

CAPÍTULO I

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

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL de la carretera México-Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa-Tihuatlán, en el sub tramo km 140+243 al 178+500.

I.1.2 Ubicación del proyecto

El tramo en cuestión se localiza en los municipios de Huauchinango, Juan Galindo, Xicotepéc, Tlacuilopec, y Jalpan, todos ellos dentro del estado de Puebla, como se muestra en la siguiente figura:

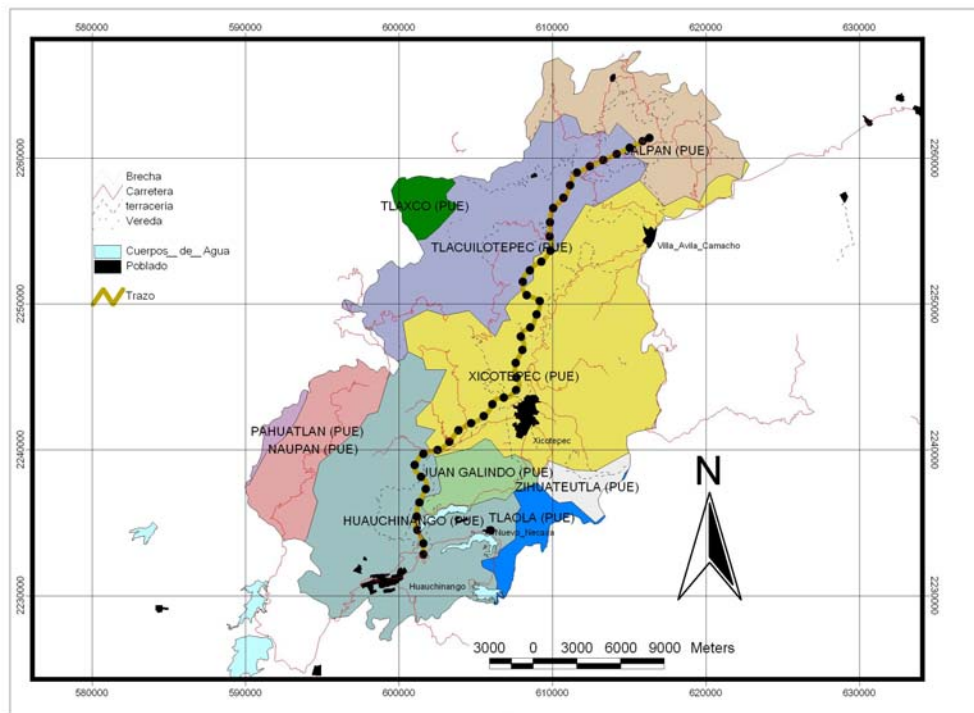


Figura I.1.- Localización del tramo carretero en cuestión. Estado de Puebla.

I.1.3 Duración del proyecto

Se estima un tiempo de 5 años para la conclusión de la construcción de este tramo carretero.

I.2. Datos generales del promovente

CENTRO SCT PUEBLA, SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

I.2.1 Nombre o razón social

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE CENTRO PUEBLA

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

Protección de datos personales LFTAIPG"

I.2.3 Nombre del representante legal

Protección datos personales LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG"

En anexo I se presenta copia certificada del poder correspondiente.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Protección de datos personales LFTAIPG"

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

Grupo Selome, S.A. de C.V.

Protección de datos personales LFTAIPG"

I.3.1 Nombre del responsable técnico

Protección datos personales

LFTAIPG
Protección de datos personales LFTAIPG"

I.3.2 Dirección, teléfonos y correo electrónico

Protección de datos personales LFTAIPG"

I.3.3 Capacidad técnica y experiencia en el área de impacto ambiental

El responsable técnico de la coordinación de este estudio cuenta con grado de Doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, obtenido en junio de 2006. Desde 1989 ha realizado y coordinado más de 70 estudios de impacto ambiental para diferentes tipos de proyectos,

particularmente carreteras, en distintos estados de la República Mexicana, incluyendo zonas templadas y húmedas como la correspondiente al ecosistema presente en la región bajo estudio.

En la realización de esta Manifestación de Impacto Ambiental la empresa Grupo Selome conformó un equipo multidisciplinario, en el que sus integrantes cuentan con grados de licenciatura y maestría y han participado en mucho más de 5 estudios de impacto ambiental de carreteras. En este proyecto el equipo multidisciplinario conjuntó especialistas en edafología, vegetación, fauna, economía ambiental, restauración ecológica y aspectos socioeconómicos, mismos que participaron en los trabajos de campo y gabinete para la realización del estudio.

CAPÍTULO II

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO

II.1. Información general del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un subtramo de la autopista México – Tuxpan en el tramo que va de Nuevo Necaxa a Tihuatlan, desde el Km. 140+243.46 hasta el Km. 178+500, con una longitud aproximada de 38 257 m, esperando dar servicio a un tránsito promedio diario anual de 5000 vehículos, con una composición de vehículos tipo A de 66%, tipo B de 7% y tipo C de 27%.

Las características geométricas obedecen a una Autopista tipo A4 de acuerdo con las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT, con una velocidad de proyecto de 110 km/h, una pendiente gobernadora del 4% y una pendiente máxima de 6%; el ancho de la calzada es de 21 m. y con 2 carriles de 3.50 m por cada sentido; el ancho total de corona es de 21.00 m con acotamientos de 2.50 m exteriores en cada sentido de circulación. La curvatura máxima es de 4°15'. El proyecto se desarrolla dentro de un ancho de derecho de vía de 100m, 50m a cada lado a partir del eje de la autopista hasta el Km. 155+000, y de ahí hasta el final del trazo se tiene un derecho de vía de 60 m. con 30 m. a cada lado del eje.

El terreno en sus primeros kilómetros está conformado por terreno montañoso lo que da lugar a la construcción de altos cortes y terraplenes, motivado por lo mismo también se tienen varios túneles, puentes y viaductos para salvar claros en terreno muy abrupto. En esta misma zona de montaña se localizan en mayor concentración las estructuras de drenaje menor, como son tubos de concreto o lámina, losas y bóvedas, que en algunos casos también son utilizadas como pasos superiores vehiculares o de ganado. Además se tiene considerada la construcción de muros para retener los caídos de los taludes de la carretera, esto ocurre hasta el kilómetro 170+000 después se tiene terreno sensiblemente más plano en donde los cortes ya no son tan altos

Se contempla un espesor de corte promedio de 12 m; como se puede observar en los planos por kilómetro del proyecto (capítulo VIII). En el plano por kilómetro que va del 168+000 al 169+000 se presenta el corte máximo con un valor de 35 m y en el diferentes puntos del cadenamiento se presenta el terraplén máximo con un valor de 20 m, el área de despalme que es el área en donde se realizarán los cortes y terraplenes, y denominada área de ceros es de 176.90 Ha.

Como obras complementarias, se requerirá de apertura de caminos de acceso, instalación de campamentos, si lo considera necesario alguna de las empresas constructoras, ya que el trazo estará bien comunicado con algunas localidades, patios de maniobras y plantas de asfalto y la explotación de bancos de material pétreo.

Este proyecto requiere de autorización en materia de Impacto ambiental en relación con el cambio de uso de suelo, según la Ley Forestal vigente, para lo cual se debe elaborar el Estudio Técnico Justificativo correspondiente. Además, se deberá adquirir el derecho de vía mediante la indemnización por concepto de expropiación a los propietarios de los terrenos.

También, de acuerdo con lo establecido en los artículos 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y 5 de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental se requiere de la autorización en materia de impacto ambiental del mismo, para lo cual se ha elaborado el presente estudio.

II.1.1. Justificación y necesidad que atiende.

La construcción de la Autopista México – Tuxpan, tiene como objetivo principal comunicar la capital del país con las ciudades del norte de Veracruz, involucrando también a poblaciones de los estados de México, Hidalgo y Puebla, mediante una carretera que comunique de forma más eficiente en cuanto a cantidad y calidad; incrementando los índices de calidad del transporte de bienes y servicios en la región, así como promover el desarrollo económico de la región involucrada y que al mismo tiempo esta vialidad es la respuesta al gran número de vehículos que necesitan transitar por la zona y que actualmente deben hacerlo por la carretera federal existente, la cual es una carretera de bajas especificaciones de proyecto, saturada por el tránsito existente, en particular gran cantidad de trailers, lo que la hace incomoda al recorrerla y peligrosa. Esta nueva vía ayudará a mejorar las condiciones económicas de las poblaciones cercanas a ella y ofrecerá mayor seguridad, eficiencia y comodidad en el transporte de productos y pasajeros, así como se espera que constituya un importante apoyo para el desarrollo de los estados por donde cruza.

