambio históricos, comparándolos con los esquemas de cambio actual y extrapolando estos para predecir los cambios futuros (Lambin, 1997).

Este análisis de cambio de uso de suelo conforma una parte importante de la manifestación de impacto ambiental ya que permite visualizar los impactos pasados y presentes de los distintas actividades humanas en los usos del suelo y realizar una prospección tendencial del futuro del área de igual manera nos permite visualizar la modificación de dichas tendencias por un proyecto y su repercusión en la calidad ambiental de una zona determinada.

Se define al uso del suelo, a aquel uso del territorio que es designado por las actividades humanas e influenciado por factores económicos, culturales, políticos, históricos, ambientales, entre otros (Brown *et al.,* 2000). Sin embargo, el crecimiento de la población humana ha traído como consecuencia impactos diversos sobre el territorio, lo que se manifiesta en el uso del mismo y por ende, la pérdida de cobertura vegetal y otros recursos naturales, así como la generación de distintos conflictos entre sectores económicos.

El objetivo de este Capítulo es realizar un análisis del cambio de uso del suelo y vegetación en un escenario tendencial sin proyecto al 2025 del SAR y determinar la tasa de cambio de algunos usos de suelo, así como los impactos que dichos cambios tendrán sobre la situación ambiental de la zona.

Para la creación del escenario tendencial se utilizo la dinámica de cambio lineal entre dos coberturas de uso de suelo y vegetación, en este caso se utilizó la cobertura actual presentada en el Capítulo IV de esta MIA-R y una cobertura del año de 1993 creada a partir de ortofotos digitales de INEGI, escala 1:20,000.

El método para la evaluación del escenario tendencial se detalla en el punto IV.4.1 en el Capítulo IV, en este Capítulo solo se presentan los resultados.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) tiene una superficie de 11,776.40 Ha y se asienta en cinco (5) municipios del estado de Morelos, Tepoztlán, Yautepec, Tlayacapan, Huitzilac y Tlalnepantla, abarcando de esta manera gran parte de la región Norte del estado. Asimismo comprende tres municipios que son destinos turísticos importantes a nivel estatal, muy característicos por sus condiciones naturales, clima, flora y fauna, así como por sus zonas arqueológicas e iglesias representativas del arte colonial, en tanto son las zonas con mayor relevancia económica y social de la entidad, razón principal por la que el SAR deberá sus cambios en el tiempo a sus habitantes.

Es importante, por lo tanto, entender primero las modificaciones que se esperan para el medio socioeconómico y con base en lo que ha sucedido en el pasado, inferir los cambios para los siguientes 15 años, como ya hemos detallado en la metodología que se explica en capítulos anteriores.

Para el caso del SAR la tasa de crecimiento alcanzó sus niveles más altos en el periodo de 1990 a 1995, con excepción de Tepoztlán, cuya situación socioeconómica en ese tiempo se veía afectada por movimientos sociales que impidieron la construcción de infraestructura turística y habitacional por considerar que afectaba su medio ambiente, esto creó la inhibición del crecimiento poblacional, llegando a registrar tasas decrecientes, en promedio de menos 0.84%, esta tendencia se revirtió en el quinquenio siguiente en donde se alcanzó un 4.43% de crecimiento, el último censo de 2005 señala una tasa positiva del 1.88%, los municipios de Yautepec y Tlayacapan se mantienen en tasas por debajo del crecimiento nacional.

El crecimiento anual de la población en el estado de Morelos en 2000 fue de 3.4%, para 2010 el Consejo Estatal de Población señala que rondará el 4%, y para el 2025 se estima que llegue al 4.4%, para estabilizarse en 2030 en promedio a 3.3%. Para el caso de los municipios en el SAR, todos se ubican dentro de los primero 15, con mayor crecimiento poblacional a nivel estatal, Tlayacapan ocupa el séptimo, Yautepec, el noveno; Huitzilac el décimo; Tlanepantla el décimo primero y Tepoztlán el décimo cuarto. Por lo que se infiere que la región que ocupa el Sistema Ambiental demandará mayores servicios públicos y vías de acceso de altas especificaciones.

El SAR se asienta en terrenos con uso de suelo ejidal, comunal y privado, se ubican 41 poblados en los que habitan un total de 27,717 habitantes, lo que representa el 1.71% de la entidad. El municipio que concentra mayor población en el SAR es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%); tan sólo su cabecera municipal cuenta con 15,245 habitantes. En segundo lugar se ubica Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 habitantes (5.53%).

De acuerdo a las proyecciones de CONAPO, se estima que la población en el SAR se incremento de 2005 al 2010 en 14.65%, alcanzando los 32,478 habitantes y se prevé que en 15 años esta tendencia de crecimiento continúe en ascenso aumentando en promedio un 17.67% la población, rondando los 39,449 habitantes.

El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial, así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización.

La población en el SAR se compone en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años lo que refleja un potencial de aportación económica, al encontrarse en edad productiva; sin embargo, este grupo es propenso a crear nuevos hogares, y por tanto a demandar nueva vivienda, servicios, y fuentes de empleo. En segundo lugar está la población menor de 14 años que requiere de centros educativos y servicios de salud, finalmente se tiene en menor porcentaje a la población mayor de 60 años, que ronda el 15% en promedio.

La tendencia de acuerdo a CONAPO es que los cambios sucesivos en la reducción en las tasas de mortalidad, fecundidad e inmigración han provocado importantes transformaciones en la composición por edad de la población, dando lugar a una estructura más joven pero que potencialmente mantendrá al estado en un proceso de envejecimiento los siguientes 25 años, lo que generará un nivel de dependencia económica y de servicios que de no preverse traerá grandes complicaciones.

La pirámide poblacional en el SAR es dinámica y se estima que para el 2025 la población entre 0 y 14 años sólo se incrementará en 1.2; la población entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% de 2010 al 2025 y la población mayor a 65 años se incrementarán en 113.47% en el mismo periodo.

De acuerdo al análisis y proyecciones realizadas con respecto al cambio de uso de suelo, se puede inferir que para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos en 1993 se tenían 790.23 Ha ocupadas por este rubro, para el 2009 se incrementó a 1,094.84 Ha y para 2025, se estima que la superficie pasará 1,305.59 Ha (Figura VII.1).

Las hectáreas dedicadas a infraestructura mixta, carreteras y terracerías, también registrarán cambios, la infraestructura en 1993 ocupaba 10.66 Ha, para el 2025 se estima que se incremente a 28.07 Ha; las carreteras pavimentadas en 1993 se asentaban en 83.64 Ha, para 2025 registrarán una superficie de 84.22 Ha; las terracerías por el contrario disminuirán de 52.64 Ha en 1993 a 50.89 para el 2025, esto motivado por su transformación a caminos pavimentados principalmente.

El crecimiento de las zonas urbanas se prevé que sea entre 2009 y 2025 de 210.75 Ha a costa principalmente de las zonas vegetadas, como bosque de encino perturbado (11.51 Ha menos); bosque de pino perturbado (0.22 Ha, menos); bosque inducido de especies exóticas (11.71 Ha); bosque mixto de pino – encino perturbado (0.92 Ha); bosque templado con elementos mesófilos (0.09 Ha); invernaderos (0.07 Ha); pastizal inducido (53.55 Ha); Selva baja caducifolia (0.40 Ha); Selva baja caducifolia perturbada (30.01 Ha) y se complementa el área con el cambio de terracerías en asentamientos humanos en 2.51 Ha. Esta tendencia de crecimiento de las hectáreas dedicadas a los asentamientos humanos debe entenderse como parte de un proceso de metropolización, que se vive en el SAR, y particularmente en Tepoztlán, motivada por el crecimiento y desarrollo acelerado de destinos aledaños como Cuernavaca y la zona metropolitana del Distrito Federal. El crecimiento de los asentamientos humanos se percibe que será en torno al municipio de Tepoztlán, su cabecera municipal, la comunidad de Amatlán de Quetzalcóatl y Santiago Tepetlapa. La vocación económica del SAR se orienta hacia las actividades terciarias, principalmente turísticas y de servicios, ya que posee factores naturales y culturales que representan variables potenciales de crecimiento para lograr atraer la atención del turismo.

El municipio de Tepoztlán recientemente recuperó su lugar como Pueblo Mágico, mismo que perdió en 2009, y recuperó en tiempo record, en relación a otros pueblos en el mismo caso. Desde 1992 se han invertido más de 57 millones de pesos para que este municipio cuente

con las condiciones necesarias para ostentar este reconocimiento. El gobierno federal, a través de la Secretaría de Turismo señaló que incluirá a Tepoztlán dentro del circuito turístico denominado “La magia de nuestras tradiciones y la naturaleza”, con ello se espera incrementar sustancialmente la afluencia de turistas a la zona. Cabe señalar que no sólo es un destino de fin de semana, sino que funge también como destino eje, a partir de este municipio, se pueden realizar diferentes recorridos, como los de balnearios, rutas de los conventos, ruta de Zapata, ruta arqueológica entre otros. La importancia económica del turismo radica en que este rubro significa el 9% del Producto Interno Bruto a nivel nacional y el 12% a nivel estatal.

Las actividades primarias, también tienen impacto en el cambio de uso de suelo en el SAR, por una parte se extenderán a costa de vegetación como bosque de encino perturbado, de oyamel; mixto de pino – encino perturbado; riparia perturbada y vegetación secundaria, pero en contraste, la zona agrícola cederá hectáreas a asentamientos humanos (39.86 Ha); bosque inducido de especies exóticas; pastizal inducido; selva baja caducifolia perturbada y vegetación secundaria. Siendo que la Agricultura ocupaba en 1993, 1130.48 Ha, para el 2009, disminuyó a 1,025.24 Ha y para 2025 volverá a disminuir a 936.29 Ha, según el escenario tendencial.

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001- 2006, vigente a la fecha, establece dentro de sus políticas para el Municipio de Tepoztlán en el contexto social la actualización de los documentos normativos que permita una adecuada administración, en materia de desarrollo urbano situación que obliga a la existencia de una adecuada articulación entre el Gobierno y los Municipios. El establecimiento de reservas territoriales que satisfagan las necesidades de los requerimientos de la población, que permitan inducir el crecimiento urbano de forma ordenada hacia las áreas aptas para este fin. Establecer programas de ampliación, mejoramiento y construcción de la infraestructura básica y el equipamiento urbano para las localidades del Estado. Para la actividad económica en el desarrollo urbano; reactivar la cadena productiva en el sector primario, aprovechando al máximo el suelo apto y la tecnología de punta, principalmente en zonas cercanas a los centros urbanos, en donde la mancha urbana ha reducido los espacios cultivables. Impulsar programas de aprovechamiento del potencial turístico del Estado, mediante la promoción en el ámbito nacional e internacional de los recursos naturales, históricos y culturales existentes en la entidad; para el medio ambiente; conservación y control de los ecosistemas de la entidad Morelense, que por sus características son considerados como protegidos y prohibidos para su urbanización; control de las áreas con potencial para su explotación en el uso urbano con medidas restrictivas, en aquellas zonas con actividades agrícolas de productividad baja.

El municipio de Tepoztlán se ubica en la Región Centro Poniente del Estado, zona para la cual se proponen políticas y acciones tales como la conservación de las áreas agrícolas existentes en la región; actualización de los documentos normativos en materia de planeación del desarrollo urbano; programas de rescate de la imagen urbana de los centros históricos de las cabeceras municipales; reactivación de los Comités Interinstitucionales para el manejo de las áreas Naturales Protegidas, proponiendo acciones de control y seguimiento de programas operativos del Corredor Biológico Chichinautzin y el Parque Nacional el Tepozteco; De acuerdo a la disponibilidad de recursos naturales, ubicación estratégica y al potencial de desarrollo que presenta esta región, se determina que es prioritario el impulso al subsector turismo aprovechando el gran potencial existente, consolidación del subsector comercio y abasto ordenando su crecimiento.

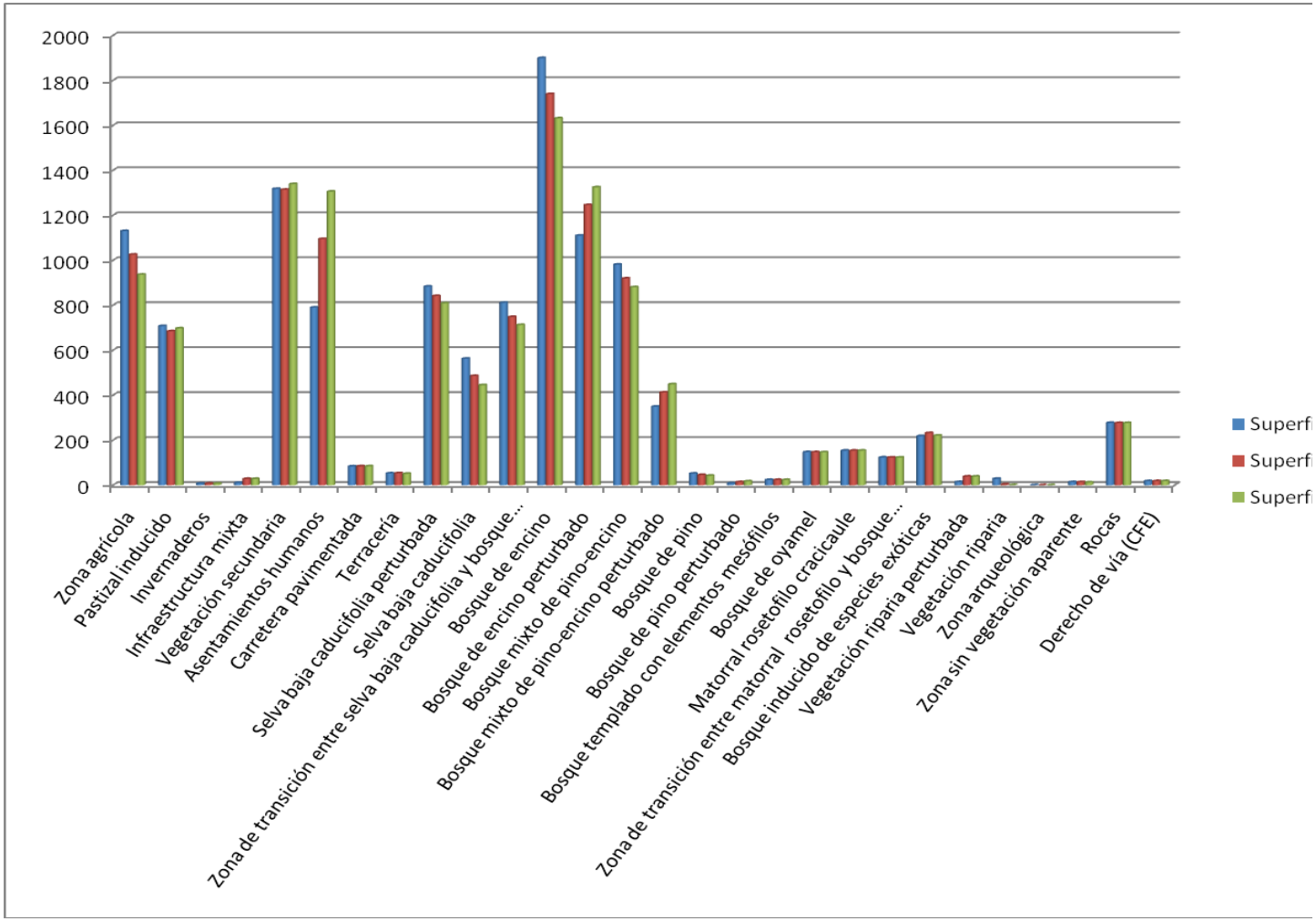


Figura VII.1. Comparativo de las superficies por categoría de uso de suelo y vegetación durante 1993 y 2009, así como su proyección tendencial sin proyecto al 2025

Por su parte el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tepoztlán establece los como objetivos; alcanzar para el Municipio de Tepoztlán un desarrollo integral y equilibrado acorde a las necesidades sentidas por la población; elevar todos los niveles de bienestar social de la cabecera municipal y sus comunidades; conservación de los recursos naturales con que cuenta el municipio; evitar nuevos asentamientos humanos en terrenos del Parque Nacional el Tepozteco. Dentro de las Políticas se encuentra el apoyo a las actividades productivas, especialmente las agropecuarias para mejorar el nivel de vida de la población e impulso a las actividades terciarias, especialmente las que se relacionan con el sector turismo; aplicación de una política de consolidación y control que garantice un desarrollo equilibrado.

En lo que se refiere a la vegetación del SAR, los principales tipos presentes son bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, bosques mixtos, vegetación riparia y selva baja caducifolia. Las actividades que se desarrollan han modificado su vocación natural, principalmente en la selva baja caducifolia y en la vegetación riparia, en donde el cambio en el uso del suelo es más evidente por la apertura de actividades agrícolas o asentamientos humanos. Los bosques templados y el matorral rosetófilo presentes en el SAR, se encuentran protegidos de alguna forma, por estar dentro del Parque Nacional el Tepozteco, sin embargo actividades tales como la tala hormiga, extracción de flora y fauna en pequeña escala así como el saqueo de tierra de hoja merman y modifican la estructura y función de los ecosistemas del SAR.

Estos cambios obligan a realizar un análisis de los principales tipos de vegetación con respecto al cambio de suelo de la vegetación original y las actividades económicas que se realizan en cada una de ellas. Para ello se analizan tres escenarios, uno de 1993 (pasado), 2009 (actual) y para el tendencial hacia el año 2025 (Tabla VII.1 y Figura VII.2).

Tabla VII.1. Superficies en Ha por uso de suelo o tipo de vegetación para 1993, 2009 y 2025

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993 (Ha)	2009 (Ha)	2025 (Ha)
Zona agrícola	1130.48	1025.24	936.29
Pastizal inducido	707.66	684.58	697.36
Invernaderos	7.19	7.46	7.39
Infraestructura mixta	10.66	28.07	28.07
Vegetación secundaria	1317.65	1313.95	1339.08
Asentamientos humanos	790.23	1094.84	1305.59
Carretera pavimentada	83.64	84.22	84.22
Terracería	52.64	53.4	50.89
Selva baja caducifolia perturbada	883.48	841.41	808.69
Selva baja caducifolia	562.79	485.86	444.91
Zona de transición entre Selva baja caducifolia y Bosque templado	811.34	748.09	712.44
Bosque de encino	1899.53	1739.52	1631.46
Bosque de encino perturbado	1109.8	1246.02	1324.98

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993 (Ha)	2009 (Ha)	2025 (Ha)
Bosque mixto de pino-encino	980.98	919.41	880.58
Bosque mixto de pino-encino perturbado	349.48	412.59	449.09
Bosque de pino	51.67	45.83	42.31
Bosque de pino perturbado	7.98	13.92	17.09
Bosque templado con elementos mesófilos	23.52	23.66	23.57
Bosque de oyamel	147.22	146.99	146.7
Matorral rosetofilo cracicaule	153.8	153.73	153.73
Zona de transición entre matorral rosetofilo y bosque templado	123.45	123.22	123.17
Bosque inducido de especies exóticas	218.54	232.09	220.77
Vegetación riparia perturbada	14.07	38.74	38.71
Vegetación riparia	28.56	3.87	1.11
Zona arqueológica	0.21	0.2	0.2
Zona sin vegetación aparente	13.96	13.87	12.38
Rocas	277.27	276.67	276.67
Derecho de vía (CFE)	18.23	18.3	18.3

De esta forma se observa como de 1993 hacia el 2009 existe una disminución en la selva baja caducifolia de 119 Ha, de esta selva conservada se han perdido en un periodo de 16 años 42.07 Ha, y en la selva perturbada 76.93 Ha, la tendencia indica que para el año 2025 habrá una disminución de 73.67 Ha de las cuales 40.95 a corresponden a la selva conservada actualmente y 32.72 Ha a la selva que hoy se encuentra en estado de perturbación. Estos cambios que se han manifestado través del tiempo son una respuesta a la modificación de las actividades primarias, la ganadería es una actividad común así como la agricultura en donde se han abierto terrenos para el establecimiento de campos de cultivo de temporal principalmente para la producción de maíz y forraje y de riego o perennes como el cultivo del agave y la opuntia. Aunado a esto la expansión de las zonas urbanas está propiciando la lotificación para su posterior venta.

Los servicios ambientales son los primeros en cambiar una vez que el uso de suelo ha sido modificado, esto se ve claramente reflejado en la capacidad de fijar el Carbono (Tabla IV.55). La selva baja conservada ha tenido una marcada disminución, en 1993 fijaba 86,669.66 mgC/SAR en el 2009 fija 74,822.44 y se pronostica que según las hectáreas que existirán para el 2025 solo se fijaran 68,516.14 mgC/SAR. En la selva baja perturbada suceda algo similar de 1993 al 2009 se perdieron 5,805.66 mgC/SAR y esta tendencia indica que para el 2025 se perderán 4,515.36 mgC/SAR.