Con el proyecto se pretende reducir los tiempos de recorrido, mejorar los niveles de servicio en términos de mayor seguridad, en función a las mejoras en las características geométricas del proyecto, con respecto a las rutas actuales de transporte, e impulsar el desarrollo regional de la zona.

II.1.2. Infraestructura y componentes del proyecto.

Se contemplan dentro del proyecto: un entronque en el kilómetro 151+700 para entroncar con la comunidad de Xicotepec. Además de 43 alcantarillas de tubo de concreto, 16 alcantarillas de losa o bóveda que hacen las funciones en algunos casos de pasos superiores vehiculares y de ganado, dos pasos inferiores vehiculares, 13 obras mayores de drenaje entre puentes y viaductos, además de 11 túneles.

A continuación se indican los sitios puntuales de construcción del entronque y de las obras de drenaje en coordenadas UTM.

ENTRONQUES

KM	TIPO	Coordenada X	Coordenada Y
151+700	Con Xicotepec	604 405	2 241 685

OBRAS DE DRENAJE

planta	Km	estructura	dimensión
m			
143-144	143+057	tubo	105
	143+200	losa	2 X 1.5
144-145	144+507	2tubos	0.9
	144+660	losa	2 X 1.5
145-146	145+066	bóveda	2 X 1.5
	145+394	bóveda	2 X 1.5
	145+552	losa	1.5 X 1.5
146-147	146+091	tubo	1.05
	146+325	tubo	1.68
	146+495	tubo	1.52
	146+792	tubo	1.05
	146+954	tubo	2.74
147-148	147+249	tubo	1.05
	147+344	tubo	1.68
	147+480	tubo	1.2
150-151	150+216	tubo	1.5
	150+398	losa PSV	6 X 4.5
	150+424	3tubos	1.5
	150+626	tubo	1.05
	150+870	losa PSPG	4 X 2.5

	150+626	tubo	1.05
151-152	151+260	2ubos	1.2
	151+414	tubo	1.05
	151+620	losa	6 X 4.5
152-153	152+609	tubo	1.05
	152+860	losa PSPG	4 X 2.5
153-154	153+800	tubo	1.2
	153+940	tubo	1.05
154-155	154+720	tubo	1.05
	154+896	tubo	1.5
159-160	159+080	tubo	1.83
	159+900	tubo	1.68
160-161	160+046	tubo	1.05
	161+000	tubo	0.9
161-162	161+287	tubo	2.74
172-173	172+100	tubo	0.9
	172+280	tubo	0.9
	172+630	tubo	1.05
	172+797	tubo	0.9
	172+907	tubo	0.9
173-174	173-020	tubo	0.9
	173+860	losa	3.5 X 2.5
174-175	174+100	tubo	0.9
	174+810	tubo	2.74
175+176	175+108	tubo de lamina	2.74
	175+326	tubo	1.2
	175+451	tubo	0.9
	175+705	tubo	0.9
176-177	176+052	PIV	una vía
	176+200	tubo	0.9
	176+435	tubo	0.9
	176+565	PIV	una vía
	176+630	Bóveda PSPyG	3 X 2.5
	176+960	tubo	0.9
177-178	177+311	tubo	1.5
	177+360	Bóveda	3 X 2
	177+641	losa PSPyG	4 X 2.5
	177+755	Losa PSV	6 X 4.5
	177+979	tubo	0.9
178-179	178+126	tubo	0.9
	178+335	tubo	0.9

PUENTES Y TÚNELES

ID	tramo Km. al Km.	Estructura	dimensión m	Km	coordenada X	coordenada Y
1	140-141	Túnel Huauchinango	160	140+480	601394	2233063
2	141-142	Puente Texcapa II	260	141+200	601356	2233770
3	143-144	Túnel Necaxa	940	143+400	600968	2235823
4	147-148	túnel Cuahueyatla	113	147+665	601141	2239523
5	149-150	Puente Alseseca	100	149+326	602666	2240131
6	153-154	Puente Alseseca II	95	153+103	605620	2242371
7	154-155	túnel Xicotepec I	520	154+227	606236	2243310
8	155-156	túnel Xicotepec	900	155+560	607434	2243778
9	157-158	Viaducto	500	157+300	607688	2245246
10	158-159	Viaducto	260	158+060	607740	2246002
11		túnel El Zoquital	650	158+375	607864	2246290
12	159-160	Viaducto	140	159+280	608306	2247078
13	160-161	túnel Las Pilas I	320	160+040	608081	2247787
14		Viaducto	200	160+380	608200	2248096
15	161-162	túnel Las Pilas II	550	161+370	608970	2248667
16	162-163	Puente Las Pilas	40	162+031	609166	2249299
17		Viaducto	140	162+460	609336	2249693
18		túnel	160	162+680	609419	2249894
19		Puente	70	162+867	609424	2250082
20		túnel	160	162+943	609402	2250149
21	163-164	Puente	860	163+147	609273	2250309
22	164+165	Puente	340	164+340	608264	2250862
23	168-169	túnel La Ardilla	175	168+515	610202	2254139
24		Puente	102	168+714	610144	2254338

Se requerirán servicios complementarios, como la apertura de caminos de acceso, como parte del proceso constructivo para puentes, túneles y bancos de préstamo. Actualmente hay algunas vías para acceder a los frentes, las cuales se utilizarán preferentemente. En el caso de la apertura de nuevos caminos de acceso, la empresa que realice la obra deberá tomar en cuenta no dañar al ecosistema y solo abrir los necesarios. No se conoce la ubicación, ni las dimensiones de estos caminos, ya que es la empresa constructora quien los determina según los procedimientos constructivos que haya planteado en su propuesta técnica y económica para la licitación de obra. Por lo tanto, en la parte correspondiente a las medidas de mitigación en este documento, se plantean acciones específicas para estos casos. Se cuenta con 3 bancos de materiales, los cuales se explotarán a cielo abierto con utilización de maquinaria pesada.

Se cumplirán con las condiciones de salubridad e higiene para lo cual deberán de contar con sanitarios suficientes para los trabajadores (1 por cada 20), ser portátiles.

Se contará con patios de maquinaria y almacenes en los frentes de obra (estos se encontrarán cerca de la construcción del puente preferentemente), los cuales también cumplirán con las especificaciones señaladas en el Manual Operativo. Su ubicación deberá de ser fuera de los centros de población y estará avalado por la supervisión y las autoridades municipales.

Además del movimiento de tierras para la construcción de los terraplenes y la realización de cortes, se tienen las obras de drenaje superficial, como los lavaderos, bordillos y cunetas para cuya construcción se requiere de concreto hidráulico. Para la construcción de las capas del pavimento se requerirá material de banco, es decir roca de buena calidad con diferente calibre de cribado, principalmente para las capas de base y carpeta asfáltica que se construye con cemento asfáltico.

II.1.3. Inversión requerida

La inversión contemplada para este proyecto es la siguiente:

Terracerías	\$ 578 250 000.00
Túneles	\$ 570 000 000.00
Puentes	\$ 520 000 000.00
P.I.V.	\$ 81 000 000.00
TOTAL	\$1,749,250,000.00

CANTIDAD CON LETRA: Mil setecientos cuarenta y nueve millones doscientos cincuenta mil pesos.

II.1.3. Localización geográfica precisa

El proyecto de localiza en el Estado Mexicano de Puebla al norte del mismo. Cruza por los municipios de Huauchinango, Xicotepec, Tlacuilotepec y Jalpan. El inicio del cadenamamiento esta localizado al oeste del poblado Nuevo Necaxa y a 12 Km. al norte se entronca la población de Xicotepec, para finalizar este subtramo en el ejido de Jalpan, con una orientación del trazo predominantemente norte (Figura II.1). Las localidades urbanas más cercanas al trazo son Huauchinango al sur, Xicotepec al este y Villa Ávila Camacho hacia la porción norte del trazo.

Las coordenadas UTM en el inicio del cadenamamiento son $X = 601\ 407$ $Y = 2\ 232\ 824$ al final del cadenamamiento se tienen las coordenadas $X = 616\ 878$ y en $Y = 2\ 261\ 375$. La ubicación de la carretera se representa en la figura II.1 correspondiente a un croquis de ubicación con respecto al estado de Puebla, y en la figura II.2 con respecto a las principales localidades.

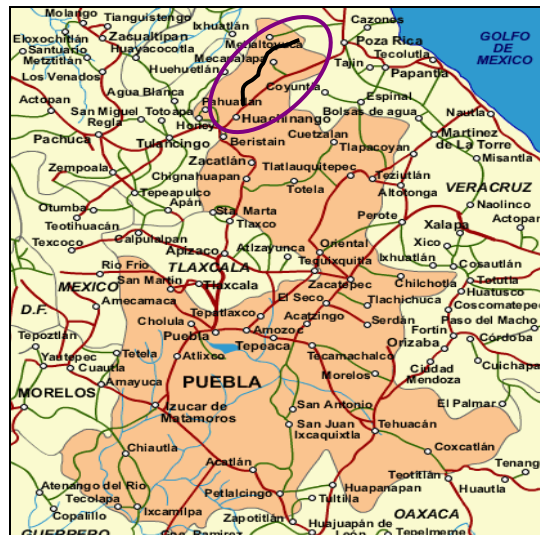


Figura II.1.- Croquis de localización del trazo del proyecto en el estado de Puebla

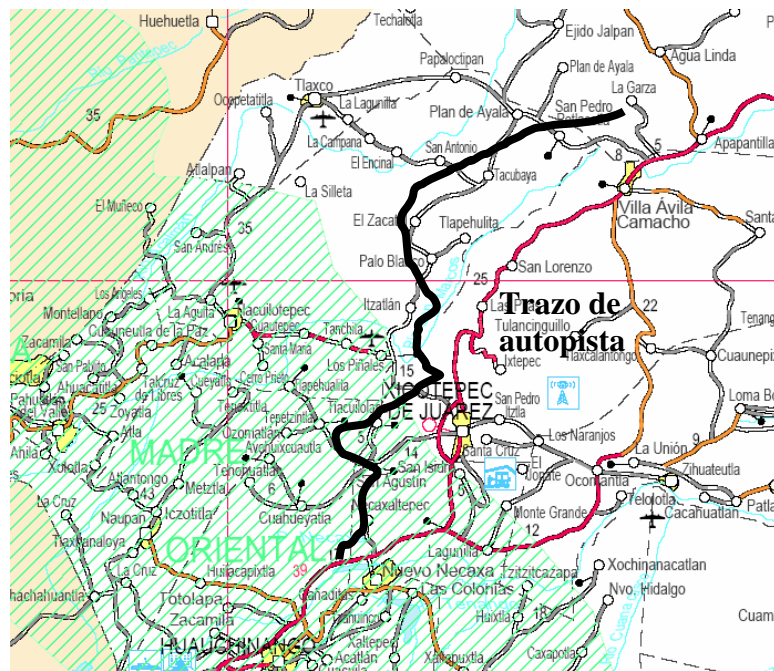


Figura II.2.- Detalle de la ubicación del proyecto, así como las vías de acceso, tanto carreteras como caminos rurales y brechas que actualmente existen en el área del proyecto.

Ubicación del proyecto con respecto a cuencas y subcuencas, áreas naturales protegidas y regiones terrestres prioritarias.

El proyecto pasa por la Región Hidrológica Tuxpan-Nautla (RH-27 de acuerdo a INEGI, 1984). Las condiciones del relieve propician un coeficiente de escurrimiento alto (6,597 Mm³). En esta región se encuentran las cuencas del Tecolutla, Cazones y Tuxpan.

Los primeros 4.5 km del proyecto se localizan dentro del Área Natural Protegida denominada Cuenca del Río Necaxa, categoría VI, con superficie de 41,693.43 ha, cuya intención es la conservación del Bosque Mesófilo de Montaña (Figura II.3). Asimismo los primeros 22 km se localizan dentro de la Región Terrestre Prioritaria denominada Bosque Mesófilo de la Sierra Madre Oriental, con superficie de 396,448 ha. Finalmente se puede señalar que se localiza al noroeste de la Región Hidrológica Prioritaria del Río Tecolutla, en la región Golfo de México, encontrándose solamente los primeros 3 km del trazo dentro de esta RHP.

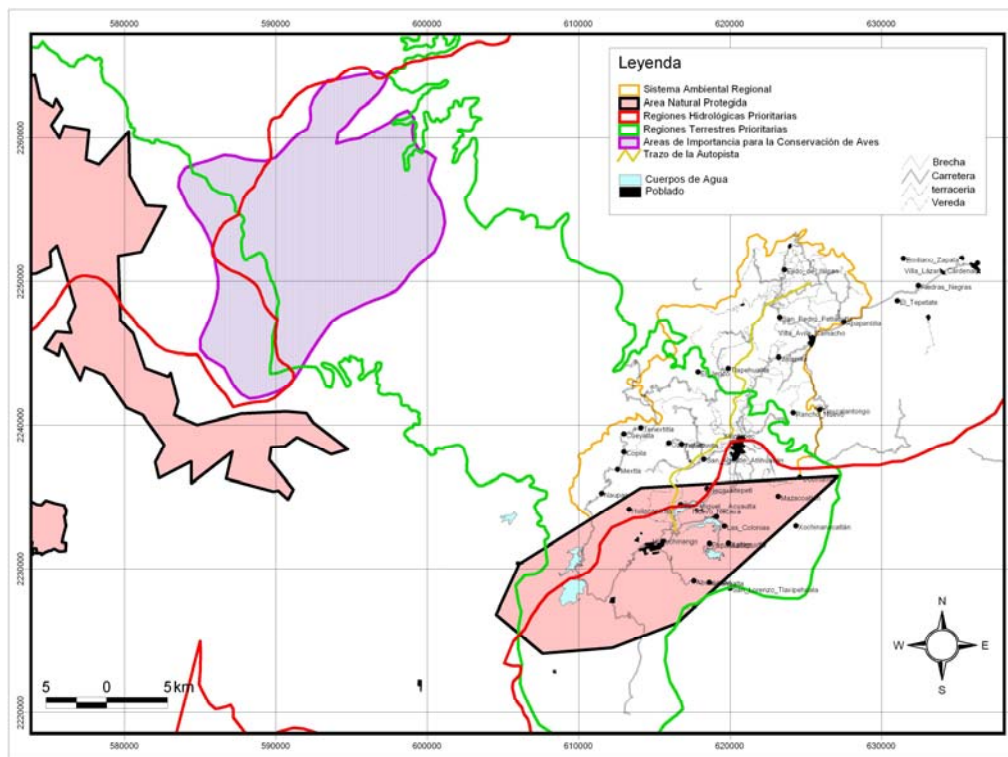


Figura II.3.- Ubicación del proyecto con respecto a Áreas Naturales Protegidas, Regiones Terrestres Prioritarias y Regiones Hidrológicas Prioritarias

a) *Región Terrestre Prioritaria (RTP)*

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental dentro del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. La RTP del Bosque Mesófilo de Montaña de la Sierra Madre Oriental tiene como finalidad la conservación y protección de la comunidad de bosque mesófilo de montaña, tan escasa en nuestro país. Esta RTP cubre una superficie de 396,448 ha.

b) *Región Hidrológica Prioritaria (RHP)*

Con base en la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO), dentro de su Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, una pequeña porción del tramo carretero en cuestión se localiza dentro de la RHP del Río Tecolutla, en la región Golfo de México. Esta RHP cuenta con una superficie de 800472 Ha.

c) *Área Natural Protegida (ANP), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) ó Reserva Ecológica*

La finalidad de estas áreas es la conservación de hábitats de flora y fauna para procurar la conservación de las especies y la protección de la biodiversidad en nuestro país. Particularmente de la conservación de hábitats para anidamiento y percha de aves en el caso de las AICAS.

Los primeros 4.5 km del trazo cruzan por el ANP denominada Cuenca del Río Necaxa, establecida para la protección y conservación de la biodiversidad del Bosque Mesófilo de Montaña.

Asimismo la zona que nos ocupa, **NO** se encuentra dentro de ningún AICA decretada. Las más próximas son Huayacocotla y Cuetzalan, ubicadas a 39.9 km y 58.7 km del trazo, respectivamente.