La zona de transición entre selva baja caducifolia y el bosque templado de 1993 al 2009 ha tenido una merma en su extensión de 63.25 Ha, se visualiza que para el año 2025 se reducirán 35.65 Ha más, esta modificación se puede deber a varios factores, uno de ellos y quizá el principal es la presencia de incendios en esta zona, los visitantes del lugar realizan

fogatas y dejan sus desechos de basura, ambas cosas pueden generar incendios principalmente en la época de estiaje, otra causa pueden ser las plagas, principalmente por muérdago que se desarrollan actualmente en este ecotono, éstas plagas provocan la muerte de las especies de las que se posan, generando así una disminución de cobertura vegetal.

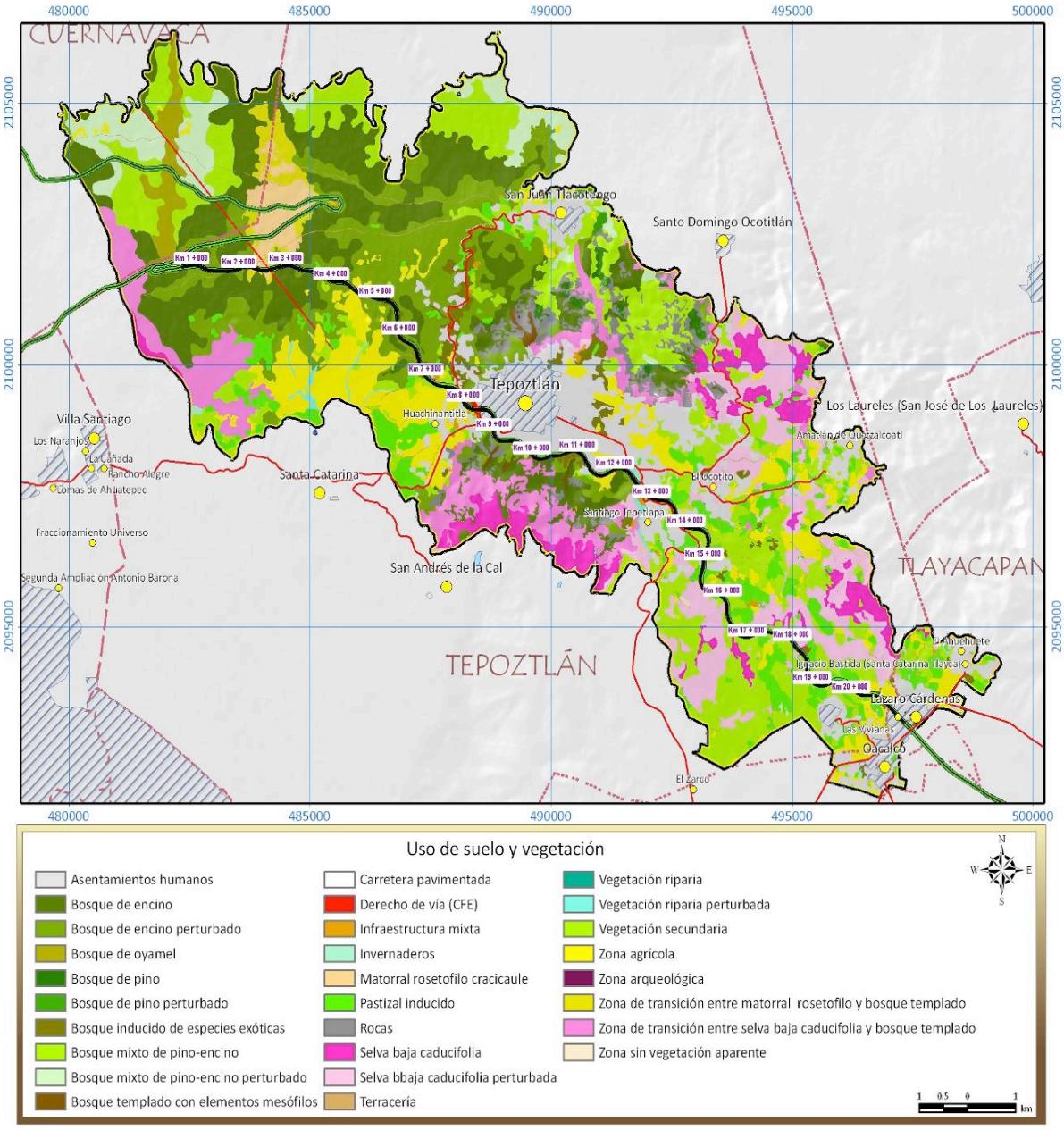


Figura VII.2. Uso de Suelo y Vegetación tendencial al 2025 sin proyecto

Esta disminución en la cobertura vegetal se ve reflejada en la fijación de CO_2, en 1993 se fijaban 156,588.62, para el 2009 se fijan 144,381.37 y por la reducción de hectáreas que se pronostica para el 2025, se calcula que para ese año solo se fijarán 137,500.92 mgC/SAR

A su vez el bosque de encino ha tenido un comportamiento diferente, el bosque conservado ha perdido 160.01 Ha en 16 años, sin embargo el bosque de encino perturbado se ha incrementado con 126.22 Ha, la tendencia dice que para el 2025 el bosque conservado perderá 108.06 Ha más y el bosque perturbado ganara 78.96 Ha.

Esta ganancia en los bosque pareciera ser un escenario alentador, sin embargo si se analizan las cifras, se observa que prácticamente las hectáreas perdidas del bosque conservado, son las que gana el bosque perturbado, por lo que en términos generales no hay incremento, sino un disminución del ecosistema conservado, lo cual se verá reflejado en la estructura y las funciones de este bosque.

Esta modificación puede generarse por las actividades antrópicas, como la extracción de tierra de hoja en donde también es extraído el germoplasma depositado en el suelo, lo que disminuye la regeneración natural, aunado a esto la posibilidad de incendios por los visitantes es un peligro constante, así como la caza ilegal que aun se practica, pues de manera indirecta afectan la dispersión de semillas por zoocoria.

En el bosque conservado de encino se observa una disminución en la fijación de CO_2 en 1996 se fijaba 438,791.43 mgC/SAR, en el 2009 se fijan 401,829.12 mgC/SAR y para el 2025 de fijaran únicamente 376,867.26 mgC/SAR, es decir se perderá la absorción de 619.24 mgC, debido a la disminución del bosque, en el bosque perturbado sucede el caso contrario, la fijación aumentará, pero en realidad lo que aumenta son las hectáreas perturbadas que se le restan al bosque conservado por ello es que en 1993 se fijaban 195,324.8 mgC/SAR, en el 2009 se fijan 219,299.52 mgC/SAR y para el 2025 se fijarán 233,196.48 mgC/SAR.

El bosque mixto de pino-encino conservado, actualmente cuenta con 919.41 Ha, en el año de 1993 existían 980.98 Ha por lo que en 16 años se perdieron 61.57 Ha, este bosque perturbado en 1993 contaba con 349.48 Ha y para el 2009 existen 412.59 Ha, esto representa un incremento de 63.11 Ha. Para el 2025 se observa esta misma tendencia, el bosque tendrá un decremento de 38.83 Ha y el bosque mixto perturbado se incrementará en 36.5 Ha. La situación es la misma que en el bosque de encino, el decremento de bosque conservado es el número de hectáreas que se incrementan en el bosque perturbado.

La disminución de hectáreas del bosque mixto conservado se verá reflejado en la disminución de fijación de carbono, pues en 1993 se fijaba 230,530.3, ya para el 2009 sólo se fijan 216,061.35, para el 2025 se calcula que se fijaran 206,936.3 mgC/SAR. En el bosque mixto perturbado se incrementa la fijación porque se incrementan las hectáreas perturbadas por ello se ve que en 1993 se fijaban 62,556.92, en el 2009 73,853.61 y para el 2025 se fijaran 80,387.11 mgC/SAR.

A su vez el bosque de pino conservado, actualmente existen 45.83 Ha, en 1993 existían 51.67 Ha, esta representa una pérdida de 5.84 Ha, para el 2020 se pronostica que habrá únicamente 42.35 Ha, es decir 3.52 Ha menos que hoy. En cuanto al bosque de pino perturbado cuenta actualmente con 13.92 Ha, en 1993 existían 7.98 Ha y para el 2025 habrá 17.09 Ha, con esto se puede observar el incremento que tiene el bosque perturbado en hectáreas.

Los pinos han estado sometidos a la extracción, actualmente se pueden observar zonas reforestadas con pinos, principalmente en los terrenos de Coajomulco, la extracción y la reforestación son elementos preponderantes para el incremento y el decremento de las hectáreas de este tipo de vegetación, aunque también los incendios son un factor perjudicial e importante para este ecosistema.

La fijación de CO_2 seguirá la misma tendencia de la pérdida de hectáreas, pues también en el bosque de pino conservado se espera una merma de 2,227.68 mgC/SAR para el 2025 mientras que en el bosque perturbado así como se incrementan las hectáreas también se incrementara la fijación se espera que para el 2025 se fijen 1,639.8 mgC/SAR.

El bosque templado con elementos mesófilos a lo largo de 16 años ha mostrado la misma tendencia a través del tiempo, en 1993 contaba con 23.52 Ha, para el 2009 se registran 23.66 Ha y se pronostica que para el 2025 existirán 23.57 Ha; esta estabilidad puede ser resultado de la zonas en que se distribuye esta vegetación, pues se encuentra generalmente en zonas encañonadas, de difícil acceso, lo que evita la entrada de ganado y turistas; concentra la humedad y favorece la diversidad de plantas y animales que ahí habitan, como se requieren de condiciones especiales para este ecosistema: como la alta humedad, la presencia de especies características, la poca incidencia de la luz en los estratos inferiores, es posible que pueda disminuir su área pero, no incrementarse. Sin embargo la tendencia es que en los próximos 16 años este bosque mantenga su misma extensión y por lo tanto sus mismos servicios ambientales como se pronostica en la fijación de CO_2, que en 1993 fijaba 7079.52, en el 2009 fija 7121.66 y se pronostica que para el 2025 fijarán 7,094.57 mgC/SAR.

El bosque de oyamel también es uno de los ecosistemas más estables del SAR a través del tiempo, en 1993 contaba con 147.22 Ha, para el 2009 se registran 146.99 Ha y para el 2025 se prevé que existirán 146.7 Ha, esta bosque se distribuye en la parte central de los bosques templados, es una franja de desciende del Norte al Sur, por lo que le confiere un resguardo a los elementos arbóreos del bosque, actualmente no hay tala clandestina en este sitio, el *Abies religiosa* no es una especie sensible a la plaga de muérdago que se distribuye en otras especies, de este modo la distribución de este bosque se ha mantenido estable y el escenario tendencial indica la misma situación para el 2025.

También en la fijación de carbono, este bosque muestra mucha estabilidad, en 1993 fijaba 35,038.36, en el 2009 34,983.62 y para el 2025 se calcula que fijara 34,914.6 mgC/SAR, esta diferencia es poco significativa ya que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años.

El matorral rosetófilo crassicaule necesita condiciones específicas para su desarrollo, por lo que ha encontrado el nicho adecuado en el derrame de lava que se distribuye en La Pera, este ecosistema tiene una buena capacidad de regeneración si es afectado en su estructura, sin embargo pese al transcurrir del tiempo se ha mantenido estable y desde 1993 cuanta con 153.8 Ha, según el análisis realizado indica que en un escenario tendencial del 2025 existirán 153.73 Ha, las mismas que se observan en el 2009. Por ello la fijación de CO_2 se mantiene estable en 1993 se fijaba 121,50.2 mgC/SAR, en el 2009 se fijan 12,144.67 y para el 2025 se fijaran 12,144.67 mgC/SAR.

La zona de transición entre el matorral rosetófilo y el bosque templado, muestra la misma estabilidad que el matorral rosetófilo en 1993 se contaba con 123.45 Ha, actualmente existen 123.22 y para el 2025 existirán 123.17 Ha. De igual forma la fijación de carbono es estable

en 1993 se fijaban 19,134.75, en el 2009 se fijan 19,099.1, para el 2025 se pronostica que la fijación será muy similar con 19,091.35 mgC/SAR.

En la vegetación riparia perturbada existe un situación inversa en 1993 existían 14.07 Ha, para el 2009 existen 38.74 Ha, de este modo se incrementó la vegetación riparia perturbada con 24.67 Ha, lo cual es exactamente la áreas que se perdieron del ecosistema conservado en 16 años. La tendencia indica que para el 2025 la vegetación perturbado contará con las 38.7 Ha existentes y la vegetación conservada disminuirá hasta ser únicamente 1.11 Ha.

La mayor presión que recibe este ecosistema es la contaminación por aguas negras, además de que son utilizados como basureros locales; se permite la ganadería libre lo cual genera compactación de suelo y defoliación de plantas; además se han introducido especies ajenas al ecosistema principalmente jacarandas y eucaliptos.

Los servicios ambientales que proveen también se verán disminuidos sobre todo en la vegetación riparia conservada. En 1993 fijaba 8,596.56 mgC/SAR, en el 2009 fija 1,164.87 y par el 2025 solo fijara 334.11 mgC/SAR, esto por la disminución en su área de distribución; por otro lado, la vegetación riparia perturbada sufrió un incremento en la fijación de carbono de 1993 al 2009 con 5,230.04, este incremento es el resultado del aumento de vegetación riparia perturbada, se pronostica que para los próximos 16 años la fijación se mantendrá estable con 8206.52 mgC/SAR. En la Figura VII.1 se presenta la comparativa de los escenarios al 1993, actual y 2025; todos sin proyecto. En cuanto a los usos de suelo antrópicos también se observan cambios (Figura VII.3), principalmente en los asentamientos humanos, en 1993 existían 790.23 Ha, para el 2009 1,094.84 Ha y se pronostica según esta tendencia que para año 2025 existirán 1,305.59 ha esto es 210 Ha más que en la actualidad, estas se desarrollaran principalmente en las zonas agropecuarias y de selva baja o acahual, mas no en los bosques de climas templados.

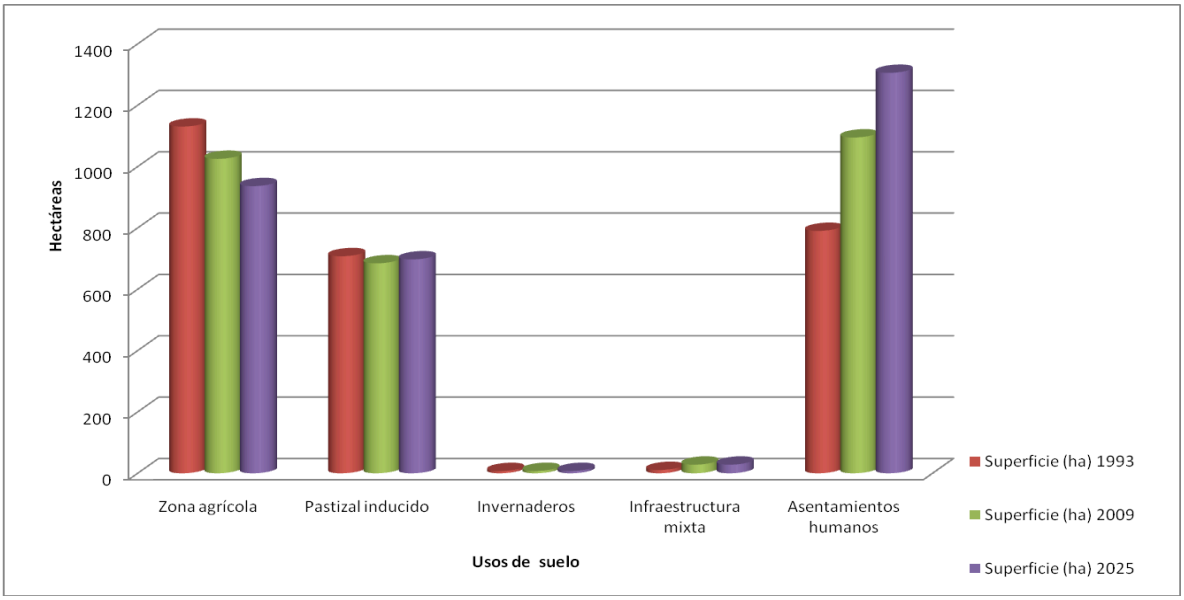


Figura VII.3. Tendencias del cambio de uso del suelo antrópico dentro del SAR para los próximos 15 años

En las zonas agropecuarias existen dos actividades primordiales, la agricultura y la ganadería, los terrenos agrícolas han tenido una disminución, en 1993 existían 1,130.48 Ha para cultivo, en el 2009 existen 1,025.24 Ha, por lo que se han dejado de trabajar 105.24, para el 2025 se calcula que solo habrá 936.29, vinculado con la lotificación y venta de terrenos para viviendas. La fijación de carbono también se ha visto disminuida en 1993 se fijaba 101,743.2 mgC/SAR, para el 2009 solo se fija 101,743.2 y se pronostica que par el 2025 la fijación de carbono se reducirá a 84,266.1 mgC/SAR.

Por su parte para la ganadería los pastizales inducidos se han mantenido estables en 1993 existían 707.66 Ha, para el 2009 se reportan 684.58 Ha, para el año 2025 se calcula que habrá 697.36 Ha, esta estabilidad en su extensión en el territorio puede deberse a lo redituable de la actividad ganadera en la zona y a la capacidad de rebrote de los pastizales por lo que no es necesario cambiar de actividad ni abrir nuevos pastizales

Esta estabilidad también se ve reflejada en los servicios ambientales que provee, como la fijación de carbono que en 1993 era de 68643.02 mgC/SAR, en el 2009 es de 66404.26 y para el 2025 se calcula que será de 67643.92 mgC/SAR (Tabla IV.55).

Dado a que la distribución y presencia de la fauna se encuentra íntimamente relacionada con la distribución y estado de la vegetación, tenemos que en el periodo comprendido entre el año 2009 al 2025 respecto al hábitat disponible para la fauna, se presentará una reducción moderada, es decir, una pérdida de 144 Ha de vegetación primaria, esto corresponde al 1.22% de la superficie total del SAR. (0.27% de bosques templados, 0.92% de selva baja caducifolia y 0.02% de vegetación riparia), está perdida de hábitat se focaliza principalmente en las zonas aledañas a las comunidades humanas (Tepoztlán, Colonia Ángel Bocanegra, Amatlán de Quetzalcoatl, Santiago Tepetlapa, San Juan Tlacotenco, Huachinantitla, Cuitzcuixcatla, Tlalnahuac, Xolatlaco, Col. Huilotepec, Ignacio Bastida (Santa Catarina Tlayca), Oacalco, Lázaro Cárdenas, Campo el Capulin), ya que se estima que para los próximos años el crecimiento de estas áreas será de 1.78% (210 Ha), este aumento se encuentra asociado por la pérdida de áreas agrícolas, elementos de selva baja caducifolia y bosques templados, los cuales han fungido como áreas de alimentación y resguardo.

La modificación de hábitat en el periodo de 2009 al 2025 es atenuada por dos razones; la primera corresponde a las áreas transformadas (agrícolas, comunidades humanas, infraestructura, etc), en ella se desarrollan comunidades faunísticas asociadas a ambientes perturbados en este caso, especies oportunistas y cuyo umbral de tolerancia a las actividades humanas es elevado, como ejemplo destacan distintas aves, entre ellas *Quiscalus mexicanus, Passer domesticus, Molothrus aeneus, Pyrocephalus rubinus, Hirundo rustica, Pitangus sulphuratus, Columbina passerina, Columbina inca, Columba livia*, así como diversos mamíferos de talla pequeña y mediana, entre ellos ratones, ardillas, murciélagos, tlacuaches, armadillos, zorillos, mapaches). El segundo factor corresponde a la recolonización de sitios perturbados por especies autóctonas de la zona, es decir, un aumento de la diversidad alfa, principalmente en bosque de encino perturbado, bosque mixto perturbado y bosque de pino perturbado, por el incremento de estas masas forestales a razón de 7.9 Ha al año (solo en bosques templados).

En términos generales se puede hablar de una reducción en el tamaño poblacional por efecto directo de la disminución del hábitat, pero en un orden de magnitud bajo (ya que la perdida de hábitat seria de manera paulatina, es decir 9.6 Ha por año (0.08% de la superficie total del SAR), está perdida en el hábitat no se concentrará en una sola región del sistema,

por lo que no existirá perdida en diversidad beta y gama, sin embargo la diversidad alfa[1] presentara una reducción por el reacomodo de las poblaciones (migración de especies menos tolerantes hacia sitios más conservados y mayor concentración de especies generalistas en los bordes de las comunidades humanas y áreas con vegetación). Además del efecto directo sobre la reducción de hábitat para poblaciones de animales silvestres, también hay efectos indirectos como es la presencia misma de la gente, con su consecuente interacción con la fauna silvestre, como resultado se espera un aumento de conflictos entre el hombre y la fauna, considerada nociva (serpientes, ratones, mapaches, tlacuaches), así como los efectos de la fauna domestica y feral (gatos y perros que han escapado del control doméstico) sobre la fauna silvestre que inciden principalmente sobre las poblaciones de lagartijas, serpientes, roedores y aves pequeñas.