II.2. Características particulares del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un subtramo de la autopista México – Tuxpan en el tramo que va de Nuevo Necaxa – Tihuatlán, desde el Km. 140+243.46 hasta el Km. 178+500, con una longitud aproximada de 38 257 m, esperando dar servicio a un tránsito promedio diario anual de 5000 vehículos, con una composición de vehículos tipo A de 66%, tipo B de 7% y tipo C de 27%. Las características geométricas obedecen a una Autopista tipo A4 de acuerdo con las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT, con una velocidad de proyecto de 110 km/h, una pendiente gobernadora del 4% y una pendiente máxima de 6%; el ancho de la calzada es de 21 m. y con 2 carriles de 3.50 m por cada sentido; el ancho total de corona es de 21.00 m con acotamientos de 2.50 m exteriores en cada sentido de circulación. La curvatura máxima es de 4°15'. El proyecto se desarrolla dentro de un ancho de derecho de vía de 100m, 50m a cada lado a partir del eje de la autopista hasta el Km. 155+000 y de ahí hasta el final del trazo se tiene un derecho de vía de 60 m. con 30 m. a cada lado del eje. El área de despalme que es el área en donde se realizarán los cortes y terraplenes, y denominada área de ceros es de 176.90 Ha

La electricidad necesaria para el funcionamiento de algunos equipos como los de soldadura, alumbrado y para el alumbrado de las zonas de uso común, se abastecerá mediante plantas de luz portátiles de combustión interna. Se requerirá de un sistema de 2,500 watts. El voltaje será 220 voltios.

El combustible a utilizar será básicamente 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; para ello se contemplarán sitios de almacenaje en los patios de maniobras o talleres donde se almacena alguna cantidad en condiciones de seguridad y donde resulte más económico y práctico llevar a cabo el almacenaje, en las condiciones adecuadas y de seguridad aplicables, para el funcionamiento de la maquinaria en los frentes de trabajo. Cuando no sea necesario el almacenaje se abastecerán los equipos de las estaciones de servicio de la comunidad cercana.

Con base en el reglamento de PEMEX, el reglamento 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 esta 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 1 115 barriles de diesel y 1 726 barriles de gasolina, mismos que se suministrarán de acuerdo a la demanda de consumo que se tenga durante el avance de obra.

Se requerirá agua potable para consumo humano y agua cruda para la construcción (riegos, mezclas, etc.), ésta será suministrada a los frentes de trabajo en pipas de agua y bidones de plástico para el uso de los trabajadores. Se estima que en esta etapa del proyecto se requerirán del orden de 40 m³/ día. Parte de los servicios que requiera el proyecto podrán ser abastecidos en los poblados que se localicen cercanos a la zona. Para el trabajo de terracerías se requieren en promedio 650 m³/día, esta cantidad de agua contempla conformación de terraplenes en obra y bancos de tiro, así como en la conformación de subrasante y compactación en corte.

Se requerirán servicios complementarios, como la apertura de caminos de acceso, como parte del proceso constructivo para puentes, túneles y bancos de préstamo; actualmente hay algunas vías para acceder a los frentes, las cuales se utilizarán preferentemente. En el caso de la apertura de nuevos caminos de acceso, la empresa que realice la obra deberá tomar en cuenta no dañar al ecosistema y solo abrir los necesarios. No se conoce la ubicación ni las dimensiones de estos caminos, ya que es la empresa constructora quien los determina según los procedimientos constructivos que haya planteado en su propuesta técnica y económica para la licitación de obra. Por lo tanto, en la parte correspondiente a las medidas de mitigación en este documento, se plantean acciones específicas para estos casos

II.2.1. Programa de trabajo

Cuadro II.1.- Programa de trabajo tentativo a ejecutarse a lo largo de 5 años aproximadamente.

ACTIVIDAD	MESES														
	04	08	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
DESMONTE Y DESPALME	■	■	■	■	■	■									
ALCANTARILLAS				■	■	■	■	■	■	■	■				
TERRACERIAS		■	■	■	■	■	■	■	■	■					
TUNELES				■	■	■	■	■	■	■	■	■			
PUENTES				■	■	■	■	■	■	■					
PAVIMENTO						■	■	■	■	■	■	■	■		
OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL											■	■	■	■	
SEÑALAMIENTO VIAL														■	■

II.2.1.1. Actividades para la preparación del sitio y construcción

Preparación del sitio

Los preparativos previos son el trazo en campo del eje utilizando brigadas de topógrafos, la obtención de las autorizaciones necesarias, la adquisición del derecho de vía (liberación) y la licitación de la obra.

Previo a la actividad central del movimiento de tierras se deberá hacer el desmonte para lo cual se utiliza: tractor de orugas, tractor Terex 82-40 u otro similar, camión de volteo de 12 m³, la longitud total de la obra se dividirá en tramos de 1 km con longitud de ataque de 100 m y, como fase previa a las operaciones constructivas, es necesaria una limpieza del terreno natural, básicamente la eliminación del material orgánico, incluida la vegetación natural, fase que se denomina desmonte cuando se refiere a árboles y arbustos y despalme cuando se refiere a la eliminación de una capa superficial de terreno, incluidos los matorrales y hierba.

En esta área al inicio del cadenamamiento se tienen parches en laderas con fuertes pendientes con bosque mesófilo de montaña y acahuales de bosque mesófilo de montaña con café a la sombra en los primeros treinta kilómetros. En los últimos kilómetros el trazo cruza por terrenos con acahuales de selva mediana subperennifolia, café bajo sombra y cultivos de temporal.

A la superficie desmontada se le agregan las superficies afectadas por los caminos de acceso. No obstante éstos no están aún determinados pues es la contratista al momento de realizar la obra la que los define según convenga al proyecto, pues estarán en función del número de frentes que se abran en forma simultánea y el número y ubicación de los sitios de tiro y bancos. De tal manera que solamente es factible estimar el área a desmontar para ésta vía de comunicación de forma directa, la que estará dada por el ancho entre línea de ceros, esto es el ancho de corona más el ancho de los taludes. Debe considerarse un desmonte no solo a lo largo del eje del proyecto, también en los caminos de acceso y el ocasionado por el material de cimentación de puentes, además del área en bancos de tiro. En el área del proyecto se removerá la capa superficial de suelo orgánico empleando un tractor de oruga, seguido del tractor Terex 82-40 o similar, el cual procederá a mover el material a los lados de la línea de ceros (acamellonado) y/o del área de maniobras.

Construcción

a) Descripción general de las obras civiles a realizar.

El proyecto consiste en la construcción de un subtramo de la autopista México – Tuxpan en el tramo que va de Nuevo Necaxa – Tihuatlán, desde el Km. 140+243.46 hasta el Km. 178+500, con una

longitud aproximada de 38 257 m, esperando dar servicio a un tránsito promedio diario anual de 5000 vehículos, con una composición de vehículos tipo A de 66%, tipo B de 7% y tipo C de 27%. Las características geométricas obedecen a una Autopista tipo A4 de acuerdo con las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT (Figura II.4).

SECCION TIPO AUTOPISTA MEXICO - TUXPAN SUBTRAMO KM. 140+243 AL 178+500

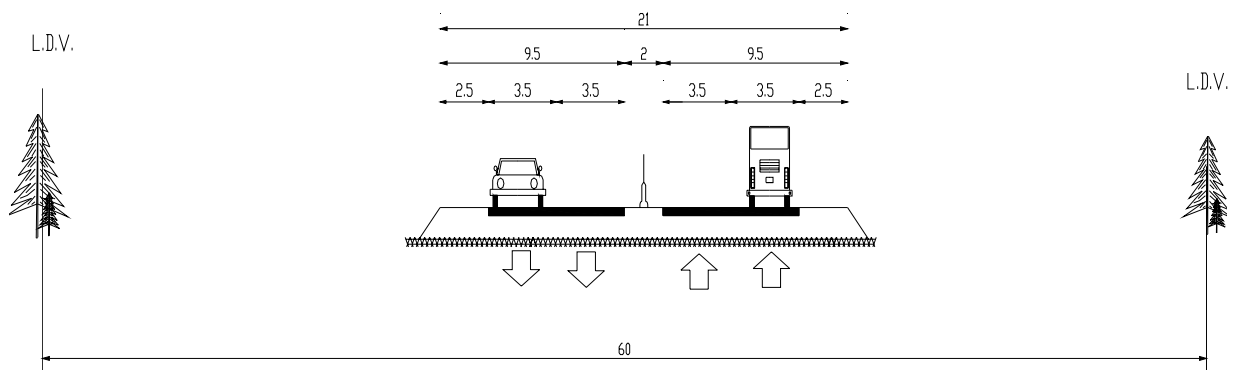


Figura II.4.- Sección tipo del proyecto, carretera A4

El terreno en sus primeros kilómetros está conformado por terreno montañoso lo que da lugar a la construcción de altos cortes y terraplenes (representados en los mapas del capítulo VIII), motivado por lo mismo también se tienen varios túneles, puentes y viaductos para salvar claros en terreno muy abrupto, en esta misma zona de montaña se localizan en mayor concentración las estructuras de drenaje menor, como son tubos de concreto o lámina, losas y bóvedas, que en algunos casos también son utilizadas como pasos superiores vehiculares o de ganado, además se tiene considerada la construcción de muros para retener los caídos de los taludes de la carretera, esto ocurre hasta el kilómetro 170+000 después se tiene terreno sensiblemente más plano en donde los cortes ya no son tan altos.