El escurrimiento superficial al 2025 será de 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR equivalente a un volumen de 26.4 Mm^3, si se toma en cuenta que la degradación de las los bosques, principalmente, y los cambios de uso de suelo a pastizal o cultivos disminuyen, aumentan el escurrimiento y disminuyen la infiltración. En el presente el escurrimiento es de 222.7 mm/año, equivalente a 26.2 Mm^3, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. Las zonas que contribuirán al pequeño incremento en el escurrimiento superficial son aquellas ubicadas al Norte de la localidad de Tepoztlán: los bosques de encino, mixto de pino-encino y mixto de oyamel-encino-pino conservados se perturbarán, los bosques de encino perturbado se degradarán a pastizales o cultivos y al Poniente de la caseta de peaje de Tepoztlán (del Km 0 al Km 6+620), en ambos lados de la carretera La Pera-Cuautla, la zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado se degradará a pastizales y cultivos. La distribución del escurrimiento no cambiará, excepto las magnitudes esperadas en las franjas límite de las comunidades vegetales y usos de suelo mencionados, sobre todo en las supramicrocuencas Quiahuistepec y Acolapan.

Mientras tanto, para el 2025 se espera una infiltración promedio de 215.7 mm/año dentro de todo el SAR (11,776.4 Ha) que equivale a 25.4 Mm^3, mientras que en el presente se calculan 217.1 mm/año equivalentes a 25.6 Mm^3. Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Existe una mínima y pequeña zona de recuperación de infiltración, debido a la restauración de un fragmento de bosque de oyamel, ubicado entre la autopista México-Cuernavaca, la antigua vía de ferrocarril entre Coajomulco y San Juan Tlacotenco y la línea de transmisión eléctrica de alto voltaje (19.2 Ha). Donde habrá degradación de la cubierta vegetal, y por consiguiente una disminución en la infiltración, serán las zonas ya conocidas en el Norte y Poniente del SAR, por la degradación de los bosques principalmente; y en el Suroriente del SAR por el avance de los asentamientos humanos y la agricultura, sobre pastizales, vegetación secundaria y selva baja caducifolia, en su mayor parte. Este proceso de urbanización, y en ocasiones de expansión de la frontera agrícola sobre terrenos con escasa vegetación natural, se efectuará entre las localidades de Tepoztlán, Santo Domingo, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa, siendo el Km 14 de la carretera La Pera-Cuautla y las colonias El Pedregal y Chisco, los límites hacia el Sur, de la zona de disminución de infiltración. Hacia la caseta de peaje de Oacalco no se registrarán mayores cambios en esta variable hídrica. El proceso de

[1] Diversidad Alfa: es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea. En orden de magnitud la perdida de este tipo de diversidad es variable y difícil de cuantificar debido a los efectos acumulativos del desarrollo antrópico que se dará alrededor del SAR. En este contexto es importante recordar que a diferencia de la vegetación, la fauna es móvil y no responde a las fronteras geopolíticas o de planeación generadas por el hombre.

disminución de infiltración es casi homogéneo en todo el SAR, exceptuando las partes bajas de las supramicrocuencas Apanctezalco y Tepecapa.

En cuestiones de erosión; actualmente en promedio es de 53.0 ton/(Ha*año) equivalente a 624,397.1 ton/año, mientras que para el 2025 se espera una disminución neta hasta las 52.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 612,906.3 ton/año. Lo anterior significa una disminución de 1.9% en el mencionado período de tiempo. La disminución en la erosión se presentará en aquellas zonas donde los asentamientos humanos ocuparán el territorio de pastizales y campos agrícolas, y donde los pastizales habrán recuperado terreno frente a parcelas abandonadas de agricultura de temporal. Acorde con lo descrito en párrafos anteriores, el crecimiento de los asentamientos humanos será alrededor de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa, mientras que la recuperación de pastos se efectuará al poniente del Cerro Zematzin, sobre el Km 15 de la carretera federal Cuernavaca-Tepoztlán, donde también se presenta el fenómeno de venta de terrenos para construcción de vivienda residencial. El aumento de la erosión, se dará en menor medida, solo en pequeñas regiones, por la degradación de los bosques para cultivos y pastoreo de menor escala.

Como se ha visto el principal factor de modificación es el hombre que favorece el cambio de uso de suelo, del cual derivan el resto de las afectaciones al medio ambiente, y como es de esperarse no es la excepción la fragilidad ambiental, el estado de conservación y con ello el diagnostico ambiental de un sistema, pues al haber cambios en los diferentes componentes del medio, tanto bióticos, abióticos como sociales, también implicarían cambios en dichos criterios; en este caso, la fragilidad, que conjunta a todas la propiedades del sistema para resistir una actividad, puede experimentar diferentes efectos con la modificación mínima del SAR. Conforme con esto, el Sistema actualmente está regido por la categoría *resistente* en un 36.80% (4,326.61 Ha) y por la categoría *ligeramente frágil* en 35.56% (4,180.60 Ha); en el primero de los casos se trata de zonas agrícolas intercaladas con vegetación secundaria, en donde se desarrollan también asentamientos humanos; las zonas ligeramente frágiles hacen referencia a zonas ocupadas por el matorral rosetofilo cracicaule; conjuntamente estas dos categorías ocupan más de la mitad del Sistema, subsecuentemente, se encuentran las zonas frágiles (25.55%) que también representarían una parte significativa del polígono, las cuales hacen referencia a sitios ocupados por bosques de pino, encino y oyamel en diferentes estados de conservación, consecuentemente las zonas *muy resistentes* en donde se asientan la gran mayoría de los asentamientos humanos del SAR solo ocupan 1.18% y las *muy frágiles* 0.90% donde se muestran los bosques templados con elementos mesófilos; de esta forma en un escenario tendencial a 15 años se espera se siga dando el mismo comportamiento y dinámica que hasta el momento ha tenido el SAR, lo que se verá evidenciado en los incrementos y decrementos poco significativos de cada una de estas categorías de fragilidad en términos tendenciales.

En tanto, analizando los resultados obtenidos para la fragilidad tendencial del SAR, en este periodo de 15 años, se espera un incremento poco significativo de las zonas resistentes, ligeramente frágiles y muy resistentes; las zonas *resistentes* en este lapso ganarán 164.52 Ha, con lo que para el 2025 contaran con 4,491.13 Ha, ocupando un 38.20% del SAR. Las zonas *ligeramente frágiles* también aguardan un incremento del orden de las 420.59 Ha, con lo que contaran para este mismo tiempo con 4,601.19 Ha (39.14%) de las 4,180.60 Ha que ocupaban actualmente. La expectativa que se tiene de las zonas muy resistentes presenta un comportamiento similar, pues tenderán a extenderse en 166.38 Ha,

con lo que contaran con 4,491.13 Ha (Figura VII.4), lo que representa el 2.59% en contraste con el 1.18% que conforman actualmente.

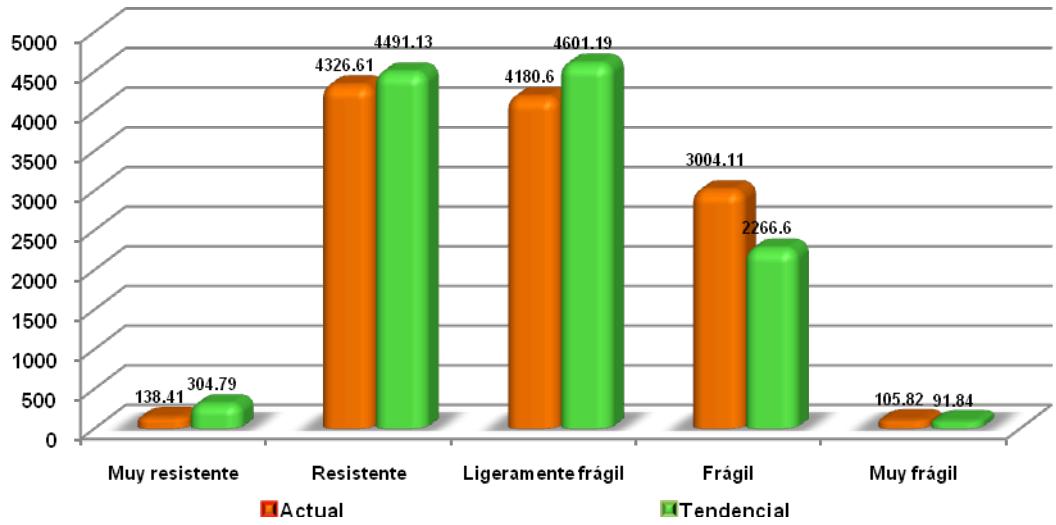


Figura VII.4. Comparación del estado actual y el tendencial al 2025 de la fragilidad ambiental del SAR en sus cinco categorías

A diferencia de esto, las zonas *frágiles* y *muy frágiles* tenderán a decrecer; pues las primeras, perderán 737.51 Ha, con lo que solo ocuparan 2,266.60 Ha, lo que representará el 19.28% a diferencia del 25.55% que ocupan en este momento. Las zonas catalogadas como muy frágiles, para el 2025 solo representarán el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significará un decremento de 13.98 Ha.

Referente al estado de conservación, el SAR revela diferentes categorías de conservación, esto dependiendo de la zona a la que se refiera, debido principalmente a la influencia humana, es decir a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen; tomando en cuenta las superficies actuales que ocupan las seis categorías y evaluando los resultados de la aplicación de la metodología expuesta en el apartado IV.4.1, se infiere que el estado de conservación tendrá un comportamiento similar al de la fragilidad ambiental, por lo que tampoco se presentarán incrementos y decrementos significativos; de esta forma se espera que para el 2025 las zonas catalogadas como Muy perturbadas se incrementarán en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.

Contrastantemente, las zonas que tienden a tener un decremento en este mismo período serán las zonas conservadas, muy conservadas y las ligeramente perturbadas; de esta forma, se obtuvo que en un escenario tendencial a 15 años las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR. Las zonas conservadas tendrán también una perdida, esta será de 43.51

Ha, reduciéndose de este modo a 4,875.39 Ha (41.47%). Finalmente, las ligeramente perturbadas se reducirán al 3.98%, con una superficie total de 467.93 Ha a diferencia de las 506.45 Ha que ocupan actualmente, lo que representara una disminución de 38.52 Ha (Figura VII.5).

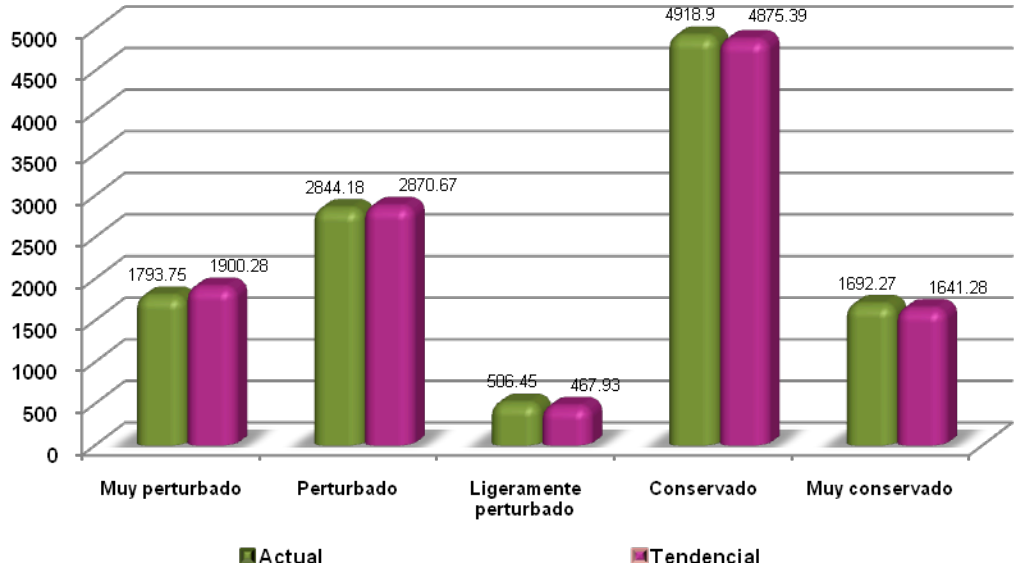


Figura VII.5. Comparación del estado actual y el tendencial al 2025 del estado de conservación del SAR en sus cinco categorías

Lo más importante quizá, de un escenario tendencial, es conocer la modificación en el diagnóstico ambiental en el tiempo, ya que es el diagnóstico es el elemento aglutinador del estado del SAR. Por lo que se aplicó al escenario tendencial, el método explicado en el punto IV.4.1 (Capítulo IV), con los mismos indicadores. En tanto, partiendo de lo actual se diagnosticó que el 26.97% (3,170.84 Ha) del SAR presenta zonas catalogadas como ligeramente frágiles y conservadas, otro 21.50% lo representan las resistentes y perturbadas, lo que se traduce en 2,527.64 Ha; las zonas frágiles y conservadas ocupan 1,656.35 Ha constituyendo el 14.09%; y las zonas resistentes y muy perturbadas que componen el 13.77% del SAR, es decir 1,618.35 Ha. No obstante, en un escenario tendencial a 15 años los resultados señalan que las zonas consideradas como *ligeramente frágiles y conservadas* tenderán a crecer en 553.03 Ha frente a las zonas *frágiles y conservas* que tenderán a decrecer, esta categoría actualmente ocupan 1,656.35 Ha, y se pronostica para el 2025 solo ocupen el 9.09%, es decir 1,068.32 Ha (Figura VII.5).

Las zonas que también tendrán un crecimiento significativo son las *muy resistentes y perturbadas* con un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas *resistentes-perturbadas* y *muy perturbadas*, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente, debido principalmente al crecimiento de la mancha urbana, pues aunque el OET lo regula si se esperan cambios (Figura VII.5). Las zonas *frágiles* (ligeramente perturbadas, muy conservadas y perturbadas) tenderán a reducirse aunque esto no constituye una forma representativa, pues su decremento figura menos del 10%.

Es importante mencionar que las tendencias y su diagnóstico consideraron las políticas del OET de Tepoztlán ya que actualmente está publicado y se encuentra vigente, por lo que el deterioro es el menor, sin embargo en caso de incumplirse este OET la perturbación podría ser mayor. En la Tabla IV.56, se presenta un resumen de lo expuesto en párrafos precedentes se describe la afectación, la tendencia y con ello se infiere un escenario a 15 años si las tendencias no fueran modificadas.

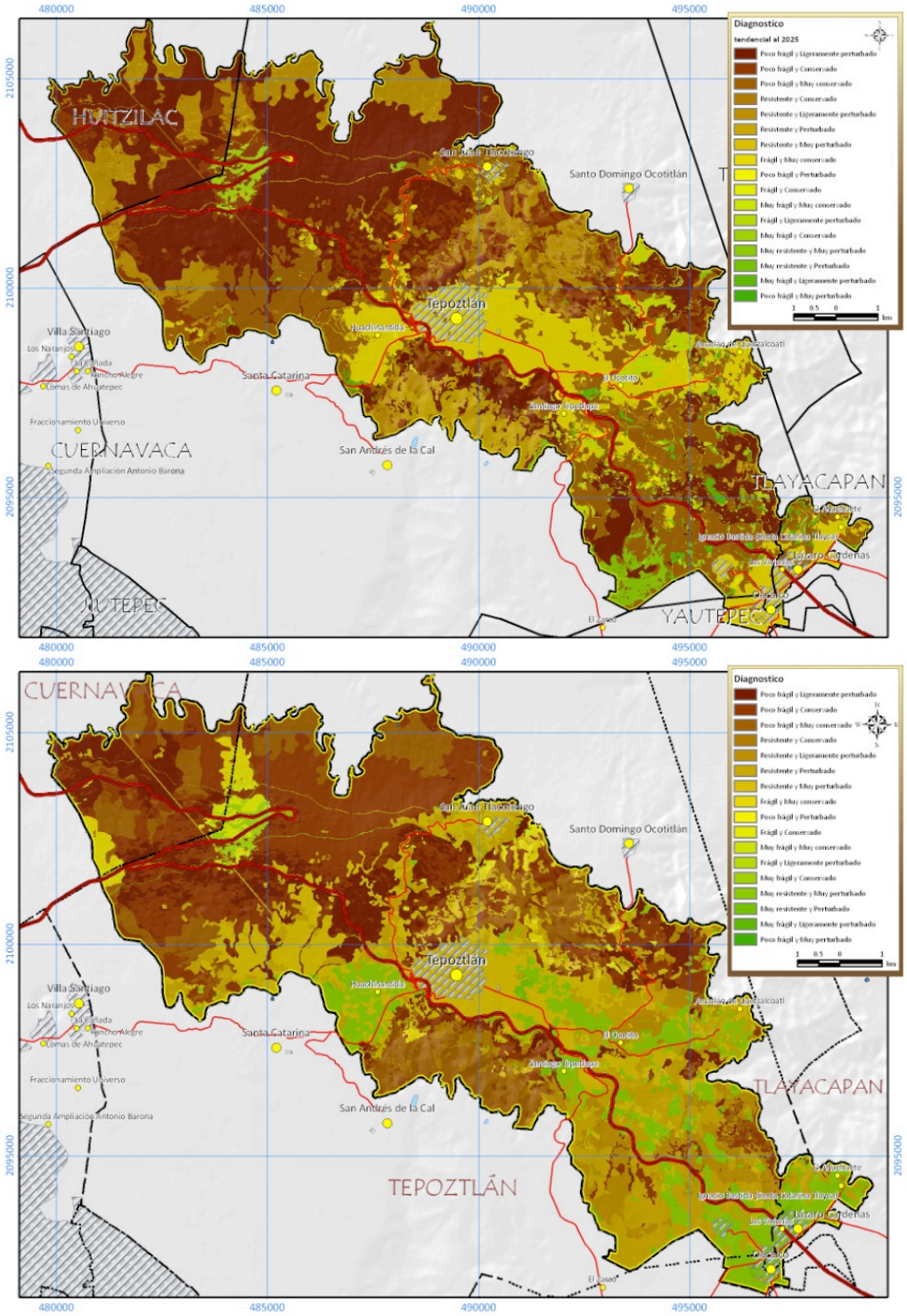


Figura VII.6. Izquierda: Mapa diagnostico actual. Derecha: Mapa diagnostico tendencial al 2025

Tabla VII.2. Tendencia de cambio en el SAR y escenario a 15 años

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Socioeconómico	El crecimiento anual de la población en Morelos es de 4%, en el caso del SAR, en promedio se tiene una tasa del 1.88%. La población en el SAR es de 27,717 habitantes. El municipio que concentra mayor población es Tepoztlán con 22,739 hab (82.03%) Yautepec con 3,444 (12.42%) y finalmente Tlayacapan con 1,534 hab (5.53%). La pirámide poblacional en el SAR se compone en más del 55% por personas entre los 15 y 59 años;30% menor de 14 año; la población mayor de 60 años, ronda el 15% en promedio. Los asentamientos humanos en el SAR en 1993 ocupaban 790.23 Ha, para el 2019 ocupan 1094.84 Ha. La vocación económica del SAR se orienta hacia las actividades del sector terciario principalmente turísticas, ya que posee factores naturales y culturales que representan variables potenciales de crecimiento para lograr atraer la atención del turismo histórico, cultural y el ecológico, además de ser zona eje para recorridos regionales hacia las zonas de los balnearios, ruta Zapata, ruta de los Conventos, entre otras. Tepoztlán recuperó su posición dentro de los Pueblos Mágicos y el gobierno federal lo considera para incluir en programes federales como el circuito turístico denominado “La magia de nuestras tradiciones y la naturaleza”, con ello se espera incrementar sustancialmente la afluencia de turistas a la zona. La importancia económica del turismo radica en que este rubro significa el 9% a nivel nacional del Producto Interno Bruto y el 12 a nivel estatal. El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001- 2006 establece dentro de sus políticas para Tepoztlán y los municipios en el SAR, el establecimiento de reservas territoriales que satisfagan el crecimiento urbano de forma ordenada. Establecer programas de ampliación, mejoramiento y construcción de la infraestructura básica y el equipamiento urbano. Reactivar la cadena productiva en el sector primario, aprovechando al máximo el suelo apto y la tecnología de punta, principalmente en zonas cercanas a los centros urbanos, en donde la mancha urbana ha reducido los espacios cultivables. Impulsar programas de aprovechamiento del potencial turístico, mediante la promoción en el ámbito nacional e internacional de los recursos naturales, históricos y culturales existentes en la entidad; para el medio ambiente; conservación y control de los ecosistemas de la zona, que por sus características son considerados como protegidos y prohibidos para su urbanización; control de las áreas con potencial para su explotación en el uso urbano con medidas restrictivas, en aquellas zonas con actividades agrícolas de productividad baja. El PMD y el Gobierno Estatal, establecen programas para fortalecer la inversión en el	CONAPO señala que la tasa de crecimiento de Morelos rondara el 4.4%, los municipios en el SAR se mantendrán con una tasa promedio del 2%. La población en el SAR se incrementará 42.32%, asciende a 39,449 habitantes. El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial., así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización. La población entre 0 y 14 años se incrementará en 1.2%; la que se ubica en el rango de entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% la población mayor a 65 años se incrementarán en 113.47%. Para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos a 1,305.59 Ha, a costa de las zonas vegetadas (bosque de encino perturbado; de pino perturbado; inducido de especies exóticas; mixto de pino – encino perturbado; templado con elementos mesófilos; invernaderos; pastizal inducido; Selva baja caducifolia y Selva baja caducifolia perturbada. El turismo se consolida como el eje motor sobre el cual gira la economía en el SAR. El crecimiento urbano y el desarrollo económico estarán especialmente influenciados por el aumento de la atracción de inversiones turísticas y el incremento, de manera significativa, del ecoturismo, ligado a instrumentos políticos para su atracción, como el Plan de Desarrollo Urbano estatal y los planes de desarrollo municipales. Se fortalecerá aun más el sector turismo