Se considera la construcción de un entronque en el kilómetro 151+700 para entroncar con la comunidad de Xicotepec. Además de 43 alcantarillas de tubo de concreto, 16 alcantarillas de losa o bóveda que hacen las funciones en algunos casos de pasos superiores vehiculares y de ganado, dos pasos inferiores vehiculares, 13 obras mayores de drenaje entre puentes y viaductos, además de 11 túneles. En este subtramo del proyecto de la vialidad en estudio se tienen contemplados dos pasos inferiores vehiculares

Además de la utilización del material producto de la excavación, se consideran los siguientes bancos de material que pueden llegar a ser utilizados en las terracerías y estructuras del pavimento de

la Autopista, aunque es responsabilidad de cada empresa constructora encargada de la explotación de tales bancos, la obtención de autorizaciones en materia de impacto ambiental para cada uno de ellos.

Cuadro II.2.- Relación de bancos de préstamo que pueden ser utilizados para este proyecto.

Nombre del banco	cadenamiento	desviación	volumen aprovechable (m ³)	clasificación	coordenada X	coordenada Y
Venta Grande	129+100	50 m Desv. Ambos lados.	200 000	60-40-00	604 666	2 222 029
Río San Marcos	163+620	1500 m Desv. Derecha	1 250 000	00-100-00	609 842	2 251 597
La Ceiba	175+675	9000 m. Desv. Derecha	1 000 000	40-60-00	617 901	2 251 901

Descripción del procedimiento de construcción de cada una de las obras que constituyen el proyecto.

Etapa de construcción

La principal actividad, consiste en el “movimiento de tierras”, necesario para conseguir una superficie uniforme que se constituirá en la base de la capa de rodamiento de los vehículos. Dicho movimiento consiste en hacer “cortes” de material pétreo en las partes elevadas y transportarlo a las partes bajas para formar “terraplenes” consiguiendo con ello una superficie geométrica, los faltantes de material, en donde los hubiese, se habrán de completar con material proveniente de bancos de préstamo, si hubiese material sobrante habrá de retirarse a los bancos de tiro. Este movimiento compensatorio es la curva masa, una solución ideal sería aquella en que los volúmenes de corte fuesen iguales a los requeridos para formar los terraplenes.

Cuando el corte es excesivamente alto se sustituye por un túnel, la proporción entre alturas usualmente está por 1 a 10, el túnel produce menos material por compensar que el corte. Análogamente cuando se requiere un terraplén de gran altura se substituye por un “viaducto o puente”.

Por el tipo de material a excavar se presume que parte de ello deberá hacerse utilizando explosivos de manera controlada, la cantidad señalada anteriormente corresponde al 20 % del volumen por excavar, para el cual se ha supuesto un promedio de 100 g por metro cúbico de material.

La capa superior del cuerpo formado habrá de pavimentarse y terminarse con una carpeta asfáltica, esta última constituye la superficie que sustenta el tránsito.

La obra se complementa con elementos estructurales para los entronques, puentes y pasos a desnivel. Asimismo, con dispositivos y señales que facilitan la conducción y propician seguridad de operación.

Los entronques y pasos a desnivel se consiguen formando rampas con la misma terracerías, por los que se elevan (o descienden) los vehículos, el paso de una a otra rampa se efectúa sobre elementos estructurales, esencialmente de concreto, algunos colados en el sitio y otros prefabricados. Estas estructuras unen dos o más de dichas rampas.

Drenaje menor

Antes de iniciar la construcción de los tramos de terracerías compensadas, se deberá haber concluido la construcción de las obras de drenaje menor dentro de cada frente de ataque, para ello, previamente, la obra de drenaje será cubierta con material adecuado para formar los terraplenes y compactada por medios manuales.

En el presente caso, se ha hecho una estimación cuantitativa de las obras de drenaje por comparación con proyectos similares, el tipo de obra propuesto en los diferentes tramos está determinado por la topografía de cada zona. En aquellas partes de pendiente media se ha previsto poner tubos de concreto de al menos 0.90 metros de diámetro y finalmente, en las zonas con mayor flujo de agua se colocarán dos o más tubos de concreto o alcantarillas construidas mediante una losa de concreto o bóvedas. En ningún caso se contempla modificar o alterar la red de drenaje natural, ni construir obras cuya capacidad sea menor a la del escurrimiento al que dan paso.

Cortes.

Las excavaciones en las zonas de corte son ejecutadas a cielo abierto y la maquinaria para la excavación será la adecuada para cada tipo de material que se presente en los diferentes tramos. Las excavaciones se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que permita el drenaje del corte, las cunetas se perfilarán con la oportunidad necesaria y en forma tal que el desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes. Los cortes y sus características se presentan en los mapas y planos del capítulo VIII. Asimismo, los volúmenes de materiales que serán extraídos en cada corte se presentan en la siguiente tabla.

Cuadro II.3.- Volúmenes de cortes contemplados para la obra.

KILOMETRAJE		APROVECHADO			CADENAMIENTO DE BANCOS	NOMBRE
		m ³	m ³	DESPERDICIAO m ³		
140-141	excavación	7226	6329	897		
	préstamo	4023			banco 129+100	Venta Grande
141-142	excavación	65661	62665	2996		
	préstamo	1509			banco 129+100	Venta Grande
143-144	excavación	64370	59236	5134		
	préstamo	2991			banco 129+100	Venta Grande
144-145	excavación	185210	179217	5993		
	préstamo	5142			banco 129+100	Venta Grande
145-146	excavación	374972	352513	22459		
	préstamo	8154			banco 129+100	Venta Grande
146-147	excavación	454017	443984	10033		
	préstamo	8602			banco 129+100	Venta Grande
147-148	excavación	214587	208773	5814		
	préstamo	8482			banco 129+100	Venta Grande
148-149	excavación	207094	63875	143219		
	préstamo	9923			banco 129+100	Venta Grande
149-150	excavación	157736	129843	27893		
	préstamo	8185			banco 129+100	Venta Grande
150-151	excavación	101656	79868	21788		
	préstamo	11123			banco 163+620	Rio San Marcos
151-152	excavación	86383	70755	15628		
	préstamo	8135			banco 163+620	Rio San Marcos
152-153	excavación	31390	21146	10244		
	préstamo	4528			banco 163+620	Rio San Marcos
153-154	excavación	592483	10365	582118		
	préstamo	4998			banco 163+620	Rio San Marcos
154-155	excavación	110499	96932	13567		
	préstamo	7774			banco 163+620	Rio San Marcos
155-156	excavación	243720	177980	65740		
	préstamo	4214			banco 163+620	Rio San Marcos
156-157	excavación	23533	23533	0		
	préstamo	7299			banco 163+620	Rio San Marcos
157-158	excavación	328353	212068	116285		
	préstamo	3101			banco 163+620	Rio San Marcos
158-159	excavación	12542	0	12542		
	préstamo	112			banco 163+620	Rio San Marcos

KILOMETRAJE		APROVECHADO			DESPERDICiado	CADENAMIENTO DE BANCOS	NOMBRE
		m ³	m ³	m ³			
159-160	excavación	441190	24553	416637			
	préstamo	5411			banco 163+620	Rio San Marcos	
160-161	excavación	284227	12689	271536			
	préstamo	2898			banco 163+620	Rio San Marcos	
161-162	excavación	81269	12317	68952			
	préstamo	2724			banco 163+620	Rio San Marcos	
162-163	excavación	170413	44765	125648			
	préstamo	4201			banco 163+620	Rio San Marcos	
163-164	excavación	0	0	0			
	préstamo	1287			banco 163+620	Rio San Marcos	
164-165	excavación	255461	45163	210298			
	préstamo	5380			banco 163+620	Rio San Marcos	
165-166	excavación	173828	10999	162829			
	préstamo	5849			banco 163+620	Rio San Marcos	
167-168	excavación	266797	2400	254397			
	préstamo	4523			banco 163+620	Rio San Marcos	
168-169	excavación	362094	2335	359759			
	préstamo	5250			banco 163+620	Rio San Marcos	
169-170	excavación	231412	36144	195268			
	préstamo	8811			banco 163+620	Rio San Marcos	
170-171	excavación	82685	45114	36571			
	préstamo	11628			banco 163+620	Rio San Marcos	
171-172	excavación	134906	134906	0			
	préstamo	12501			banco 163+620	Rio San Marcos	
173-174	excavación	54387	54387	0			
	préstamo	11596			banco 175+675	La Ceiba	
172-173	excavación	124721	124492	229			
	préstamo	11881			banco 175+675	La Ceiba	
174-175	excavación	20549	20447	147			
	préstamo	11432			banco 175+675	La Ceiba	
175-176	excavación	75924	54850	21074			
	préstamo	10285			banco 175+675	La Ceiba	
176-177	excavación	122001	114402	7599			
	préstamo	11661			banco 175+675	La Ceiba	
177-178	excavación	78697	78697	0			
	préstamo	11649			banco 175+675	La Ceiba	
178-179	excavación	75840	75840	0			

KILOMETRAJE		m ³	APROVECHADO m ³	DESPERDICiado m ³	CADENAMIENTO DE BANCOS	NOMBRE
	préstamo	11588			banco 175+675	La Ceiba
total	aprovechado		3093582			
total	excavaciones	6297833				
total	prestamo	258850				
total	desperdicio			3193294		

Todas las piedras flojas y material suelto en los taludes será removido y para dar por terminado un corte, al nivel de la capa inferior a la sub-rasante, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo determinado en el proyecto.

Acarreos. El transporte de material producto de cortes y excavaciones al sitio de formación del terraplén es lo que se denomina acarreo. Acarreo libre o no pagado es el efectuado hasta una distancia de 20 m del corte, el excedente es el denominado sobre acarreo y este se hace en camiones de caja (Materialistas o de volteo) El sobre acarreo de los materiales se considera como sigue:

- Hasta 5 estaciones de 20 m, es decir hasta 100 m (1 Hm) contados a partir del origen.
- Hasta 500 m (5 Hm) contados a partir del origen.
- En los préstamos de banco, la distancia es partir del centro del lugar de excavación del préstamo al terraplén, sobre la ruta más corta y/o conveniente, a juicio de la SCT.
- En los desperdicios, derrumbes, despalmes, escalones, ampliación, abatimiento de taludes, rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes a los sitios de tiro, se mide a partir del centro de lugar de excavación o derrumbe, sobre la ruta accesible más corta y/o conveniente, según la SCT.
- Para el agua utilizada en la compactación de terraplenes, a partir del lugar de extracción de la misma, sobre la ruta más corta y/o conveniente hasta el sitio de compactación, cabe aclarar que el agua se obtendrá de los escurrimientos o cuerpos de agua cercanos al trazo.

Terraplén

El terraplén es una estructura formada con material producto de corte, sobre la misma terracería, o proveniente de un banco de préstamo, dentro de éstas se consideran también las cuñas contiguas a los estribos de puentes y las rampas en entronques o pasos a desnivel.

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes con material de corte, se rellenarán los huecos motivados por el desenraíce, se escarificará y se compactará el terreno natural o el despalmado en el área de desplante. La formación del cuerpo del terraplén se llevará a cabo tendiendo una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor de 30 cm, en todo el ancho entre línea de ceros y en 20 m de longitud. Se regará agua sobre la capa, en cantidad aproximada a

100 l/m³ de material y se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de oruga con garra y peso de 20 ton, pasando tres veces por cada uno de los puntos que formen la superficie.

Se compactará al 90% la capa con la ayuda de la maquinaria llamada pata de cabra, con la misma se procederá a raspar y aplanar el terreno con la cuchilla o bien con una motoconformadora.

La capa subyacente o de transición será de 0.20 m de espesor, si la altura de los terraplenes es menor de 0.80 m y de 0.50 m si esta altura es mayor. En ambos casos, se deberá compactar al 95% de su PVSM según la prueba Próctor. El procedimiento a seguir será el del punto anterior, con las especificaciones dadas en este párrafo.

La capa subrasante es la porción subyacente a la sub-corona, tanto en corte como en terraplén, a la que corresponden los movimientos de terracería más económicos se le conoce como subrasante económica. La subrasante proyectada permite el alojamiento de las alcantarillas, puentes y su elevación es necesaria para evitar humedades perjudiciales a las terracerías o al pavimento, causadas por zonas de inundación. En caso de que los sitios presenten una densidad arbórea considerable, se tendrá que realizar el estudio pertinente (Estudio Técnico Justificativo) para solicitar autorización sobre el cambio de uso de suelo con las autoridades correspondientes.

Estructuras del pavimento

Estructuras del pavimento son el conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, dichas capas son (Figura II.5):

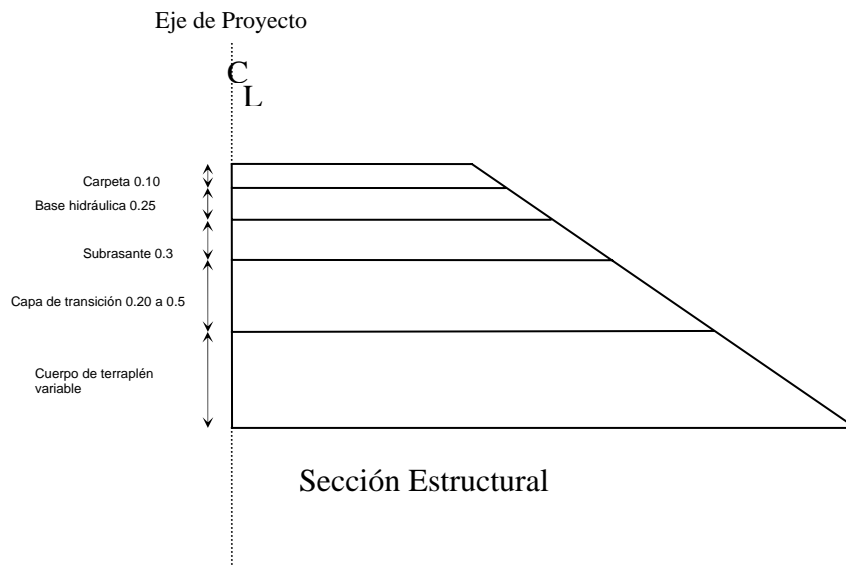


Figura II.5.- Esquema de la estructura del pavimento contemplada en este proyecto.

- *Sub-base hidráulica.*

Capa o conjunto de capas que se forman sobre la subrasante, cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a la terracería, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones.

Sobre la subrasante se construye una sub-base de 0.3 m de espesor. El material que forme esta capa, se deberá compactar al 100% de su P. V. S. M. La descarga de los materiales que se utilizan en la construcción de la sub-base debe hacerse sobre la subrasante por estación de 20 m. En caso de utilizar dos o más materiales se mezclarán en seco a fin de obtener un material uniforme. Se procederá con la motoconformadora para hacer el tendido, se extenderá el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad requerida y obtener homogeneidad en granulometría y humedad.

Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un 95%, sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto, en caso de necesitarse se escarificará superficialmente y se regará la última capa, podrá efectuarse la compactación en capas de espesores mayores de 15 cm. Siempre y cuando cumpla con la compactación adecuada. En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

Para dar por terminada la construcción de la sub-base, se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo proyectado.

- *Base hidráulica.*

Sobre la sub-base terminada se construirá la capa correspondiente a la base hidráulica de 0.25m de espesor utilizando material de bancos seleccionados para este fin. Esta capa se deberá compactar al 100% de su P. V. S. M. según prueba Pórtor estándar. El procedimiento de construcción será el mismo de la subbase, tomando en cuenta las especificaciones antes mencionadas en esta sección.

- *Riego de impregnación.*

Se aplicará asfalto rebajado sobre la superficie terminada con el fin de impermeabilizarla y estabilizarla, así como para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica, para lo anterior se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo material suelto, polvo y materias extrañas, que se encuentren en ella antes de aplicar el riego de impregnación. El riego del material asfáltico se deberá hacer en las horas más calurosas del día y por ningún motivo se deberá regar material asfáltico cuando la base se encuentre mojada. Se hará el riego

con material asfáltico tipo FM-1 a razón de 1.4 lt/m² aproximadamente, por medio de una petrolizadora. La superficie impregnada deberá cerrarse al tránsito por 24 horas siguientes a su terminación.