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
	sector turístico de la región.	
Uso de suelo y vegetación	La tendencia que se obtuvo al comparar los escenarios 1993-2009, es perdida de vegetación forestal principalmente procedente de la selva baja caducifolia, frente al crecimiento de áreas urbanas. La mancha urbana además crece hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. Los bosque templados han mostrado un cambio generalmente de bosques conservados a bosques perturbados, esto no se genera por el cambio de uso del suelo de forestal a otros, sino que puede deberse a factores de incendio, plagas, extracción de recursos forestales etc. La vegetación riparia ha disminuido su área conservada y se han incrementado las perturbadas, la tendencia indica que las zonas perturbadas permanecerán con las 38.7 Ha existente y la conservada disminuirá hasta tener 1.11 Ha. Los asentamientos humanos y los desechos urbanos son el principal factor de disturbio para este ecosistema. Los terrenos agrícolas han tenido una disminución, en 1993 existían 1130.48 Ha para cultivo, en el 2009 existen 1025.24 Ha, por lo que se han dejado de trabajar 105.24 Ha, esto está vinculada con la lotificación y venta de terrenos para viviendas. Los asentamientos humanos van en aumento, en 1993 existían 790.23 ha, para el 2009 1,094.84 Ha, estas se desarrollaran principalmente en las zonas agropecuarias y de selva baja o acahual, mas no en los bosques de climas templados.	Los bosques templados se mantendrán prácticamente igual en su extensión, sin embargo las zonas conservadas disminuirán y se incrementaran las zonas perturbadas. Esta asociación de bosque templado incluye el bosque de oyamel, pino, encino y mixto en todas sus combinaciones, perturbado y conservado. La selva baja caducifolia tendrá en el 2025 una extensión de 1,253.06 Ha, es decir 73.67 ha menos que en la actualidad La vegetación riparia seguirá sometida a factores antrópicos que llevaran a la reducción de solo 1.11 ha, actualmente existen 3.87 ha de vegetación riparia conservada. La vegetación perturbada se mantendrá igual con 38.7 Ha Las zonas agropecuarias, específicamente las dedicadas a la agricultura tendrán una disminución de 88.95 Ha, las zonas de pastizales inducidos dedicadas a la ganadería se mantendrán estables con 697.36 Ha, actualmente existen 684.58 Ha. Las zonas de ecotono o transición se mantendrán estables en su área .El matorral rosetófilo con el bosque templado mantendrán 123 Ha dentro del SAR La selva baja caducifolia con el bosque templado mantendrán para el 2025 las 712 Ha, actualmente existen 748 Ha. El crecimiento urbano se desarrollara hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. Actualmente existen 1094.84 Ha para el 2025 se incrementaran, 210.75 Ha más.
Fijación de Carbono	La fijación de carbono depende directamente del uso de suelo y vegetación. Como las asociaciones vegetales que más fijan carbono son las de bosque templado y estas tendrán una disminución, esta merma se presenta de forma general en la disminución de fijación de carbono	La tasa de fijación de carbono para el 2020 en todo el SAR se espera en 1’670,199.72 mgC/año, actualmente se fijan1’708,636.82 mgC/año lo que significa una pérdida de fijación en 38,437.1 mgC/año que corresponde al 2.24% de lo que se fijaba en el 2009.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Fauna silvestre	Sustitución de la cubierta vegetal secundaria. La tendencia es un reacomodo de la composición faunística, principalmente en la selva baja caducifolia perturbada y en las áreas agrícolas y zonas de transición, esto debido a la pérdida de 34.34 Ha al año de Agrosistemas, por el aumento de las actividades antrópicas en la zona, lo que se traducirá en la dispersión de aquellas especies menos tolerantes hacia zonas menos impactadas y áreas conservadas de selva baja y bosque de encino Pérdida de hábitat por incremento de 118.5 Ha de vegetación primaria. En los últimos 50 años el SAR ha perdido aproximadamente 5.07% de la vegetación primaria, debido al aumento de las actividades agrícolas, restringiendo a las especies más susceptibles a hacia la selva baja caducifolia conservada y bosques de encino conservados ubicados al Este del SAR, estas aéreas corresponden a los sitios más conservados, la apertura de estos sitios favorecieron la presencia de granívoros y carnívoros generalistas como tlacuache, mapache y cacomixtle, esto debido a la abundancia de pequeños vertebrados asociados a los agrosistemas.	Aumento de especies generalistas hacia los bordes de asentamientos humanos, debido a La presencia de residuos domiciliarios (basura), Se generará un desplazamiento de especies menos tolerantes (aves de rapiña, serpientes) hacia los ecosistemas menos impactados (interior de selva baja caducifolia conservada y bosques de encino) La tendencia para los próximos 15 años es una pérdida de hábitat hacia los bordes de la selva baja caducifolia perturbada y áreas agrícolas, estado debido a que dichas regiones serán aprovechadas para la expansión de las comunidades humanas, está perdida se cuantifica en 144 Ha, es decir 9.6 Ha por año, desde la actualidad al 2025.
Suelo	En el presente, la erosión total promedio es de aproximadamente 53.0 ton/(Ha*año). Existen ciertas zonas de cultivo en las partes altas del SAR, al norte, sin embargo la mayor parte de la superficie cultivable se encuentra en el sur, con pendientes moderadas. El mayor crecimiento urbano que afecta a las comunidades vegetales conservadas se encuentra al pie de los cerros Tepozteco y Zematzin, por la construcción de residencias. Actualmente se erodan potencialmente 624,397.1 ton/año y en el 2025 se espera un decremento de hasta 612,906.3 ton/año., lo que refleja una conversión productiva, donde los cultivos se han abandonado para que la población se avoque al sector comercio y servicios.	Para el 2025 se espera una disminución de hasta 1.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 11,776.4 ton/año. Lo anterior significa un decremento de 1.9% en el mencionado período de tiempo. Se espera una disminución de la superficie de zonas de pastizales y cultivos que estarán ocupados por viviendas dentro y alrededor del Valle de Atongo, en las localidades de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa.
Infiltración	En el presente se calculan 217.1 mm/año (2.6 Mm^3) mientras que al 2025 se esperan 25.4 Mm^3. Los sitios amenazados son las supramicrocuencas Quahuistepec y Acolapan, por el aprovechamiento de los bosques.	Para el 2025 se espera una recarga promedio de 215.7 mm/año en todo el SAR (25.4 Mm^3). Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Las principales afectaciones dentro del SAR se darán en el Poniente, Norte y centro del SAR.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Escurrimiento	En el presente, el escurrimiento calculado es de 222.7 mm/año y la mayor parte de él, se concentra en la comunidad de San Juan Tlacotenco, Tepoztlán y Norte de Santa Catarina. En el presente escurre un total de 26.2 Mm3.	El escurrimiento superficial al 2025 será hasta los 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. El volumen de escurrimiento esperado es de 26.4 Mm^3. Las principales zonas que contribuirán al incremento del escurrimiento son las degradadas a partir de bosques conservados o perturbados. El aumento del escurrimiento se deberá al incremento en la superficie de suelos desnudos o desprovistos de vegetación para actividades como el pastoreo o la agricultura de temporal.
Fragilidad	Actualmente el SAR está regido por la categoría *resistente* en un 36.80% (4,326.61 Ha) y por la categoría *ligeramente frágil* en 35.56% (4,180.60 Ha) y en un escenario a 15 años, se espera un incremento poco significativo de las zonas resistentes, ligeramente frágiles y muy resistentes, a diferencia de esto, las zonas *frágiles* y *muy frágiles* tenderán a decrecer.	Las zonas *resistentes* ganaran 164.52 Ha, contando para el 2025 con 4,491.13 Ha (38.20%). Las *ligeramente frágiles* se incrementarán 420.59 Ha, contando con 4,601.19 Ha (39.14%). Las *muy resistentes* también presenta un comportamiento similar, pues se extenderán 166.38 Ha, representando 4,491.13 Ha (2.59%). En oposición a esto las zonas frágiles perderán 737.51 Ha, ocupando solo 2,266.60 Ha (19.28%). Las zonas muy frágiles, para el 2025 solo representaran el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significara un decremento de 13.98 Ha.

Factor Ambiental	Tendencia	Escenario tendencial a 15 años
Estado de conservación	El SAR muestra diferentes categorías de conservación, dependiendo de la zona a la que se refiera, debido esto principalmente a la influencia humana, es decir a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen, en un escenario a 15 años las zonas que tendrán un decremento son las zonas conservadas, muy conservadas y las ligeramente perturbadas; contrastantemente las zonas que tenderán a crecer son las perturbadas y muy perturbadas.	En un escenario tendencial a 15 años las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR; a diferencia de esto, las zonas catalogadas como Muy perturbadas se incrementaran en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.
Diagnostico	Las zonas muy perturbadas tenderán a crecer, ya que dependen en buena parte del crecimiento urbano, además de la intervención humana sobre todo en sitios conservados por la extracción de recursos naturales o por factores de incendio y plagas; este crecimiento será a costa sobre todo de las zonas ligeramente frágiles y perturbadas y en menor dominio las frágiles y conservadas, pues la mancha urbana tendera a crecer sobre áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería, por lo que el balance para estas zonas será negativo.	Las zonas muy resistentes y perturbadas tendrán un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas resistentes-perturbadas y muy perturbadas, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente; actualmente estas zonas ocupan 2,527.64 y 1,618.35 Ha, para el 2025 se incrementaran en 2,600.45 y 1,700.49 Ha respectivamente, significando esto un incremento de cerca del 6%. Las zonas frágiles tenderán a reducirse perceptiblemente; pues actualmente ocupan 3004.11Ha y para el 2025 solo ocuparan 2,266.60 Ha, con una pérdida de 737.51 Ha frente al incremento de las ligeramente frágiles y conservadas que tendrán para este periodo un decremento de 553.03 Ha.

VII.2 Escenario ambiental con el proyecto

Para evaluar el escenario tendencial del SAR con proyecto, al escenario tendencial de 2025 sin proyecto, la construcción del segundo cuerpo a la derecha del cuerpo actual del Km 0+800 al km 21+000, dentro del derecho de vía de la Autopista; el cuerpo actual se modernizará para que cumpla con los 24 m de corona y un área entre ceros que en muchos de los tramos ocupará la totalidad del derecho de vía; además se incluye un carril más para el acceso a la autopista México - Cuernavaca en el Entronque La Pera, así mismo la modernización del entronque Tepoztlán, el entronque Oacalco y la construcción de uno nuevo denominado San Juan. Se siguió entonces la metodología descrita en el punto IV.4.1 (Capítulo IV); utilizando las tendencias del escenario 1993 al 2009 y extrapolando al escenario 2025 con proyecto.

Los escenarios tendenciales al 2025 con o sin proyecto son muy similares, debido a que el escenario tendencial, obedece a procesos que se van dando desde hace décadas y que son difíciles de revertir, y van más allá de la modernización de una carretera cerrada de cuota. En tanto, los impactos del proyecto hacia el SAR serán entonces aquellas diferencias entre los escenarios tendenciales al 2025 con y sin proyecto, tal como se describe a continuación (Tabla VII.3).

Tabla VII.3. Comparativo de áreas del Uso de Suelo y Vegetación entre los escenarios pasado, actual y tendencial con y sin proyecto

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Zona agrícola	1,130.48 Ha	1,025.24 Ha	936.29 Ha	936.06 Ha
Pastizal inducido	707.66 Ha	684.58 Ha	697.36 Ha	695.59 Ha
Invernaderos	7.19 Ha	7.46 Ha	7.39 Ha	7.39 Ha
Infraestructura mixta	10.66 Ha	28.07 Ha	28.07 Ha	27.68 Ha
Vegetación secundaria	1,317.65 Ha	1,313.95 Ha	1,339.08 Ha	1,333.02 Ha
Asentamientos humanos	790.23 Ha	1,094.84 Ha	1,305.59 Ha	1,304.11 Ha
Carretera pavimentada	83.64 Ha	84.22 Ha	84.22 Ha	107.1 Ha
Terracería	52.64 Ha	53.4 Ha	50.89 Ha	50.87 Ha
Selva baja caducifolia perturbada	883.48 Ha	841.41 Ha	808.69 Ha	808.02 Ha
Selva baja caducifolia	562.79 Ha	485.86 Ha	444.91 Ha	444.89 Ha
Zona de transición entre selva baja caducifolia y bosque templado	811.34 Ha	748.09 Ha	712.44 Ha	712.44 Ha
Bosque de encino	1,899.53 Ha	1,739.52 Ha	1,631.46 Ha	1,631.26 Ha
Bosque de encino perturbado	1,109.8 Ha	1,246.02 Ha	1,324.98 Ha	1,323.01 Ha
Bosque mixto de pino-encino	980.98 Ha	919.41 Ha	880.58 Ha	880.58 Ha

Uso de suelo o tipo de vegetación	1993	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Bosque mixto de pino-encino perturbado	349.48 Ha	412.59 Ha	449.09 Ha	449.09 Ha
Bosque de pino	51.67 Ha	45.83 Ha	42.31 Ha	42.31 Ha
Bosque de pino perturbado	7.98 Ha	13.92 Ha	17.09 Ha	17.09 Ha
Bosque templado con elementos mesófilos	23.52 Ha	23.66 Ha	23.57 Ha	23.57 Ha
Bosque de oyamel	147.22 Ha	146.99 Ha	146.7 Ha	146.7 Ha
Matorral rosetofilo cracicaule	153.8 Ha	153.73 Ha	153.73 Ha	153.6 Ha
Zona de transición entre matorral rosetofilo y bosque templado	123.45 Ha	123.22 Ha	123.17 Ha	122.8 Ha
Bosque inducido de especies exóticas	218.54 Ha	232.09 Ha	220.77 Ha	212.28 Ha
Vegetación riparia perturbada	14.07 Ha	38.74 Ha	38.71 Ha	38.45 Ha
Vegetación riparia	28.56 Ha	3.87 Ha	1.11 Ha	1.11 Ha
Zona arqueológica	0.21 Ha	0.2 Ha	0.2 Ha	0.2 Ha
Zona sin vegetación aparente	13.96 Ha	13.87 Ha	12.38 Ha	11.59 Ha
Rocas	277.27 Ha	276.67 Ha	276.67 Ha	276.67 Ha
Derecho de vía (CFE)	18.23 Ha	18.3 Ha	18.3 Ha	18.27 Ha

Como es de observarse, los cambios en el uso de suelo no son significativos entre el tendencial con proyecto y el tendencial sin proyecto, pues básicamente los cambios que se presentaran en el SAR están ligados a las actividades de desmonte, las cuales corresponden a 89.681 Ha de vegetación donde se incluyen Bosque de encino, Selva baja caducifolia y un área de transición entre ambos ecosistemas, en distintos estadios sucesionales y normalmente en combinación con especies exóticas. Como se muestra en la figura V.5. la vegetación forestal en el tendencial con proyecto no difiere representativamente del tendencial sin proyecto, pues los cambios se dan en el tiempo y la simple ampliación y modernización de una carretera no genera cambios drásticos en la predisposición de un sistema.

En general, en los otros usos de suelo se observa también algunas pérdidas de superficie, pero en pocas hectáreas, como es el caso para la infraestructura mixta, los asentamientos humanos y las terracerías, los cuales en un escenario tendencial sin proyecto ocuparían en conjunto 1,384.55 Ha; no obstante, en el escenario tendencial con proyecto estas mismas categorías solo ocuparían 1,382.66 Ha lo que significa un decremento poco significativo de 1.89 Ha, debido principalmente a que el proyecto contempla cerrar los accesos que se encuentran contiguos a la carretera, los cuales a través del tiempo han generado la existencia de asentamientos irregulares, por tanto, esto en un escenario con proyecto

significará acentuar la disminución de dichos asentamientos y por tanto significara en el decremento de la expansión de la mancha urbana.

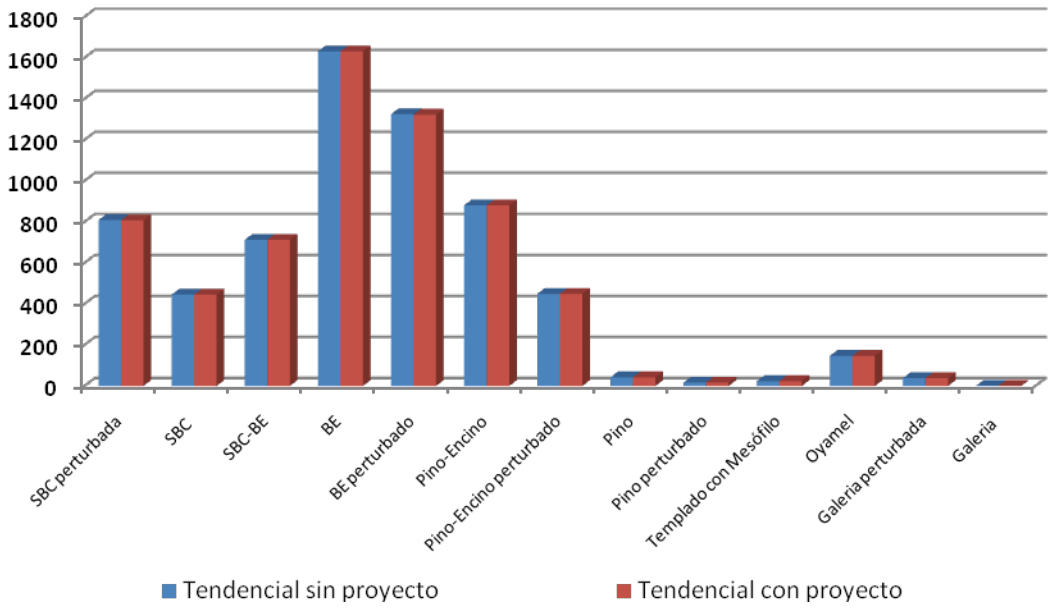


Figura VII.7. Comparativo de los escenarios tendenciales sin proyecto y con proyecto en cuanto a la vegetación forestal del SAR

Por tanto, este decremento en la expansión de la mancha urbana obedecerá de cierta manera a que los habitantes de Tepoztlán procurarán mantenerse en la cabecera municipal para desarrollar actividades del sector terciario, ya que es un importante centro turístico y con la ampliación de la carretera se incentivará la visita a este Pueblo Mágico. Por otra parte las actividades agrícolas se verán beneficiadas ya que podrán sacar sus productos a los centros de abasto con mayor facilidad y condiciones de seguridad, así como hacer llegar los insumos necesarios para la producción, por lo que se mantendrán estable esta actividad.

Actualmente existen caminos no oficiales a lo largo del trazo que dan acceso a comunidades cercanas, toda vez que estos sean cerrados y el acceso sea por otras vías, se inhibirá el crecimiento de estas comunidades en torno al trazo.

Por lo que prácticamente la diferencia en el uso de suelo está basada en el incremento de la carretera pavimentada en un escenario tendencial sin proyecto se cuantificó en 84.22 Ha y en el tendencial con proyecto ascenderá a 107.10 Ha; así como la relativa disminución de ciertos tipos de vegetación ocasionada por el desmonte que requiere el proyecto, los cuales en su mayoría obedecen a vegetación secundaria o inducida, y pastizales que se encuentran dentro del actual derecho de vía de la carretera (Figura VII.8).