- *Riego de liga.*

Sobre la base impregnada, se aplicará en todo lo ancho de la sección un riego con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 lt / m² haciendo uso de una petrolizadora.

- *Carpeta de concreto asfáltico.*

Sobre la base hidráulica después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor elaborada en la planta y en caliente con los materiales procedentes de los bancos más cercanos y cemento asfáltico N° 6 con una dosificación aproximada de 100 lt/m³ de material pétreo seco y suelto, debiendo compactar el material al 95% de su peso volumétrico determinado en la prueba Marshall.

- *Riego de sello.*

Se aplicará un material asfáltico, que se cubrirá con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los materiales asfálticos que se empleen, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido. Antes de aplicar el riego de sello la superficie por tratar deberá estar seca y será barrida para dejarla exenta de materias extrañas. Se dará el riego del material asfáltico en todo el ancho de la corona, se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-A, a razón de 10 lt/m². Se cubrirá el riego de material asfáltico por una capa de material pétreo con esparcidores mecánicos. A continuación se plancharán con compactador de llantas neumáticas con peso de 4.5 a 7.3 ton, pasando una rastra de cepillos de fibra o de raíz, las veces que se considere necesario, para mantener uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordos y ondulaciones.

Túneles

Los túneles son objeto de un diseño especial, desde la definición de su sección transversal. En el presente caso ésta será constante para los 11 túneles en toda su longitud, con la pequeña variante de sobre-elevación para aquellos que se ubican en curva vertical.

Cuando hiciese falta, la sección puede ser de dos carriles de circulación y, en el caso de requerirse se puede hacer una boca para una sección de autopista a A4, con capacidad de alojar hasta 4 carriles, dos en cada sentido, con lo que el horizonte de vida útil debe cubrir al menos los próximos cincuenta años.

La sección bruta se conseguirá excavando en portales e inicio de sección por medio de excavación con maquinaria de la roca superficial intemperizada. A mayor avance en la excavación es posible encontrar roca sana (sin intemperizar) en donde se harán perforaciones con barrenos horizontales, en los que se alojarán explosivos que, por expansión, disgregarán la roca. Por medio de retroexcavadoras se rezagará el material a camiones de volteo que lo transportarán a los bancos de tiro autorizados. Todas las actividades descritas a continuación se realizarán simultáneamente en ambos frentes, es decir en el portal de entrada y el de salida del túnel.

Emportalamiento.

Conformados los taludes se procede la construcción de las estructuras cuya finalidad es proporcionar el soporte necesario en los portales de entrada y de salida; puntos de mayor riesgo ya sea por derrumbe o desgajamiento, tanto por efectos climáticos o bien por cargas mecánicas no previsibles. Estas estructuras se componen de dos secciones (ver figuras II.6.a, II.6.b), la correspondiente a los muros (sección I), cuyas dimensiones corresponden a un frente de 80 cm, un fondo en la base de 6.25 m, y una altura de 8.5 m. Sobre los muros apoyará una estructura en forma de arco (sección II), con un largo de 14 m.

La primera acción corresponde al armado e instalación del acero de refuerzo de los portales, misma que estará constituida por 40 toneladas de varilla de Acero A-36 con un diámetro tres cuartos de pulgada en cada portal. Colocado el armazón metálico, se instala la cimbra.

Como última etapa, se colará el concreto.

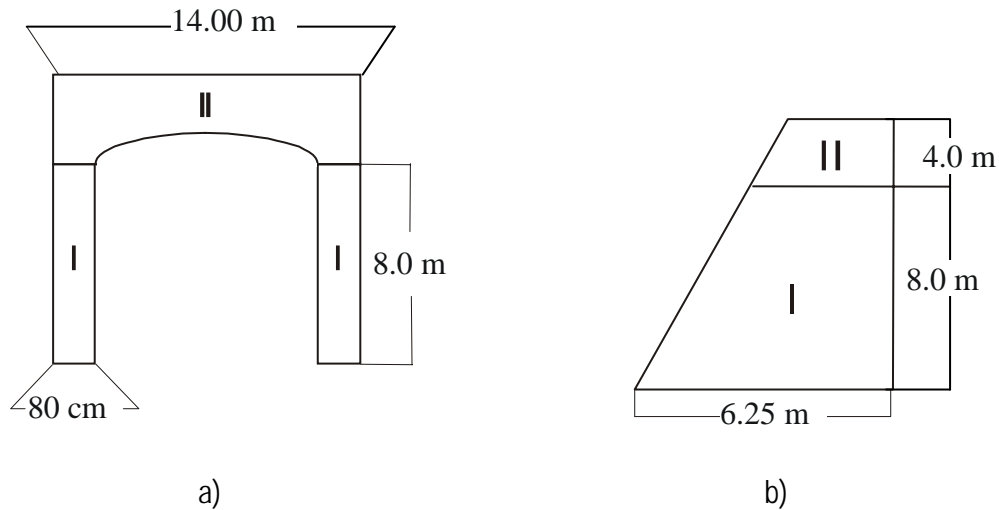


Figura II.6.- Vistas a) Frontal y b) Lateral de los portales de los túneles que se construirán para esta autopista.

Una vez concluidas las obras de emportalamiento, se inicia la excavación. Para ello se traza sobre la roca la ubicación y dimensiones de los barrenos y mediante el uso de un roto percutor se llevarán a cabo perforaciones. Estas perforaciones deberán realizarse a una profundidad que va de 1 a 2.4 metros con un diámetro de 2" (50.8 mm)

Básicamente existen dos tipos de barrenos, durante este proceso, aquellos que van en las márgenes del portal, los cuales se realizan a uno 20 cm hacia el centro del portal, llevando una inclinación ya aproximada del 7% en dirección al borde del portal. Estos barrenos se realizaran con una separación del orden de 70 cm entre cada uno (Figura II.7).

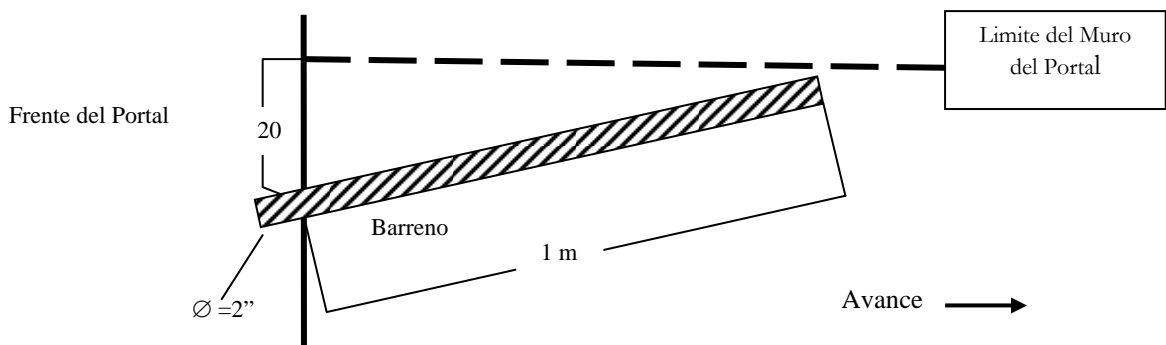
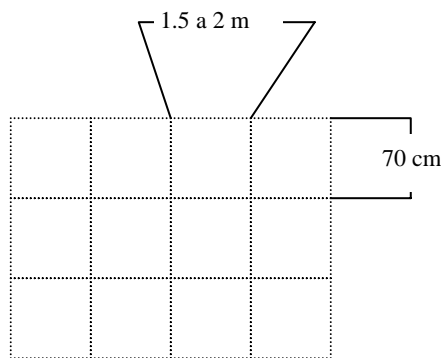
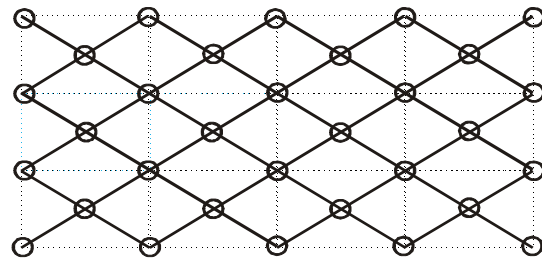


Figura II.7.- Características de los barrenos perimetrales.