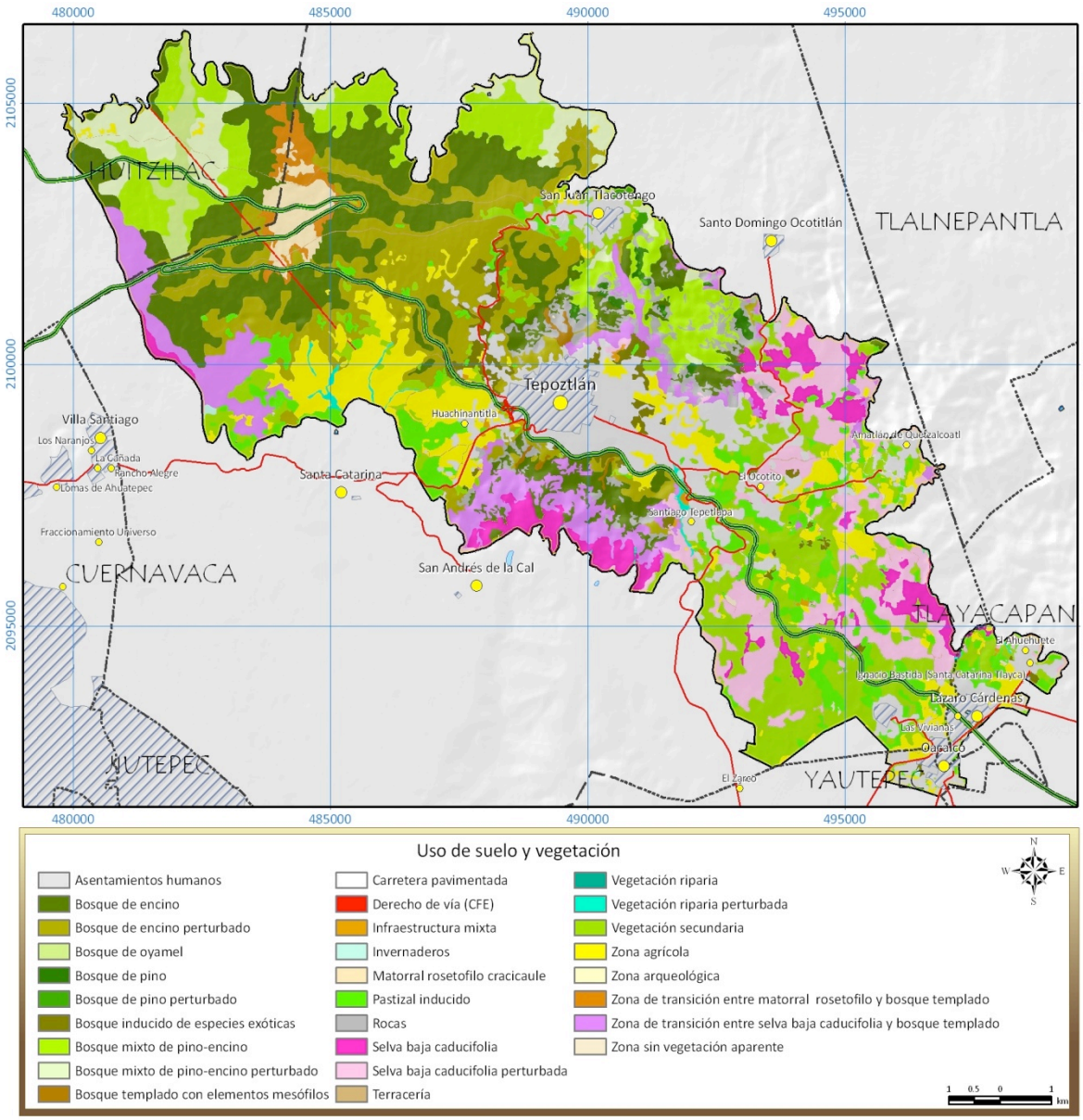


Figura VII.8. Uso de Suelo y Vegetación tendencial al 2025 con proyecto

La fijación de CO_2 no implicará cambios comparando el escenario tendencial sin proyecto, con el tendencial con proyecto; en general, la reducción de la fijación es parte de la dinámica que se ha presentado por años en el SAR, y forma parte de la disminución o alteración de la vegetación. De esta manera se tiene que en 1993 en el SAR se fijaban 68,643.02 mgC, actualmente se fijan 66,404.26 mgC, en un escenario sin proyecto al 2025 se espera haya una fijación de 67,643.92 mgC en la misma superficie de vegetación, evidentemente no se presentará reducción alguna, pues en este mismo periodo pero con proyecto se estima una fijación también del orden de 67,643.92 mgC, esto debido básicamente a que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años aun con la construcción del proyecto.

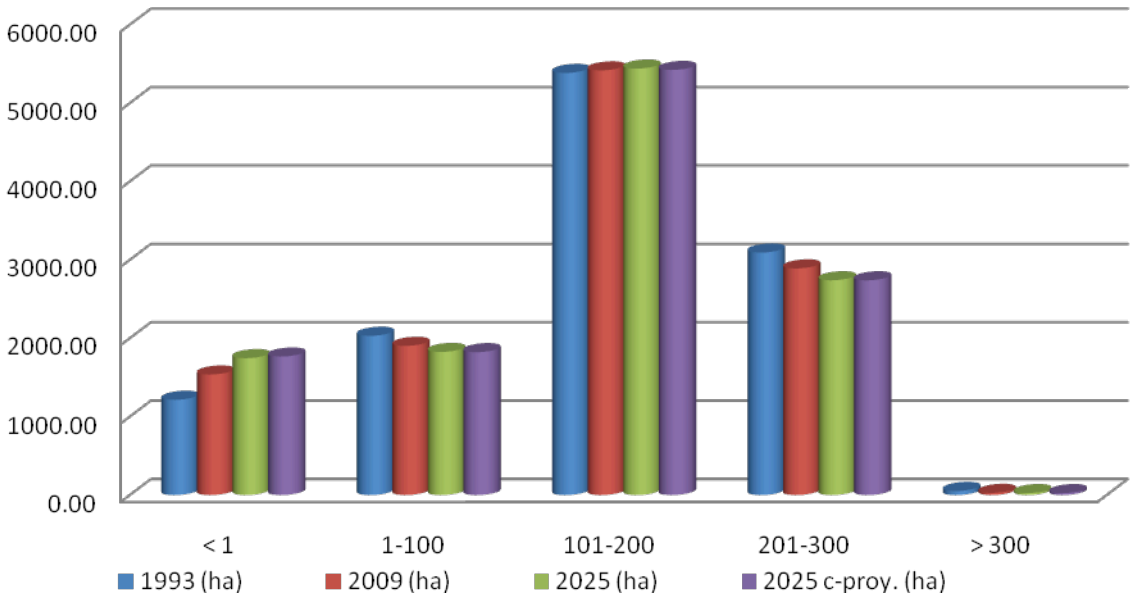


Figura VII.9. Comparativo de los rangos de fijación de carbono en diferentes periodos dentro del SAR

En el caso de la fauna la pérdida de hábitat por la presencia de proyecto en el 2025 aumenta solo el 0.15%, es decir se perderán solo 18.17 Ha por el desmonte de vegetación exótica y algunos elementos de vegetación primaria que se desarrollan sobre áreas perturbadas. Esta afectación solo será perceptible durante los primeros 18 meses de haber entrado en operación el proyecto, ya que después la estructura de las comunidades se restablecerá. Entre las especies que mayores cambios tendrán en los primeros 18 meses por la construcción de este proyecto se encuentran los tlacuaches, cacomixtles, ardillas, ratones, lagartijas, iguanas y algunas aves que presenta hábitos de locomoción terrestres, en este caso tortolitas, correcaminos y zanates, todas ellas son especies que se adaptan fácilmente a la perturbación y se benefician por la mala disposición de los residuos sólidos que hacen desde los automotores (en este caso envolturas de comida, fruta y envases de distintas bebidas. En lo que respecta al resto del sistema la presencia del proyecto no modificara el comportamiento ni la estructura de las comunidades de las especies faunísticas, esto se debe a que el impacto generado por la autovía es específico y no se extiende hacia otras regiones del sistema.

En cuanto al medio físico también se esperan algunas modificaciones, sin embargo estas de igual forma, serán poco significativas si comparamos la perspectiva que se tiene del escenario tendencial sin proyecto y el tendencial con proyecto. Tomando en cuenta que para el 2025 se tiene proyectado el incremento de las zonas perturbadas sobre la disminución de la vegetación natural, así como el cambio de uso de suelo, encontramos que esto se verá reflejado principalmente en la disminución de la infiltración, así como en el incremento del escurrimiento.

El escurrimiento superficial En el presente es de 222.7 mm/año, equivalente a 26.2 Mm^3; para el 2025 en un escenario sin proyecto se tiene previsto que será de 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR equivalente a un volumen de 26.4 Mm^3, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. A diferencia de esto, en un escenario con proyecto se espera un escurrimiento superficial promedio de 224.4 mm/año, que aplicado a todo el SAR equivale a 26.4 Mm^3. La diferencia con respecto al escenario sin proyecto es de 0.1 mm/año, es decir, 0.04%, que resulta un cambio mínimo de volumen. Este aumento mínimo, ocurriría sobre el derecho de vía a pavimentar, principalmente entre los Km 2+000 y 3+000 de la carretera La Pera – Cuautla, entre bosques de encino, matorral rosetófilo y bosque inducido de especies exóticas.

En lo que se refiere a la infiltración, se encontró que en un escenario tendencial a 15 años sin proyecto se calcula en promedio de 215.7 mm/año dentro de todo el SAR (11,776.4 Ha) que equivale a 25.4 Mm^3, mientras que en el mismo periodo pero en un escenario con proyecto, se espera haya una disminución en la infiltración de 0.2 mm/año; esto resultaría en una infiltración promedio para el SAR de 215.5 mm/año, equivalente a un volumen de 25.4 Mm^3, es decir, una disminución de 0.09% con respecto al escenario tendencial sin proyecto, producto de la pavimentación de una superficie adicional que en tiempo presente está ocupado por vegetación secundaria, introducida y algunos elementos primarios. Dicha disminución se dará principalmente entre los Km 2+000 y 3+000 de la carretera La Pera – Cuautla.

En el presente la erosión total promedio es de aproximadamente 53.0 ton/(Ha*año) equivalente a 624,397.1 ton/año, mientras que para el 2025 se espera una disminución neta hasta las 52.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 612,906.3 ton/año. Lo anterior significa una disminución de 1.9% en el mencionado período de tiempo. En el escenario tendencial al 2025 con proyecto, se pavimentará una superficie adicional al trazo actual de la carretera La Pera-Cuautla, por lo que desaparecerán los suelos parcialmente expuestos y disminuirá la erosión en el trazo. Sin embargo, también se prevé un mínimo incremento de la erosión en la parte sur del SAR con respecto al escenario tendencial sin proyecto, es decir, sobre pastizales y selva baja caducifolia, quedando en una pérdida promedio de 52.12 ton/(Ha*año), equivalente a 613,933.9 ton/año, cifra inferior a la erosión en el presente.

Analizando los resultados obtenidos para la fragilidad tendencial con proyecto al 2025, se observó un incremento a 322.88 Ha en las zonas muy resistentes, comparando lo esperado sin proyecto para este mismo periodo registrado en 304.79 Ha, por lo que este incremento significa la adición de 18.09 Ha; las zonas frágiles en el tendencial sin proyecto cuentan con una superficie de 2,266.6 Ha, y en un escenario con proyecto ascienden a 2,268.47 Ha, significando un incremento de estas zonas de 1.87 Ha. A diferencia de esto, las zonas ligeramente frágiles, muy frágiles y resistentes tenderán a decrecer en un escenario con proyecto; las áreas denominadas resistentes son las que perderán mas superficie con respecto al resto, pues en un escenario sin proyecto se muestran con una superficie de 4,491.13 Ha y en el escenario ya con proyecto solo ocuparan 4,476,92 Ha, lo que significa una disminución de 14.21 Ha. Para las zonas ligeramente frágiles en un escenario sin proyecto cuentan con una superficie de 4,601.19 Ha, en este mismo lapso pero con proyecto se estiman en 4,595,64 Ha, lo que se cuantifica en una reducción de 5.55 Ha; finalmente para las zonas muy frágiles se tiene reportada una superficie de 91.84 Ha en un escenario sin proyecto, en este mismo tiempo pero en el tendencial con proyecto se estiman en el rango de 91.64 Ha, lo que da como perdida un área de 0.2 Ha, significando escasamente una disminución. En tanto, las diferencias en la fragilidad comparativamente con ambos

escenarios nos arroja resultados poco significativos, y por tanto cambios poco evidentes (Figura VII.10).

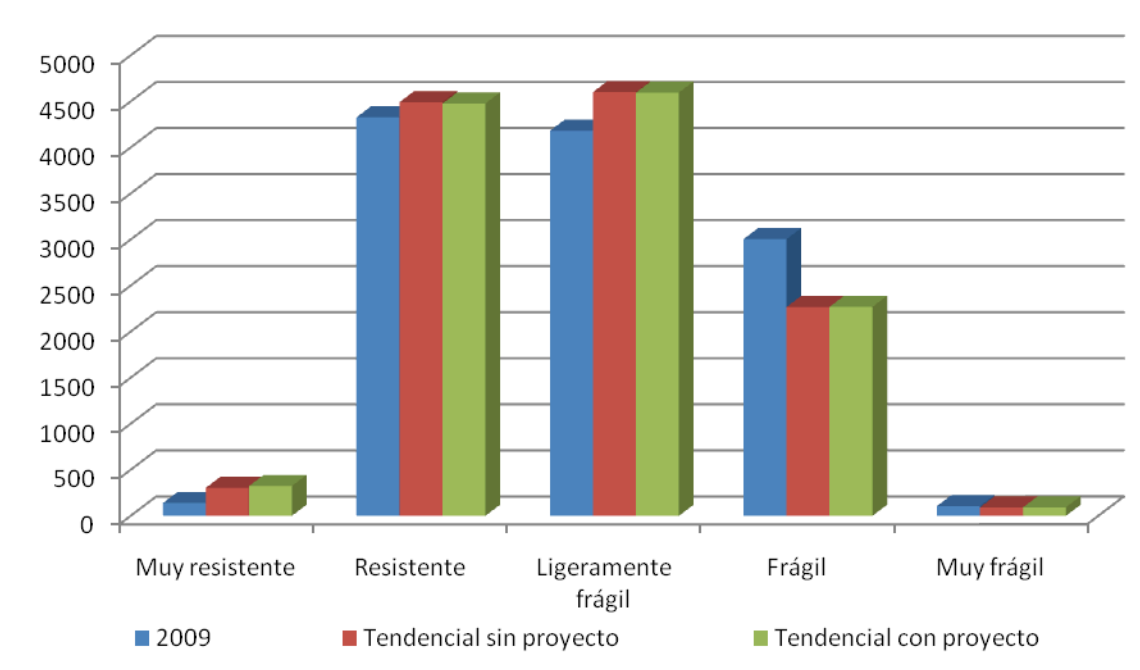


Figura VII.10. Comparación del estado actual, el tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 de la fragilidad ambiental del SAR en sus cinco categorías

En cuanto al estado de conservación del SAR actualmente el SAR revela diferentes categorías de conservación, esto dependiendo de la zona a la que se refiera, debido principalmente a la influencia humana, es decir a las actividades que se han realizado en dicha zona y al uso de suelo o cubierta vegetal que mantienen; en este sentido, en un escenario tendencial con proyecto, se observa una pérdida de 902.29 Ha de la categoría muy perturbado, pues en el tendencial sin proyecto esta categoría ocupa una superficie de 1,900.28 Ha y en el tendencial con proyecto solo representa 997.99 Ha; de igual forma en la categoría conservado se observa una reducción del orden de las 360.01 Ha, por lo que en el escenario con proyecto solo cuenta con 4,515.38 Ha que contrasta con las 4,875.39 Ha que representa en el tendencial sin proyecto.

Dentro de las categorías que tienden a incrementar sus superficie se encuentran las descritas como muy conservadas, las cuales en un escenario sin proyecto figuran 1,641.28 Ha, y en el tendencial con proyecto muestran 2,158.89 Ha, significando un incremento de 517.61 Ha. De igual forma la categoría perturbado tiende a sufrir un incremento en su superficie, pues en el tendencial sin proyecto solo exhibe un área de 2,870.67 Ha y ya con el proyecto podrá presentar una superficie de hasta 3,359.97 Ha, lo que figura el incremento de 489.3 Ha. Finalmente la categoría ligeramente frágil, también presentará un incremento del orden de las 255.39 Ha, pues en el tendencial sin proyecto su superficie fue calculada en 467.93 Ha y en un escenario con proyecto esta se cuantifica en 723,32 Ha (Figura VII.11).

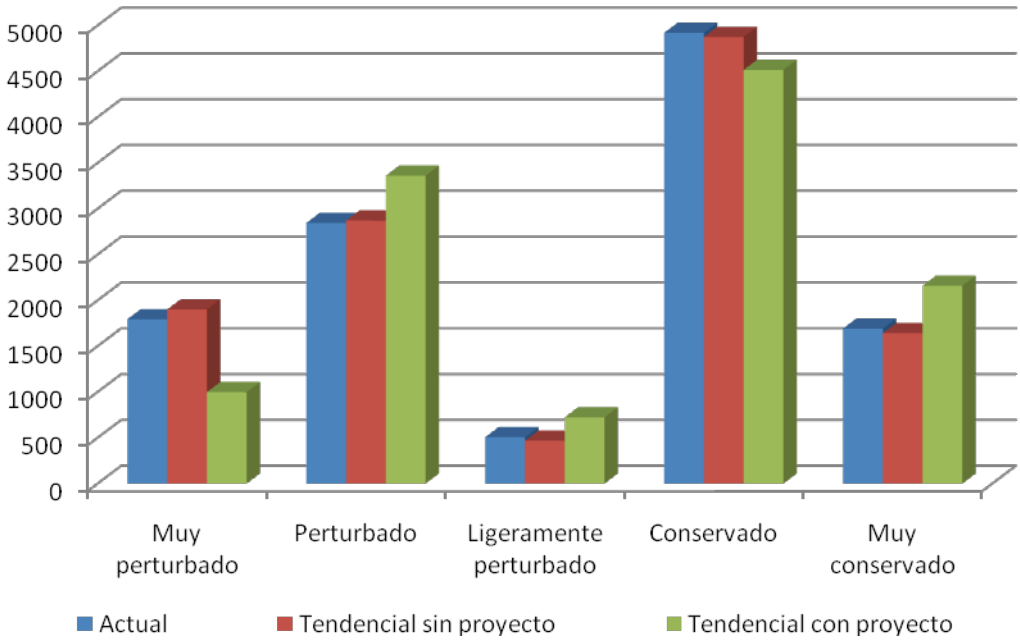


Figura VII.11. Comparación del escenario actual, tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 del estado de conservación del SAR en sus cinco categorías

Partiendo de lo actual se encontró que el 26.97% (3,170.84 Ha) del SAR presenta zonas catalogadas como ligeramente frágiles y conservadas, otro 21.50% lo representan las resistentes y perturbadas, lo que se traduce en 2,527.64 Ha; las zonas frágiles y conservadas ocupan 1,656.35 Ha constituyendo el 14.09%; y las zonas resistentes y muy perturbadas que componen el 13.77% del SAR, es decir 1,618.35 Ha.

En un escenario tendencial a 15 años con proyecto las zonas consideradas como ligeramente frágiles y conservadas, representarán 3,702.06 Ha de las 3,723.87 Ha que se prevén en un escenario sin proyecto, lo que significaría la reducción de dicha categoría en 21.81 Ha, esto frente de las zonas frágiles y muy conservadas que verán un incremento de 291.45 Ha, de esta forma de las 1,192.40 Ha que representan en el escenario sin proyecto se incrementaran a 1,483.85 Ha en un escenario ya con proyecto.

Las zonas que también tendrán una pérdida significativa son las resistentes y muy perturbadas, pues en un escenario sin proyecto se cuantifican en 1,700.49 Ha y contrastantemente en un escenario con proyecto solo representarían 838.80 Ha, significando esto una disminución de 861.69 Ha. De la misma manera se comportan las zonas frágiles y conservadas, pues sin proyecto se cuantifican en 1,068.32 Ha y con proyecto tendrán una disminución de 284.82 Ha, de esta manera se reducirán a 783.5 Ha. Las ligeramente frágiles y ligeramente perturbadas también sufrirán una disminución, esta del orden de las 132.22 Ha, es decir en un escenario con proyecto se reducirán a 139.66 Ha de las 271.88 que utilizarían en un escenario sin proyecto. De igual forma las zonas ligeramente frágiles y perturbadas con las muy frágiles y conservadas experimentaran una disminución de superficie, en el primero de los casos esta reducción será de 7.01 Ha, quedando en 138.12 Ha de las 145.13 Ha que representarían sin el proyecto; las segundas perderán 53.38 Ha,

quedando de esta manera con 29.82 Ha comparativamente con 83.20 Ha que utilizarían en el escenario sin proyecto.

Otras categorías que seguirán la misma dinámica, es decir que experimentaran una reducción de sus superficies en un escenario con proyecto son las ligeramente frágiles y muy perturbadas, así como las catalogadas como muy frágiles y muy conservadas y las frágiles y ligeramente perturbadas; con una pérdida de 17.49 Ha, 126.54 y 4.76 Ha respectivamente, de forma que las superficies que ocuparan un escenario con proyecto son del orden de las 2.58 Ha en el primero de los casos, así como 61.82 y 1.1 Ha para las muy frágiles y muy conservadas y las frágiles y ligeramente perturbadas.

A diferencia de lo ocurrido con estas zonas, las catalogadas como resistentes y perturbadas serán las que mayor incremento en su superficie percibirán, pues de las 2,600.45 que ocuparían en un escenario sin proyecto ganarían en promedio 455.11 Ha de esta forma se estima en un escenario con proyecto estarían utilizando una superficie de 3,055.56 Ha, de igual forma las zonas resistentes y ligeramente perturbadas, que tienden a tener un incremento de 392.37 Ha en un escenario con proyecto, lo que significa que en total contarían con una superficie de 582.56 Ha de las 190.19 Ha que ocuparían en un escenario sin proyecto. Del mismo modo las áreas ligeramente frágiles y muy conservadas, así como las muy resistentes y muy perturbadas experimentaran un incremento en su superficie con respecto al escenario sin proyecto, quedando con una superficie de 613.22 Ha y 156.61 Ha, con un incremento de 172.98 Ha y 31.54 Ha respectivamente (Tabla VII.4).

Tabla VII.4. Superficie de las diferentes categorías que componen el diagnostico del SAR en un escenario actual, tendencial con y sin proyecto

Diagnóstico	Actual	Tendencial sin proyecto	Tendencial con proyecto
Frágil y Conservado	1,656.35 Ha	1,068.32 Ha	783.5 Ha
Frágil y Ligeramente perturbado	12.91 Ha	5.86 Ha	1.1 Ha
Frágil y Muy conservado	1,334.61 Ha	1192.4 Ha	1,483.85 Ha
Ligeramente frágil y Conservado	3,170.84 Ha	3,723.87 Ha	3,702.06 Ha
Ligeramente frágil y Ligeramente perturbado	312.8 Ha	271.88 Ha	139.66 Ha
Ligeramente frágil y Muy conservado	343.67 Ha	440.24 Ha	613.22 Ha
Ligeramente frágil y Muy perturbado	55.57 Ha	20.07 Ha	2.58 Ha
Ligeramente frágil y Perturbado	297.72 Ha	145.13 Ha	138.12 Ha
Muy frágil y Conservado	91.71 Ha	83.2 Ha	29.82 Ha
Muy frágil y Muy conservado	0 Ha	188.36 Ha	61.82 Ha
Muy resistente y Muy perturbado	18.58 Ha	125.07 Ha	156.61 Ha
Muy resistente y Perturbado	2,527.64 Ha	2,600.45 Ha	1,660.27 Ha
Resistente y Ligeramente perturbado	180.62 Ha	190.19 Ha	582.56 Ha
Resistente y Muy perturbado	1,618.35 Ha	1,700.49 Ha	838.8 Ha
Resistente y Perturbado	2,527.64 Ha	2,600.45 Ha	3,055.56 Ha

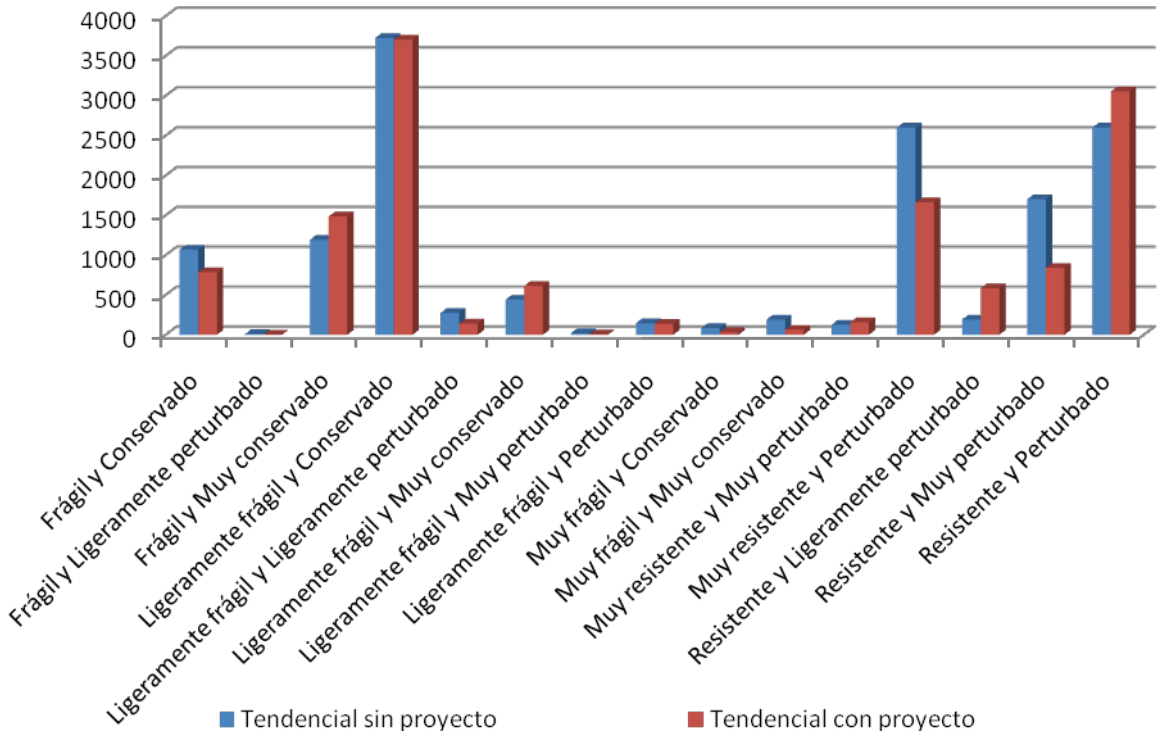


Figura VII.12. Comparación del escenario tendencial sin proyecto y con proyecto al 2025 del diagnostico ambiental del SAR

En la Tabla VII.5, se presenta un resumen de lo expuesto en párrafos precedentes se describe la afectación, la tendencia sin proyecto y con proyecto, relacionando de esta forma un escenario a 15 años si las tendencias no fueran modificadas.

Tabla. VII.5. Descripción de los impactos del SAR integrando los ocasionados o agravados por el proyecto

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
CONAPO señala que la tasa de crecimiento de Morelos rondara el 4.4%, los municipios en el SAR se mantendrán con una tasa promedio del 2%. La población en el SAR se incrementará 42.32%, asciende a 39,449 habitantes. El crecimiento de la población del SAR demandará, especialmente para Tepoztlán, mejores vías de comunicación y vivienda tanto del orden vacacional, como residencial, así como la dotación de servicios como agua, energía eléctrica, drenaje, salud, educación y urbanización. La población entre 0 y 14 años se incrementó en 1.2%; la que se ubica en el rango de entre 15 y 64 años registrará un incremento de hasta 31.34% la población mayor a 65 años se incrementarán en 113.47%. Para 2025 aumentarán las hectáreas dedicadas a asentamientos humanos a 1,305.59 Ha, a costa de las zonas vegetadas (bosque de encino perturbado; de pino perturbado; inducido de especies exóticas; mixto de pino – encino perturbado; templado con elementos mesófilos; invernaderos; pastizal inducido; Selva baja caducifolia y Selva baja caducifolia perturbada. El turismo se consolida como el eje motor sobre el cual gira la economía en el SAR y las actividades primarias se mantienen estables El crecimiento urbano y el desarrollo económico estará especialmente influenciado por el aumento de la atracción de inversiones turísticas y el incremento, de manera significativa, del ecoturismo, ligado a instrumentos políticos para su atracción, como el Plan de Desarrollo Urbano estatal y los planes de desarrollo municipales. Se fortalecerá aun más el sector turismo	**Impacto 7**. Derrama económica en los poblados del SAR po agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos. Las actividades agrícolas se mantienen estables, el proyecto facilita el traslado de productos a centros de abasto y la recepción de insumos. Las actividades turísticas se incrementarán por la comodidad que significará para el turist acceder a Tepoztlán por una carretera de altas especificacio **Impacto 8**. Agilización del transporte a través de la carretera No.115 D La Pera–Cuautla. Se reduce el índice de accidentes, debido a las nuevas especificaciones de la vialidad.

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto

I

El escenario tendencial que se espera para el 2025 sin proyecto es que los bosques templados se mantengan prácticamente igual en su extensión, sin embargo las zonas conservadas disminuirán y se incrementaran las zonas perturbadas. Esta asociación de bosque templado incluye el bosque de oyamel, pino, encino y mixto en todas sus combinaciones, perturbado y conservado. La selva baja caducifolia tendrá en el 2025 una extensión de 1,253.06 Ha, es decir 73.67 ha menos que en la actualidad.

La vegetación riparia seguirá sometida a factores antrópicos que llevaran a la reducción de solo 1.11 ha, actualmente existen 3.87 ha de vegetación riparia conservada. La vegetación perturbada se mantendrá igual con 38.7 Ha; las zonas agrícolas tendrán una disminución de 88.95 Ha, las zonas de pastizales inducidos dedicadas a la ganadería se mantendrán estables con 697.36 Ha, actualmente existen 684.58 Ha.

Las zonas de ecotono o transición se mantendrán estables en su área .El matorral rosetófilo con el bosque templado mantendrán 123 Ha dentro del SAR

La selva baja caducifolia con el bosque templado mantendrán para el 2025 las 712 Ha, actualmente existen 748 Ha.

El crecimiento urbano se desarrollara hacia áreas con uso agropecuario, especialmente las zonas dedicadas a la agricultura más que a la ganadería. Actualmente existen 1094.84 Ha para el 2025 se incrementaran, 210.75 Ha más.

Impacto 4. Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Este impacto es acumulativo con el cambio de uso de suelo tendencial del SAR.

Se desmontará una superficie considerada forestal según definiciones de la LGDFS y su reglamento de 89.681 Ha. De no forestal se afectará un área de 38.25 de pastizales induci que en algunos casos soportan reforestaciones exclusivas d especies exóticas entre las que destacan la jacaranda (origir de sudamerica) y el eucalipto (originario de Australia); en 19 se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exótica por eso hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas, pero se consideró forestal por en su conjunto entra en la definición de forestal que señala la mencionada. Entre la vegetación forestal se consideron las mezclas de especies exóticas con matorral micrófilo, bosque encino, selva baja caducifolia y la mezcla ecotónica de selva baja con bosque de encino. Es importante señalar que los valores floristicos que se presenta dentro del derecho de vía difiere grandemente con sus terrenos vecinos fuera del DV, debido a que se trata de un área antropizada sujeta a mantenimiento continuo de sus áreas verdes.

El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,380.19 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol) (Tabla II.8) se donará al municipio de Tepoztlán (que a su vez lo entrega las localidades), para ello estará en la supervisión un Ing. Forestal marcando con el martillo los árboles retirados y su ubicación para que se les entregue al ejido correspondiente limita con el DV).

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
La tasa de fijación de carbono para el 2025 sin proyecto en todo el SAR se espera en 1’670,199.72 mgC/año, actualmente se fijan1’708,636.82 mgC/año lo que significa una pérdida de fijación en 38,437.1 mgC/año que corresponde al 2.24% de lo que se fijaba en el 2009.	**Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Es acumulativo con la fijación de carbono por el cambio de u de suelo tendencial del SAR. La fijación de CO_2 no implicara cambios comparando el escenario tendencial sin proyecto co tendencial con proyecto; la reducción de la fijación es parte d dinámica que se ha presentado por años en el SAR, y forma parte de la disminución o alteración de la vegetación. En 199 en el SAR se fijaban 68,643.02 mgC, actualmente se fijan 66,404.26 mgC, en un escenario sin proyecto al 2025 se esp haya una fijación de 67,643.92 mgC y evidentemente no se presentara reducción alguna, pues en este mismo periodo pe con proyecto, se estima una fijación también del orden de 67,643.92 mgC, esto debido básicamente a que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años aun d la construcción del proyecto.
En un escenario sin proyecto se espera el aumento de especies generalistas hacia los bordes de asentamientos humanos, debido a La presencia de residuos domiciliarios (basura), Se generará un desplazamiento de especies menos tolerantes (aves de rapiña, serpientes) hacia los ecosistemas menos impactados (interior de selva baja caducifolia conservada y bosques de encino) La tendencia para los próximos 15 años es una pérdida de hábitat hacia los bordes de la selva baja caducifolia perturbada y áreas agrícolas, estado debido a que dichas regiones serán aprovechadas para la expansión de las comunidades humanas, está perdida se cuantifica en 144 Ha, es decir 9.6 Ha por año, desde la actualidad al 2025.	**Impacto 5.** Pérdida de hábitat, efecto barrera, efecto de borc riesgo de atropellamiento, sobre la fauna silvestre. Es sinérgico. Por la pérdida de hábitat, se espera un incremento en la población de especies generalistas hacia los bordes de los ecosistemas contiguos al derecho de vía, ya que estas se ve beneficiadas por la mala disposición de los recursos sólidos (vegetales y frutas que son transportados por camiones, así como envolturas y envases de bebidas) y los ejemplares que sean atropellados durante el periodo de operación de esta autovía. En el resto del SAR no se observarán cambios en la composición de la diversidad.

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
Para el 2025 se espera una disminución de hasta 1.0 ton/(Ha*año) en promedio, equivalente a 11,776.4 ton/año. La erosión potencial promedio para el escenario tendencial sin proyecto sería de 52.045 ton/(Ha*año). Lo anterior significa un decremento de 1.9% en el mencionado período de tiempo. Se espera una disminución de la superficie de zonas de pastizales y cultivos que estarán ocupados por viviendas dentro y alrededor del Valle de Atongo, en las localidades de Tepoztlán, Amatlán de Quetzalcoatl y Santiago Tepetlapa.	**Impacto 3.** Pérdida de suelo orgánico debido a las actividad de preparación del sitio para la ampliación del cuerpo del terraplén. Es acumulativo. En el escenario tendencial al 2025 con proyecto, se pavimer una superficie adicional al trazo actual de la carretera La Per Cuautla, por lo que desaparecerán los suelos parcialmente expuestos y disminuirá la erosión en el trazo. Sin embargo, también se prevé un mínimo incremento de la erosión en la parte Sur del SAR con respecto al escenario tendencial sin proyecto, es decir, sobre Pastizales y Selva baja caducifolia, quedando en una pérdida promedio de 52.12 ton/(Ha*año), equivalente a 613,933.9 ton/año, cifra inferior a la erosión en presente.
Para el 2025 se espera una recarga promedio de 215.7 mm/año en todo el SAR (25.4 Mm^3). Esta disminución en la recarga constituye una pérdida del 0.65%, es decir, 0.2 Mm^3 por año. Las principales afectaciones dentro del SAR se darán en el poniente, norte y centro del SAR.	**Impacto 2.** Disminución de la infiltración al acuífero por la ampliación del trazo y riesgo de contaminación por derrame accidental de hidrocarburos. Acumulativo. Se espera que para el 2025, en el escenario con proyecto, h una disminución en la infiltración de 0.2 mm/año con respect escenario tendencial sin proyecto. Esto resultaría en una infiltración promedio para el SAR de 215.5 mm/año, equivale a un volumen de 25.4 Mm^3, es decir, una disminución de 0.0 con respecto al escenario tendencial sin proyecto, producto d pavimentación de una superficie adicional que en tiempo presente es de Vegetación natural. La disminución en la infiltración se dará principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera-Cuautla.

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
El escurrimiento superficial al 2025 será hasta los 224.3 mm/año en promedio dentro del SAR, lo que significa un aumento de 1.6 mm/año o 0.7%. El volumen de escurrimiento esperado es de 26.4 Mm^3. Las principales zonas que contribuirán al incremento del escurrimiento son las degradadas a partir de bosques conservados o perturbados. El aumento del escurrimiento se deberá al incremento en la superficie de suelos desnudos o desprovistos de vegetación para actividades como el pastoreo o la agricultura de temporal.	**Impacto 2.** Disminución de la infiltración al acuífero por la ampliación del trazo y riesgo de contaminación por derrame accidental de hidrocarburos. Acumulativo. Se espera que para el escenario al 2025 con proyecto, se te un escurrimiento superficial promedio de 224.4 mm/año, que aplicado a todo el SAR equivale a 26.4 Mm^3. La diferencia co respecto al escenario sin proyecto, es de 0.1 mm/año, es de 0.04%, que resulta un cambio mínimo, Este aumento mínimo ocurriría sobre el derecho de vía que se pavimentaría, principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera–Cuautla.
En un escenario sin proyecto las zonas *resistentes* ganaran 164.52 Ha, contando para el 2025 con 4,491.13 Ha (38.20%). Las *ligeramente frágiles* se incrementarán 420.59 Ha, contando con 4,601.19 Ha (39.14%). Las *muy resistentes* también presenta un comportamiento similar, pues se extenderán 166.38 Ha, representando 4,491.13 Ha (2.59%). En oposición a esto las zonas frágiles perderán 737.51 Ha, ocupando solo 2,266.60 Ha (19.28%). Las zonas muy frágiles, para el 2025 solo representaran el 0.78% del Sistema, lo que constituye 91.84 Ha, que comparativamente con las 105.82 Ha que ocupan en este momento, significara un decremento de 13.98 Ha.	En un escenario tendencial con proyecto, con respecto a la fragilidad se espera un incremento de las zonas muy resisten de 18.09 Ha partiendo del tendencial sin proyecto, en donde registran en 304.79 Ha, significando esto una superficie de 322.88 Ha; las zonas frágiles se incrementaran a 2,268.47 H con una adición de 1.87 Ha. A diferencia de esto, las zonas ligeramente frágiles, muy frágiles y resistentes tenderán a decrecer en un escenario con proyecto; las resistentes solo ocuparan 4,476,92 Ha, lo que significa una disminución de 1 Ha, las ligeramente frágiles se estiman en 4,595,64 Ha con u reducción de 5.55 Ha y las zonas muy frágiles contaran con 91.64 Ha, con una pérdida de 0.2 Ha.

Escenario tendencial a 15 años sin proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto
I	
En un escenario tendencial a 15 años sin proyecto las zonas muy conservadas perderán 50.99 Ha, con lo que para el 2025 solo contarán con 1,641.28 Ha, representando el 13.96% del SAR; a diferencia de esto, las zonas catalogadas como Muy perturbadas se incrementaran en 106.53 Ha, contando para entonces con 1900.28 Ha y figurando el 16.16%; de igual forma las zonas perturbadas tendrán un incremento de 26.49 Ha, fungiendo el 24.42% con 2,870.67 Ha.	Para el 2025 en un escenario con proyecto, habrá una pérdi de 902.29 Ha en las zonas muy perturbadas, representado s 997.99 Ha; de igual forma en la categoría conservado habrá reducción de 360.01 Ha, por lo que su superficie será de 4,515.38 Ha contrastantemente con las 4,875.39 Ha que representan en el tendencial sin proyecto. Contrariamente la zonas muy conservadas muestran 2,158.89 Ha, significando incremento de 517.61 Ha. De igual forma las zonas perturba que en el tendencial sin proyecto, expresan un área de 2,87 Ha y ya con el proyecto solo representaran 3,359.97 Ha, lo c figura el incremento de 489.3 Ha. La categoría ligeramente frágil, también presentara un incremento del orden de las 25 Ha, con una superficie total de 723,32 Ha en contraste con e tendencial sin proyecto que se estima en 467.93 Ha.
Sin proyecto para el 2025 las zonas muy resistentes y perturbadas tendrán un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas resistentes-perturbadas y muy perturbadas, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente; actualmente estas zonas ocupan 2,527.64 y 1,618.35 Ha, para el 2025 se incrementaran en 2,600.45 y 1,700.49 Ha respectivamente, significando esto un incremento de cerca del 6%. Las zonas frágiles tenderán a reducirse perceptiblemente; pues actualmente ocupan 3004.11Ha y para el 2025 solo ocuparan 2,266.60 Ha, con una pérdida de 737.51 Ha frente al incremento de las ligeramente frágiles y conservadas que tendrán para este periodo un decremento de 553.03 Ha.	En un escenario tendencial a 15 años con proyecto, las zona resistentes y perturbadas tenderán a incrementar en promed una superficie de 455.11 Ha, por lo que contaran con 3,055.5 Ha a diferencia de las 2,600.45 Ha con las que contarían en escenario sin proyecto. De igual forma, las zonas que tiende incrementar en un escenario con proyecto son las ligeramen frágiles y muy conservadas y las frágiles y muy conservadas pues verán un incremento de 172.98 Ha y 291.45 Ha, contar entonces con una superficie de 613.22 Ha y 1,483.85 Ha respectivamente. Las zonas que en un escenario con proyec tenderán a decrecer son las frágiles y conservadas, con una pérdida 284.82 Ha, por lo que su superficie será de 783.5 Ha así mismo las zonas ligeramente frágiles y conservadas experimentaran una pérdida de 21.81 Ha, por lo que su superficie total se estima en 3,702.06 Ha, las zonas resisten muy perturbadas de la misma manera se reducirán 861.69 H contando con una superficie de 838.8 Ha.

VII.3. Escenario ambiental con el proyecto y medidas de mitigación de impactos

Como se ha venido señalando, el escenario tendencial con proyecto y sin proyecto es muy parecido, ya que los procesos de cambio que modifican el SAR son procesos sociales y económicos que llevan una sinergia de su pasado y se suman a los fenómenos que se esperan sigan sucediendo en un futuro; este escenario tendencial no serán modificado por el proyecto perceptiblemente, mucho menos por la implementación de las medidas de mitigación, ya que estas únicamente cumplen la función de reducir, compensar o evitar los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos ocasionados por el proyecto, de esta manera garantizando el menor costo ambiental posible.

De forma que, después de su implementación los cuatro impactos identificados como adversos significativos en el Capítulo V, pasaron a bajos lo que los clasifica como no significativos; el más alto de ellos se debe a la afectación a la fauna durante la preparación de sitio y construcción del cuerpo del terraplén del cuerpo nuevo. Los dos impactos benéficos no fueron mitigados, pues mejorarán perceptiblemente la comunicación del SAR, y el proyecto potencializará la conexión hacia los centros de población y puertos ya que esta Autopista es la vía de acceso desde el Sur del Distrito Federal, vía la Autopista México-Cuernavaca, a los sitios arqueológicos, de recreo y de balnearios que se localizan en los poblados de Tepoztlán, Oacalco, Yautepec, Oaxtepec, Cocoyoc y Cuautla, así como también al centro sur del País, vía Izúcar de Matamoros, Veracruz y Oaxaca.

Así, después de aplicadas las medidas de mitigación, el resultado son 4 impactos adversos residuales del proyecto en la categoría de bajos (Tabla VII.6) estos son impactos no significativos[2] según el método multicriterio aplicado (sección V.3, Capítulo V) y dos impactos residuales benéficos en la categoría de alto y muy alto respectivamente.

Tabla VII.6. Impactos residuales adversos del proyecto

Impacto	Sin MM	Categoría sin MM	MM aplicables	Con MM	Categoría del impacto residual
Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén	0.550	Moderado	MM4 y MM6	0.220	Bajo
Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal	0.633	Alto	MM2 y MM6	0.253	Bajo
Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento	0.890	Muy alto	MM3, MM5 y MM6	0.267	Bajo
Impacto 6. Afectación de los ciclos	0.411	Moderado	MM1, MM4	0.082	Bajo

[2] De acuerdo a la definición establecida por la fracción IX del Artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, se considera Impacto ambiental significativo o relevante a aquel que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto	Sin MM	Categoría sin MM	MM aplicables	Con MM	Categoría del impacto residual
biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio			y MM6		

Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén.

La perdida 292,572 m^3 debido al despalme se compensará mediante el uso de ese material en la remediación de los tramos en desuso y en el programa de reforestación, por lo que el suelo no se perderá sino que utilizará dentro del SAR y quedará finalmente cubierto con reforestación que en 15 años tendrá fisonomía de bosque primario y para arrope de los taludes. Existe riesgo de pérdida de una parte de suelo durante su manejo y por el tiempo que pasará el suelo acamellonado en el banco de tiro sin utilizarse.

Por otro lado, la MM4 fijará los taludes y evitará un efecto borde para el suelo. Con dicha medida el riesgo a erosión o derrumbe en taludes baja significativamente; aunque actualmente existen taludes y no ha habido derrumbes por su tamaño y porque el corte es en material tipo C.

Quedó un impacto residual de 0.220 considerado bajo y por tanto no significativo.

Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal.

Este impacto será compensado mediante la aplicación del programa de restauración que plantea la recuperación de 1,250 Ha dentro del polígono del Texcal, que el programa de manejo del Parque del Tepozteco, lo señala como una zona con ecosistemas alterados que requiere de un programa de restauración, para este programa se realizará un estudio prospectivo del área tanto de flora como de suelos, para que la reforestación aplicada en su tiempo, sea exitosa, también la MM6, señala ciertos indicadores de éxito de su recuperación.

Este impacto quedó con una significancia de 0.253 en la categoría de bajo y por tanto no significativo, fue el segundo más alto de los impactos adversos, por el tiempo que pasará en iniciarse las obras de restauración dentro del Texcal y por el tiempo que pasará en que los árboles sembrados maduren y funjan como nodriza para que se exprese la semilla del banco del suelo y de los animales que la acarrean en sus heces y con ello se restablezca el área como corredor biológico.

Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento.

Este impacto pasó de la categoría de muy alto a bajo, con una significancia de 0.267, el más alto de los residuales, sin ser significativo. Su reducción se debe por un lado a la aplicación del la MM3 que se refiere al ahuyentamiento y reubicación de la fauna que pudiera encontrarse en el derecho de vía y que por tanto vería afectado su hábitat. Aunque la fauna sea removida y ahuyentada en su totalidad debido a la aplicación de la MM3, las poblaciones

de las zonas aledañas donde se muevan los animales desplazados, competirán por espacio y comida, lo que ocasionará una modificación en las poblaciones establecidas, hasta llegar a un nuevo equilibrio.

Una medida de compensación tendiente a reducir el efecto barrera debido a la operación del trazo en uso, es la implementación de la MM5 que se refiere a la construcción de pasos de fauna inferiores; parte de la fauna ya utiliza las alcantarillas existentes para pasar de un lado a otro del trazo, pero otra no pasa por zonas con agua o de dimensiones reducidas, por lo que la MM5 contempla el cercado y modificación de obras de drenaje ya en operación para que puedan servir como pasos, para la fauna que normalmente no pasa por las existentes.

Finalmente la MM6, creará en 15 años 1,250 Ha dentro del Texcal un hábitat de calidad para especies tanto neotropicales como neárticas; ya que la restauración planteada en dicha medida es una zona de transición entre ambas regiones. Las especies de hábitos especialistas tendrán entonces mayor disponibilidad de hábitat dentro del SAR por lo que podrán crecer sus poblaciones sobre las de hábitos generalistas y/o nocivas que actualmente habitan la región que se pretende reforestar.

Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.

Este impacto paso de la categoría de moderado a bajo con la significancia más baja (0.082), ya que se evita mediante la aplicación de las MM1 y MM4 que se desperdicie el material en sitios inadecuados. Si se cumple a cabalidad lo propuesto en dicha medida, el impacto por desperdicio de material quedaría anulado, sin impacto residual.

Este impacto quedó con una significancia de 0.82 esto es no relevante o no significativo[2].

De los impactos residuales significativos benéficos, siguen en la misma categoría, uno alto, y dos muy altos, debido a la propia naturaleza del proyecto:

Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos

Este impacto benéfico tiene una significancia de 0.407 y se consideró moderado. No es alto, porque actualmente existe una vía de menores especificaciones que cubre la ruta, esa es la vía que será modernizada y por lo tanto aumentará la seguridad y velocidad en el traslado. Con ello se espera que lleguen más turistas a la región con su consecuente derrama económica.

Los pobladores de las localidades por donde cruza el trazo desarrollan actividades primarias y terciarias, la modernización de esta vialidad favorecería su desplazamiento del turismo a las localidades de Tepoztlán, Oaxtepec y Cuautla y la comercialización de sus productos agropecuarios, así como el traslado de insumos.

El municipio de Tepoztlán forma parte del programa nacional Pueblos Mágicos y sirve como punto estratégico para recorridos turísticos en el estado de Morelos, principalmente hacia la zona de balnearios, la ruta de los conventos, la de Zapata y hacia municipios como Cuernavaca, Cuautla, Yautepec y Tlayacapan entre otros, por lo que es de gran interés tener

una comunicación terrestre ágil. Los principales productos que se transportan a través de la carretera que se pretende ampliar, son animales de granja, granos, hortalizas, frutas y algunos productos típicos de la región y artesanías.

Esta obra es sinérgica a otras como el distribuidor vial “José María Morelos y Pavón” en Cuautla, y el Par Vial Cocoyoc-Oaxtepec, que en su conjunto darán conectividad y agilizarán la circulación del eje Golfo – Pacífico, favoreciendo la conectividad de dos puertos de gran importancia económica como son el puerto de Veracruz en el Golfo de México y el puerto de Acapulco en el Pacífico mexicano.

Impacto 9. Agilización del transporte a través de la carretera No. 160

El segundo impacto benéfico significativo quedó en la categoría de muy alto con una significancia de 0.976.

La operación de la carretera federal 115-D, una vez modernizada, permitirá la reducción de tiempos de traslado hasta en 30 minutos. A nivel estatal, la modernización fortalece los circuitos Morelos – Distrito Federal – Puebla, ya que agilizará y disminuirá los tiempos de traslado.

Tepoztlán, se ve favorecido por un sistema carretero, que le sirve de comunicación con el Distrito Federal y su zona metropolitana y con ciudades dentro del mismo estado como son su capital, Cuernavaca, la ciudad de Cuautla; Yautepec y conecta también con el estado de Puebla, por lo que la modernización beneficiara los flujos carreteros de largo itinerario que se desplazan por las rutas mencionadas. La modernización de este trazo permitirá fortalecer el uso de esta vía al mejorar sus niveles de rapidez y seguridad.

Actualmente la vialidad se encuentra en operación, pero es angosta y no cuenta con acotamientos lo que dificulta la circulación al ser difícil el rebase de vehículos pesados, la velocidad máxima actual es de entre 40 - 70 km/h, y su TDPA es de 11,000 veh/d, con la modernización se espera alcanzar velocidades de entre 90 - 110 km/h y aumentar el TDPA a 12,000 veh/d.

Con las nuevas especificaciones de la carretera, permitirán un rebase más seguro, contará con un tercer carril para ascenso con lo que el transporte pesado dejará de ser un factor que incida en la disminución abrupta de la velocidad o rebases imprudentes con lo que se espera que los accidentes en el tramo correspondiente a La Pera – Cuautla, disminuyan sustancialmente.

En la Tabla VII.7 se presenta por factor el cambio de escenario, la comparativa entre el tendencial con proyecto y el tendencial con proyecto y MM. Donde el escenario que presenta mayores ventajas es el que contempla las MM sobre todo por la naturaleza del propio proyecto (agilizar tránsito vehicular) y por la aplicación del programa de reforestación (MM6)

Tabla VII.7. Escenario tendencial del SAR con los impactos residuales ocasionados por el proyecto y medidas de mitigación

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Socioeconómico	**Impacto 7.** Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos. Las actividades agrícolas se mantienen estables, el proyecto facilita el traslado de productos a centros de abasto y la recepción de insumos. Las actividades turísticas se incrementarán por la comodidad que significará para el turista acceder a Tepoztlán por una carretera de altas especificaciones. **Impacto 6.** Agilización del transporte a través de la carretera No.115 La Pera – Cuautla Se reduce el índice de accidentes, debido a las nuevas especificaciones de la vialidad.	Como es un cambio benéfico para el SAR desde su concepción; no se consideró medida de mitigación para este aspecto, por lo que no habrá modificaciones con respecto al escenario con proyecto. El resto de los cambios planteados en el escenario sin proyecto se seguirá dando con excepción de lo que habrá del transporte en el SAR.

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Uso de suelo y vegetación	**Impacto 4.** Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Este impacto es acumulativo con el cambio de uso de suelo tendencial del SAR. Se desmontará una superficie considerada forestal según definiciones de la LGDFS y su reglamento de 89.681 Ha. De la no forestal se afectará un área de 38.25 de pastizales inducidos que en algunos casos soportan reforestaciones exclusivas de especies exóticas entre las que destacan la jacaranda (originaria de sudamerica) y el eucalipto (originario de Australia); en 1968 se desmontó todo el derecho de vía y se sembró con exóticas; por eso hasta la vegetación considerada forestal, tiene intercalado especies exóticas, pero se consideró forestal porque en su conjunto entra en la definición de forestal que señala la ley mencionada. Entre la vegetación forestal se consideron las mezclas de especies exóticas con matorral micrófilo, bosque de encino, selva baja caducifolia y la mezcla ecotónica de selva baja con bosque de encino. Es importante señalar que los valores floristicos que se presenta dentro del derecho de vía difiere grandemente con sus terrenos vecinos fuera del DV, debido a que se trata de un área antropizada sujeta a mantenimiento continuo de sus áreas verdes. El total producto del retiro de árboles se estimó en 1,380.19 m^3 de madera en unidades RTA (Rollo Total Árbol) (Tabla II.8) que se donará al municipio de Tepoztlán (que a su vez lo entregará a las localidades), para ello estará en la supervisión un Ing. Forestal marcando con el martillo los árboles retirados y su ubicación para que se les entregue al ejido correspondiente (que limita con el DV).	Por la aplicación de la MM2 se rescatará y reubicara dos especies incluidas en la NOM; además se recolectarán semillas para producción de planta en vivero, no se introducirán especies exóticas. Mediante la aplicación de la MM6 se compensará la pérdida de 89.681 Ha de vegetación forestal, esta medida plantea la la restauración de 1,250 Ha dentro del polígono del Texcal, por lo que en un escenario tendencial con MM será mejor. Pues, una vez que se restaure el polígono, la región tendrá una ganancia de vegetación con respecto al escenario sin proyecto.

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Fijación de Carbono	**Impacto 4.** Pérdida de 89.681 Ha de vegetación forestal durante el desmonte. Es acumulativo con la fijación de carbono por el cambio de uso de suelo tendencial del SAR. La fijación de CO_2 no implicara cambios comparando el escenario tendencial sin proyecto con el tendencial con proyecto; la reducción de la fijación es parte de la dinámica que se ha presentado por años en el SAR, y forma parte de la disminución o alteración de la vegetación. En 1993 en el SAR se fijaban 68,643.02 mgC, actualmente se fijan 66,404.26 mgC, en un escenario sin proyecto al 2025 se espera haya una fijación de 67,643.92 mgC y evidentemente no se presentara reducción alguna, pues en este mismo periodo pero con proyecto se estima una fijación también del orden de 67,643.92 mgC, esto debido básicamente a que el tipo de vegetación se mantendrá estable los próximos 16 años aun con la construcción del proyecto.	La fijación de carbono con respecto a los otros dos escenarios, mejora también en la misma proporción de la restauración, lo que se traduce en un incremento en la fijación de carbono proporcional a lo que captan 1,250 Ha de bosque joven, si se compara con el escenario sin proyecto.

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Fauna	**Impacto 6.** Pérdida de hábitat, efecto barrera, efecto de borde y riesgo de atropellamiento, sobre la fauna silvestre. La perdida de hábitat es de 18.17 Ha que incluye elementos exóticos así como algunos árboles primarios (pérdida de 0.35 Ha), con la presencia del proyecto se espera un incremento en la población de especies generalistas hacia los bordes de los ecosistemas contiguos al derecho de vía, ya que estas se verán beneficiadas por la mala disposición de los recursos sólidos (vegetales y frutas que son transportados por camiones, así como envolturas y envases de bebidas) y los ejemplares que sean atropellados durante el periodo de operación de esta autovía. En el resto del SAR no se observaran cambios en la composición de la diversidad.	Las modificaciones señaladas para la fauna en el escenario con proyecto se darán en los primeros 6 años, hasta que las obras de reforestación formen una cobertura efectiva. La MM3 evitará que se sacrifique directa o indirectamente a la fauna que viva entre línea de ceros, pero existirá una pérdida de hábitat de calidad en 89.681 Ha por lo menos los primeros 12 años después del desmonte, que es el tiempo que pasará hasta que la vegetación madure y funja como hábitat de calidad para las especies. La MM5 que se refiere a la construcción de pasos de fauna inferiores; parte de la fauna ya utiliza las alcantarillas existentes para pasar de un lado a otro del trazo, pero otra no pasa por zonas con agua o de dimensiones reducidas, por lo que la MM5 contempla el cercado y modificación de obras de drenaje ya en operación para que puedan servir como pasos, para la fauna que normalmente no pasa por las existentes, por lo que reducirá el efecto barrera del trazo y evitará el riesgo de la fauna al atropellamiento. Por otro lado la MM6 favorecerá la conectividad para la fauna dentro del Parque del Tepozteco, y el escenario del SAR con proyecto y MM será mejor que si se considerará el SAR sin proyecto; ya que creará en 15 años 1,250 Ha de hábitat de calidad para especies tanto neotropicales como Neártica; ya que la reforestación planteada en dicha medida es una zona de transición entre ambas regiones. Las especies de hábitos especialistas tendrán entonces mayor disponibilidad de hábitat por lo que podrán crecer sus poblaciones sobre las de hábitos generalistas y/o nocivas que actualmente habitan la región que se pretende restaurar.

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Suelo	**Impacto 3.** Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la ampliación del cuerpo del terraplén. En el escenario tendencial al 2025 con proyecto, se pavimentará una superficie adicional al trazo actual de la carretera La Pera-Cuautla, por lo que desaparecerán los suelos parcialmente expuestos y disminuirá la erosión en el trazo. Sin embargo, también se prevé un mínimo incremento de la erosión en la parte sur del SAR con respecto al escenario tendencial sin proyecto, es decir, sobre pastizales y selva baja caducifolia, quedando en una pérdida promedio de 52.12 ton/(Ha*año), equivalente a 613,933.9 ton/año, cifra inferior a la erosión en el presente. **Impacto 7.** Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio.	La MM4 que contempla la implementación de un programa de conservación y restauración de suelos, logrará con su correcto funcionamiento reducir la pérdida de suelo y su alteración, a través de la fijación de los taludes, evitando también un efecto borde para el suelo. Con dicha medida el riesgo a erosión o derrumbe en taludes bajará significativamente; aunque actualmente existen taludes y no ha habido derrumbes por su tamaño y porque el corte es en material tipo C. El impacto 6 también se reducirá, mediante la aplicación de las MM1 y MM4 que contempla la capacitación e instrucción del personal para prohibir que se disponga el material residuo en sitios inadecuados y con la implementación del programa de conservación y restauración de suelos. Si se
Infiltración	Se espera que para el 2025, en el escenario con proyecto, haya una disminución en la infiltración de 0.2 mm/año con respecto al escenario tendencial sin proyecto. Esto resultaría en una infiltración promedio para el SAR de 215.5 mm/año, equivalente a un volumen de 25.4 Mm^3, es decir, una disminución de 0.09% con respecto al escenario tendencial sin proyecto, producto de la pavimentación de una superficie adicional que en tiempo presente es vegetación natural. La disminución en la infiltración se dará principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera - Cuautla.	No habrá cambios con respecto al escenario sin MM, ya que la MM1 está orientada a no provocar modificaciones en los patrones de escurrimiento e infiltración.
Escurrimiento	Se espera que para el escenario al 2025 con proyecto se tenga un escurrimiento superficial promedio de 224.4 mm/año, que aplicado a todo el SAR equivale a 26.4 Mm^3. La diferencia con respecto al escenario sin proyecto es de 0.1 mm/año, es decir, 0.04%, que resulta un cambio mínimo, Este aumento mínimo, ocurriría sobre el derecho de vía que se pavimentaría, principalmente entre los Km 2 y 3 de la carretera La Pera – Cuautla.	No habrá cambios con respecto al escenario sin MM, ya que la MM1 está orientada a no provocar modificaciones en los patrones de escurrimiento e infiltración.

Factor Ambiental	Escenario tendencial al 2025 con proyecto	Escenario tendencial al 2025 con proyecto y MM
Diagnostico	En un escenario tendencial a 15 años con proyecto las zonas resistentes y perturbadas tenderán a incrementar en promedio una superficie de 455.11 Ha, por lo que contaran con 3,055.56 Ha a diferencia de las 2,600.45 Ha con las que contarían en un escenario sin proyecto. De igual forma las zonas que tienden a incrementar en un escenario con proyecto son las ligeramente frágiles y muy conservadas y las frágiles y muy conservadas, pues verán un incremento de 172.98 Ha y 291.45 Ha, contando entonces con una superficie de 613.22 Ha y 1,483.85 Ha respectivamente. Las zonas que en un escenario con proyecto tenderán a decrecer son las frágiles y conservadas, con una pérdida 284.82 Ha, por lo que su superficie será de 783.5 Ha; así mismo las zonas ligeramente frágiles y conservadas experimentaran una pérdida de 21.81 Ha, por lo que su superficie total se estima en 3,702.06 Ha, las zonas resistentes y muy perturbadas de la misma manera se reducirán 861.69 Ha, contando con una superficie de 838.8 Ha.	Las zonas resistentes y perturbadas contaran con 3,055.56 Ha, las ligeramente frágiles y muy conservadas y las frágiles y muy conservadas, se quedarán en 613.22 Ha y 1,483.85 Ha respectivamente. Las zonas ligeramente frágiles y conservadas se quedarán con una superficie de 3,702.06 Ha, las zonas resistentes y muy perturbadas se estiman en 838.8 Ha. En general, si se compara este escenario con el del proyecto sin MM, encontramos que el mejor sería con la implementación de las MM, pues aunque los cambios no figuran ser significativos si se presentarían mejores condiciones, pues las zonas frágiles y conservadas tenderán a ganar alrededor de 33 Ha frente a las frágiles y ligeramente perturbadas, de esta forma quedarán en 816.5 Ha a diferencia de las 783.5 Ha que representarían en un escenario sin proyecto o con proyecto pero sin MM. No obstante, esto no representa un cambio significativo a nivel del SAR, por lo que se espera que la situación sin proyecto y con proyecto y MM sea muy similar.

VII.4. Evaluación de alternativas

No se considera conveniente definir otra ruta del trazo o modificación, debido a que otra propuesta de construcción provocaría repercusiones e implicaciones para la calidad ambiental del SAR, pues involucraría la apertura y el retiro de mayor vegetación forestal en buen estado de conservación, implicando con ello el agravamiento de la perdida de hábitat en el caso de la fauna, así como la afectación de la estabilidad del suelo, y otros impactos asociados.

Por lo que desde el punto de vista ambiental, no es viable una alternativa del trazo, pues el proyecto que se propone en esta MIA-R es la mejor elección, pues correrá sobre el derecho de vía de la carretera actual, el cual presenta de antaño condiciones de perturbación, de esta manera su implementación provocará de alguna manera menos efectos en el Sistema Ambiental si lo comparamos con otra alternativa.

VII.5. Conclusiones

En este documento se presentaron las obras y actividades relacionadas con el proyecto denominado Modernización de la Carretera La Pera – Cuautla, Tramo del Km 0+800 al 20+700, en el Estado de Morelos; el cual consiste en la construcción del segundo cuerpo a la derecha del cuerpo actual del Km 0+800 al 20+700, dentro del derecho de vía de la Autopista; el cuerpo actual se modernizará para que cumpla con los 21 m, como un camino tipo A4S, la carretera modernizada tendrá especificaciones de un camino Tipo A4 y A4S en la clasificación de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, S.C.T. Contará con las siguientes características: ancho de calzada de 7 m de cada sentido, ancho de corona de 21 m, 2 acotamientos de 1.5 y 2.5 m respectivamente. La velocidad máxima será de 90-100 km/h; la carretera tendrá una pendiente gobernadora del 4% y una curvatura máxima de 6°. Dentro de esta modernización también se contempla la construcción de un carril más para el acceso a la autopista México - Cuernavaca en el entronque La Pera, así mismo la modernización del entronque Tepoztlán, el entronque Oacalco y la construcción de un nuevo entronque denominado San Juan.

Se señalaron y examinaron los planes y regulaciones aplicables (Capítulo III), detectando que la modernización de esta carretera resulta ser parte importante para la aplicación de las estrategias planteadas en el Plan Nacional de Infraestructura 2007-2012 ya que forma parte del Eje Troncal Transversal Acapulco-Veracruz, lo que propiciaría una reducción de tiempos y costos de traslado de personas y mercancías de ciudad a ciudad. El proyecto se ubica dentro de territorio regulado por el modelo del Programa de Ordenamiento Territorial Tepoztlán, se ubica dentro de 14 Unidades de Gestión Ambiental y es regulado por el criterio de infraestructura que señala que: “Las obras de infraestructura que se instalen en el municipio deberán someterse a una evaluación en materia de impacto ambiental”, esta MIA-R da cumplimiento al criterio y el proyecto se someterá a dicha evaluación por parte de la autoridad competente.

Cabe señalar que el trazo carretero cruza por las ANP Corredor Biológico Chichinautzin del Km 15+400 al 20+700 y por el Parque Nacional El Tepozteco, del km 0+800 al 15+400, así como por la RTP-108 Ajusco-Chichinautzin; se vinculo con el programa de manejo del Tepozteco encontrándose congruente; el programa del Corredor Biológico Chichinautzin, no ha sido publicado. El trazo además cruza por la Región Hidrológica Prioritaria 67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala, por las características y escala del proyecto, y la aplicación de medidas de prevención y mitigación, el proyecto no ocasionará repercusiones directas apreciables para la conservación de dichas regiones. El trazo no cruza por Áreas para la Conservación de las Aves.

No obstante, el proyecto es congruente con los programas sectoriales de orden federal y estatal, no incumple ninguna disposición del Programa de ordenamiento ecológico territorial de Tepoztlán, Morelos, ni con los Planes de Desarrollo Urbano vigentes y da cumplimiento a las disposiciones normativas aplicables.

Se delimitó y se caracterizó el sistema ambiental regional (SAR) mediante la sobreposición de capas temáticas entre las que se incluyeron geomorfología, edafología, nanocuencas y acotaciones finales mediante una imagen de satélite, resultando en un polígono con un área de 11,776.40 Ha. Después de caracterizarlo se elaboró su diagnóstico ambiental, mediante el uso de indicadores y capas temáticas de cobertura vegetal, erosión total, escurrimiento, infiltración, fragilidad, estado de conservación; de lo que se obtuvo que la clase combinada más común fue ligeramente frágil y conservada; se refiere a zonas donde la vulnerabilidad

del acuífero y erosión potencial no son muy grandes, no obstante si presentan una fragilidad media con valores entre 0.4 y 0.6; se trata de regiones forestales donde hay dominancia de especies primarias, pero llegan a tener hasta el 40% de secundarias, pérdidas en su altura y/o el DAP de los elementos arbóreos; la segunda clasificación que sigue en distribución del SAR es resistente y perturbado con el 21.5%, se trata sobre todo de la región aluvial, con campos agrícolas; donde se ha concentrado la zona urbana de Oacalco y actividades del sector primario de la región. Sigue en área de distribución el Frágil y conservado con el 14.1% del SAR; corresponde a los bosques templados sobre pendientes mayores al 8% y menores al 15%, con una permeabilidad media, la conservación de estas zonas en los programas de gobierno debe ser prioritaria. En cuarto lugar con el 13.77% del SAR esta las áreas resistentes y muy perturbadas, corresponden a las zonas urbanas y a la infraestructura varia que se distribuye en todo el SAR; finalmente el quinto lugar en extensión es la clase frágil y muy conservado con el 11.35% del SAR; en estas regiones se ubican el matorral rosetófilo y los bosques templados con mejor estado de conservación, que se concentran al Norte del SAR y en algunas zonas del Cerro del Tepozteco y sierra asociada. El resto de las combinaciones fueron menores al 3% en la extensión del SAR, por lo que no son significativas en su diagnóstico.

Posterior al diagnóstico se sacó un escenario tendencial del SAR sin proyecto al 2025, mediante la reclasificación y comparación de una imagen de satélite del 1993 con la del 2009 y el uso de cadenas Markovianas; los resultados indicaron que en un escenario a 15 años, las zonas consideradas como *ligeramente frágiles y conservadas* tenderán a crecer en 553.03 Ha frente a las zonas *frágiles y conservadas* que tenderán a decrecer, esta categoría actualmente ocupan 1,656.35 Ha, y se pronostica para el 2025 solo ocupen el 9.09%, es decir 1,068.32 Ha. Las zonas que también tendrán un crecimiento significativo son las *muy resistentes y perturbadas* con un incremento de 106.49 Ha frente a las 18.58 Ha que ocupan actualmente, de igual forma se comportan las zonas *resistentes-perturbadas* y *muy perturbadas*, que tendrán un incremento de 72.81 y 82.14 Ha respectivamente, esto debido principalmente al crecimiento de la mancha urbana, pues aunque el OET lo regula si se esperan cambios. Las zonas *frágiles* (ligeramente perturbadas, muy conservadas y perturbadas) tenderán a reducirse aunque esto no constituye una forma representativa, pues su decremento figura menos del 10%.

Mediante el trabajo de campo y gabinete se reconocieron las afectaciones que las actividades del proyecto pueden ocasionar sobre los factores ambientales y el medio natural y social en su conjunto (Capítulo V). Los impactos del SAR, fueron evaluados por un indicador multicriterio mediante la aplicación de un algoritmo que considera los criterios de magnitud, duración, extensión, contexto y sinergia. El indicador permite clasificar el impacto en cuatro grados de impacto: bajo, moderado, alto y muy alto, de los cuales los últimos tres corresponden a impactos relevantes. Para este proyecto, se identificaron 6 impactos que resultaron relevantes. Resultó un impacto adverso en la categoría de muy alto: Impacto 5. Pérdida de hábitat para fauna silvestre, aumento en el efecto barrera y riesgo de atropellamiento. Quedó un impacto adverso en la categoría de alto: Impacto 4 Pérdida por el desmonte de 89.681 Ha de vegetación forestal. Quedaron dos impactos adversos en la categoría de moderados: Impacto 3 Pérdida de suelo orgánico debido a las actividades de preparación del sitio para la construcción del cuerpo del terraplén; e Impacto 6. Afectación de los ciclos biogeoquímicos del paisaje debido a la mala disposición intencional o accidental de material de desperdicio. Resultaron dos impactos benéficos relevantes uno quedó en la categoría de muy alto Impacto 8. Agilización del transporte a través de la carretera No.115

La Pera - Cuautla. Y otro en categoría de moderado: Impacto 7. Derrama económica en los poblados del SAR por la agilización y seguridad en el transporte de sus productos e insumos. De los impactos que resultaron no relevantes fueron 2 adversos: Impacto 1 Incorporación de partículas suspendidas por movimiento de materiales pétreos durante la construcción del trazo; e Impacto 2 Mantenimiento a la vía para su óptimo funcionamiento.

Para los impactos ambientales que se determinaron significativos se fijaron 6 medidas de mitigación que se deberán realizar para, reducir, compensar o evitar los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos del SAR y garantizar que el costo ambiental de la ejecución de este proyecto sea el menor posible. Para cada una de estas medidas se detalló el objetivo, la ubicación espacial, los alcances y procedimientos que la medida significa, los recursos materiales y humanos que demandará así como los indicadores para la evaluación de su implementación, así como la información estimada de los costos de las obras y actividades relacionadas a ellas.

A partir de la determinación de la efectividad de medidas de mitigación, se estimó los impactos ambientales residuales, que son aquellos que persisten después de la aplicación de dichas medidas; el resultado son 4 impactos adversos residuales del proyecto en la categoría de bajos, estos son impactos no significativos según el método multicriterio aplicado y dos impactos residuales benéficos en la categoría de alto y muy alto respectivamente.

Después de aplicar las MM del Capítulo VI, se hizo una comparación de escenarios: SAR sin proyecto, SAR con proyecto y SAR con proyecto y medidas de mitigación; encontrándose que los 3 escenarios son similares, porque la funcionabilidad y tendencias del SAR obedecen factores de cambio que llevan décadas dándose. No obstante el escenario considerado más favorable para el SAR es el que contempla el proyecto y las MM, siempre y cuando se garantice (mediante un instrumento legal como podría ser una fianza) su correcta aplicación. Por un lado, el fin de la carretera que es agilizar el tránsito dentro y fuera del SAR, le aportará un gran beneficio en ese sentido; por otro, la MM6 es la que mayor impacto ambiental tendrá en la disminución de impactos significativos y una vez que las zonas beneficiadas estén restauradas, se tendrá una ganancia de cobertura vegetal de 1,250 Ha dentro del Texcal, si se compara con el escenario sin proyecto; además de que esta restauració se consolidará como un nuevo hábitat de calidad para fauna, tanto para especies de afinidad Neártica y Neotropical con requerimientos estrictos. Evidentemente si se compararan escenarios intermedios a 5 y 8 años posiblemente la balanza sería distinta, ya que una reforestación inmadura no presta los servicios planteados.

Finalmente, después de un análisis del funcionamiento del SAR, de las afectaciones del proyecto, y de la implementación de las medidas de mitigación, se puede afirmar que el proyecto no ocasionará impactos que comprometan el funcionamiento del SAR. Por otra parte, ocasionará un impacto significativo benéfico que repercutirán al interior del SAR y en el exterior por la agilización del tránsito. La importancia del proyecto radica en ofrecer una vía más ágil y segura que permita el ahorro de tiempo y energía en la transportación de bienes y personas, así como mejorar los niveles de servicio en términos de mayor seguridad; permitirá la transportación dentro del Eje Troncal Transversal Acapulco Veracruz, esto facilitará el acceso a los mercados regionales, nacionales e internacionales, Lo que coadyuvara a la generación de empleos y la comercialización de materias primas y productos. Mejorará la conectividad de la red carretera y hacia los centros de población y puertos ya que esta Autopista es la vía de acceso desde el Sur del Distrito Federal, vía la

Autopista México-Cuernavaca, a los sitios arqueológicos, de recreo y de balnearios que se localizan en los poblados de Tepoztlán, Oacalco, Yautepec, Oaxtepec, Cocoyoc y Cuautla, así como también al centro sur del País, vía Izúcar de Matamoros, Veracruz y Oaxaca.

VII.6. Literatura consultada

Ambuel B. y S. A. Temple. 1983. Area-dependent changes in the bird communities and vegetation the southern Wisconsin forests. Ecology 64: 1057-1068.

Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México.

Arita, H. T. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. Ciencias. 7: 13-22.

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Arroyave M. P., C. Gómez, M. E. Gutiérrez, D. P. Múnera, Paula Andrea Zapata; Isabel Cristina Vergara; L. M. Andrade y K. C. Ramos. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. EIA, ISSN 5: 45-57.

Bojórquez-Tapia L.A. 1989. Methodology for prediction of ecological impacts under real conditions in Mexico. Environmental Management, 1l:5l5-551.

Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ezcurra y O. García. 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. Journal of Environmental Management, 5l:91-99.

Ceballos G. G. y C. Galindo-Leal 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Ed. Limusa. México D. F. 299 pp.

Collingham Y. C. y B. Huntley. 2000. Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. Ecological Applications 10:131-144.

Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente del Estado de Morelos (CEAMA). En evaluación. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Morelos, Sección: Caracterización y Análisis de Ocupación del Territorio.

Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente del Estado de Morelos (CEAMA). En evaluación. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Morelos, Sección: Caracterización y Análisis de Ocupación del Territorio.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, http://www.conanp.gob.mx/

Comisión Nacional del Agua. 2002. Determinación del Agua del Acuífero del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos. 52p.

CONABIO, Instituto de Ecología A.C. 212 pp.

Cupul, F.2002. Víctimas de la carretera: fauna apachurrada. Gaceta CUC. Departamento de Ciencias. Centro Universitario de la Costa. México.

Delgado, JD, JR Arévalo, y JM Fernández-Palacios. 2004. Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife. En: Fernández-Palacios, JM & Morici, C. (eds.) 2004. Ecología insular / island ecology. Asociación española de ecología terrestre (aeet)-cabildo insular de la palma. Pp. 181-225.

Facultad de Geografía-UNAM. Identificación de los tipos de red de drenaje para México escala 1:250000.

FAO/UNESCO. 1988. Base de referencia para los Suelos del Mundo. 110p.

Flores-Villela O. y P. Jerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México. 430 p.

Flores-Villela O., Q. F. Mendoza y G. González (Comes.) 1995. Recopilación de claves para la determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publ. Espec. No. 10. Mus. Zool. Fac. Cs. Biol., UNAM.

Foppen, R. and R. Reijnen. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. II. Breeding dispersal of male willow warblers (Phylloscopus trochilus) in relation to the proximity of a highway. Journal of Applied Ecology 31:95-101.

Forman R. T. T. 1999. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.

Forman, R. T. and Alexander, l. E. 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 207-231.

Forman, R. T. T., Reineking, B. y Hersperger, A. A. 2002. Road traffic and nearby grassland bird patterns in suburbanizing landscape. Environmental Management, 29: 782-800.

García-Romero A., Galicia L., Mendoza K. I. 2006. La diversidad ambiental y del paisaje en México. Colección Huellas de Papel. Santillana, México. 80 p.

García-Romero A., J. Muños J. 2002. El paisaje en el ámbito de la geografía. Temas Selectos de Geografía. UNAM. Instituto de Geografía. 137 p.

Goosem, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. pp. 241-255. En: Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. W. F. Laurance y R. O. Bierregard junior (eds). University of Chicago Press, Chicago.

Goosem, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. pp. 241-255. En: Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. W. F. Laurance and R. O. Bierregard junior (eds). University of Chicago Press, Chicago.

Goosem, M. 2002. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. Wildlife Research 29: 277-289.

Howell S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to: The birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, Oxford. 851 p.

INEGI, 2005. II Conteo de Población y Vivienda 2005

INEGI, 2006. Anuario Estadístico de Estado de México

INEGI. 1998. Perfiles de Suelos. 26p.

Jean-Christophe. L. 1991. The impacts of the roads network on the wild fauna in France. University in Lyon. France.

Ley Agraria (1992)

Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

Ley de Expropiación (1997)

Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de Estado de México

Ley Federal de Reforma Agraria,

Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos (1972).

Ley General de Bienes Nacionales (2004)

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2005)

Ley General de Vida Silvestre

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (Eds.) 2007. Biodiversidad de la faja volcánica transmexicana, UNAM México D.F.

Madrigal. S., X 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa, (HBK.) Schl.& Cham.)en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigación Forestal Biologica y Tecnológica 18. México D.F. 94 pp.

Martínez-García F., y J. López-Blanco. 2005. Caracterización de las unidades ambientales biofísicas del Glacis de Buenavista, Morelos. Investigaciones Geográficas (Mx), UNAM. 58:46-53.

Miranda, F. & E. Hernándéz X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179

Navarro, G. A. y H. Benítez. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. Ciencias. 7: 45-54.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001

Noss, R. 2002. The ecological effects of roads.

Ortega, Y. K. and Capen, D. E. 1999. Effects of forest roads on habitat quality for ovenbirds in a forested landscape. The Auk 116(4): 937-946.

Pérez-Higareda G. Y H. M. Smith. 1991. Peterson T. R. y L. E. Chalif. 1994. Aves de México: Guía de campo. Diana. México. 473 pp.

Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República.

Programa de Desarrollo Urbano del Estado de México, mayo 2008

Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Tepoztlán

Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012, Presidencia de la República Mexicanahttp://www.infraestructura.gob.mx

Proyecciones de la población económicamente activa de México y de las entidades federativas 2000-2050, Partida Bush Virgilio, CONAPO, 2004

Ramírez B. P.; M. E. A de Sucre y G. D. E. Varona. 2003. Manual de ornitología. Laboratorio de Zoología. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 196 pp.

Reijnen, R. and Foppen, R. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (Phylloscopus trochilus) breeding close to a highway. Journal of Applied Ecology. 31: 85-94.

Reijnen, R., Foppen, R. and Meeuwsen, H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. Biological Conservation 75: 255-260.

Reijnen, R., Foppen, R. and Veenbaas, G. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity and Conservation 6: 567-581.

Rheindt, F.E. 2003., The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? Journal fur Ornithologie 144(3):295-306.

Roa R. M. A. 1992. Manejo, uso racional y conservación de la fauna silvestre. P. 336-343. In: Memorias del X Simposio sobre Fauna Silvestre General. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, C., Campeny, C. Rodríguez, A. Y Séiler, A. 2003. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. O. A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 317 pp. Madrid

Rzedowski, J. 1994 Vegetación de México, Distrito Federal, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Instituto Politécnico Nacional.

Saldaña-Fabela, P., J. García-Cabrera, y V. Navarrete-López. SIN AÑO. Impacto de las descargas antropogénicas en el Río Apatlaco, X Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1996

Sanz, L; Serrano, M. y Puig, J. 2001. Los efectos de las carreteras sobre los vertebrados terrestres. Gorosti 51-57.

SCT, 2007, Programa Nacional de Carreteras, http://dgcc.sct.gob.mx/index.php?id=496

SCT, Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012

SEMARNAT, Estado de México, http://www.semarnat.gob.mx/ESTADOS/MEXICO/INFORMACIONAMBIENTAL/Pages/inicio.aspx

SEMARNAT, Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Leyes y Normas, http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/inicio.aspx

Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM) Ver. 7.0 INAFED. SEGOB, 2006

Spellerberg, I. F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. Global Ecology and Biogeography Letters 7(5): 317-333.

Stolen, E. D. 2003. The effects of vehicle passage on foraging behaviour of wading birds. Waterbirds 26(4): 429-436.

Toledo V. M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo. 81:17-29.

Van der Zande, A. N., Ter Keurs, W. J. Y Van Der Weijden, W. J. 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat- evidence of a long distance effect. Biological Conservation 18:299-321.

CAPÍTULO VIII

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1. Presentación de la información

VIII.1.1. Cartografía

En el anexo 3 se presenta las cartas temáticas, la relación de los temas se presenta a continuación.

Carta 1. Geología
Carta 2. Geomorfología
Carta 3. Edafología
Carta 4. Erosión
Carta 5. Erosión total
Carta 6. Pendiente
Carta 7. Nanocuencas
Carta 8. Microcuencas
Carta 9. Supramicrocuencas
Carta 10. Escurrimiento superficial
Carta 11. Hidrología superficial
Carta 12. Hidrología subterránea
Carta 13. Escurrimiento
Carta 14. Escurrimiento superficial
Carta 15 Precipitación anual
Carta 16 Infraestructura hidráulica
Carta 17 P/T media anual
Carta 18 Estaciones climatológicas
Carta 19 Temperatura media anual
Carta 20 Hipsometría
Carta 21 Ecosistemas frágiles
Carta 22 Ecosistemas frágiles tendencial al 2025
Carta 23 Diagnostico
Carta 24 Diagnostico tendencial al 2025
Carta 25 Accesibilidad
Carta 26 Vulnerabilidad del acuífero
Carta 27 Uso de suelo y vegetación
Carta 28 Uso de suelo y vegetación tendencial

VIII.1.2. Fotografías

En el anexo 2 se presenta la relación de fotografías terrestres, acomodadas en láminas.

VIII.2. Otros anexos

Anexo 1. Documentación legal

Anexo 2. Fotografías terrestres

Anexo 3. Cartografía temática

Anexo 4. Larguillo

Anexo 5. Memória de cálculo y metodologias

Anexo 6. Flora

A. Listado de flora

B. Volumenes

Anexo 7. Fauna

A. Listado de fauna

B. Mapas distribución potencial de los grupos faunísticos en el SAR

Anexo 8. SIG (formato digital)