El resto de los barrenos, se realizarán buscando la misma longitud de barrenado (1 m) pero con un ángulo de 0° tanto horizontal como verticalmente. Antes de realizar las perforaciones se trazará una cuadrícula en forma de guía, encontrándose cada punto a una distancia horizontal variable que va de entre 1.5 a 2 m y una distancia vertical de 70 cm. Terminada la cuadrícula sobre el frente, se trazan diagonales y se marca el cruce de las líneas siendo ese sitio en el cual se realizarán los barrenos (Figuras II.8.a y II.8.b).



a) Primer trazo.



b) Trazado final y localización de barrenos.

Figura II.8.- Trazado para la localización de los barrenos.

Explosivos.

Se introducirá en cada uno de los barrenos el cordón de corte (previa conexión al fulminante), presionándolo hasta no dejar espacios vacíos mediante el uso de vara de madera suave, siendo este el material antiestático más económico. Llenos los barrenos, se conectan los fulminantes a las mechas realizando el tendido hasta la distancia y sitio seleccionado para activar la detonación.

Detonación.

Antes de realizar la detonación se harán dos avisos preventivos mediante el uso de una sirena, sucediéndose a intervalos de 5 minutos cada uno. El tercer aviso corresponderá a la detonación, la cual se caracterizará por corresponder a la explosión simultánea de todos los barrenos. Sucediada la

explosión, se espera el tiempo necesario de acuerdo al criterio del responsable de obra, para evitar cualquier incidente. Finalmente, se evaluará la eficiencia de la detonación, en caso de que hubiese quedado material fragmentado parcialmente se emplearán los métodos mecánicos necesarios para cumplir con los objetivos requeridos.

Remoción de escombros.

El material fragmentado se retirará del sitio mediante el uso de una retroexcavadora con capacidad de una y media yarda cúbica, colocándole en el sitio mas adecuado a juicio del responsable de la obra y de acuerdo a lo especificado en materia de bancos de tiro, además de que el acarreo sea económicamente viable.

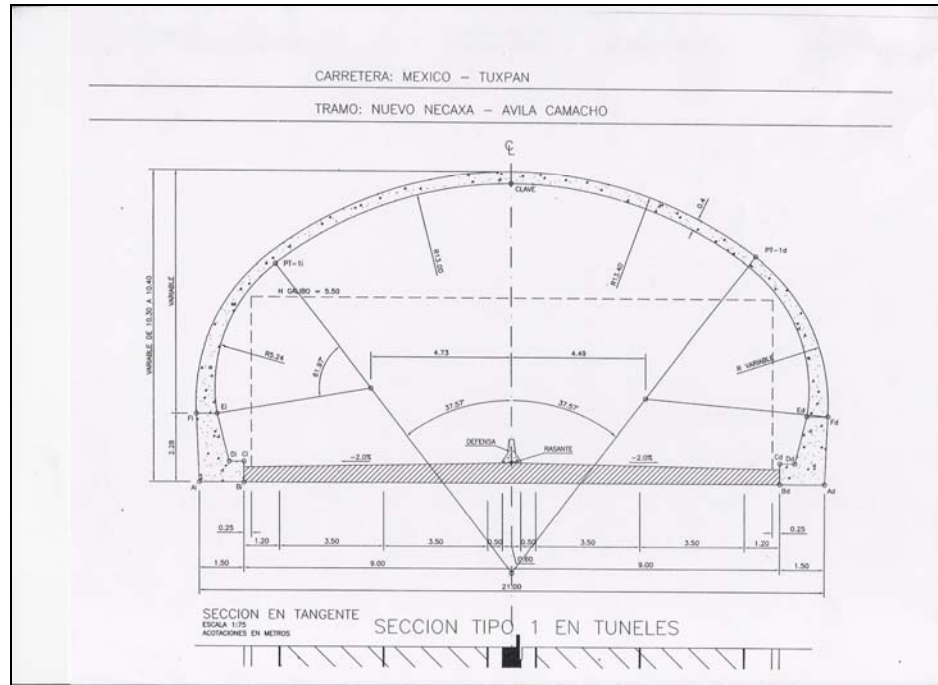
Conformación del túnel.

Ya constituidos los portales de entrada y de salida, se procederá a la excavación del túnel, acciones que se realizaran simultáneamente por ambos frentes. Por varias razones, tanto constructivas, operacionales como de seguridad, la excavación del túnel, se realizará en dos grandes etapas.

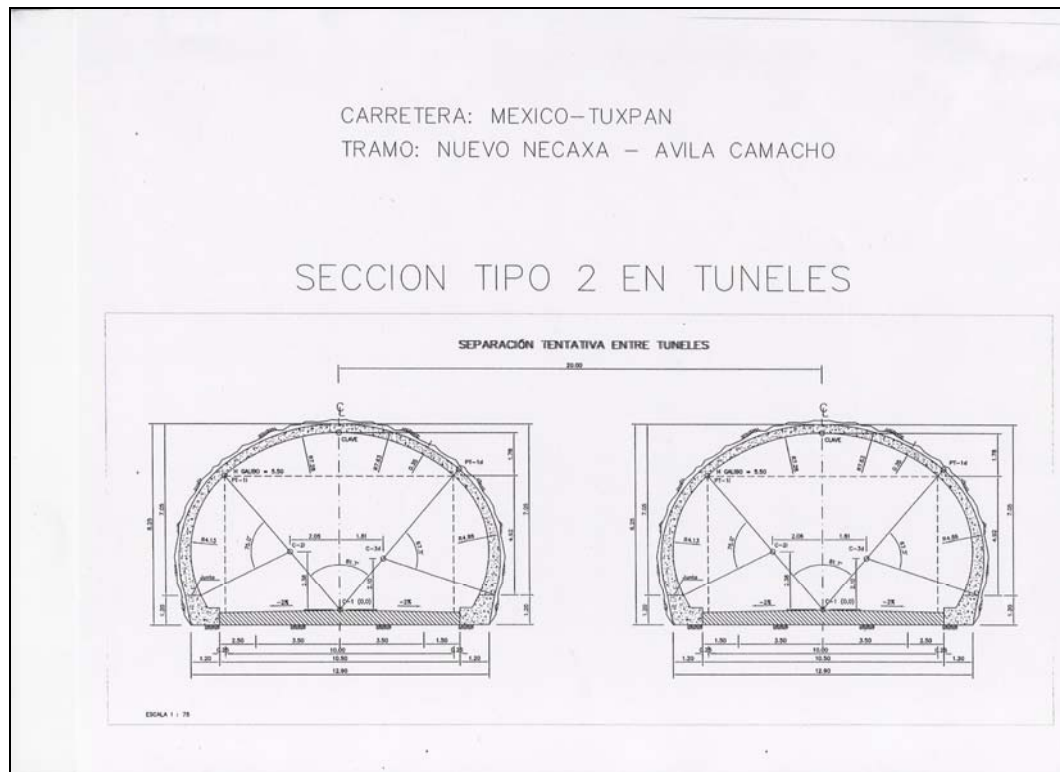
La primera, durante la cual se realizaran los trabajos de la excavación de la sección media superior o techo del túnel, la cual, una vez concluida, permitirá la excavación de la sección media inferior (Banco). Se contemplan dos posibles secciones para los túneles (Figuras II.9 a y b)

Excavación de la sección media superior.

Durante la excavación de techo, el trazo para la disposición de los barrenos dependerá exclusivamente del criterio del responsable de la obra, pudiendo variar en un sin numero de diseños. Concluidos los barrenos, y previo desalojo del área, los responsables del manejo de explosivos (2 personas para cada portal en cada turno) insertarán en el explosivo los iniciadores, introduciéndolo posteriormente en el barreno mediante una vara de madera. Posteriormente se irá introduciendo el resto del material explosivo conforme a las especificaciones consideradas por el responsable de la obra.



a)



b)

Figura II.9.- Dos tipos diferentes de secciones contempladas para los túneles en este proyecto

Sección de túneles

Una vez rellenados los barrenos se unen a las mechas y se tienden hacia el sitio de control, el cual se ubicará en un lugar seguro. Se programará la secuencia de las detonaciones y una vez preparados, se sonará la sirena como aviso en dos ocasiones a intervalos de 5 minutos, cada una. El tercer aviso notificará la detonación. Las posibles secciones de los túneles se representan en las anteriores figuras.

Ventilación

Concluida la detonación, se procederá a inyectar aire mediante ventiladores de alimentación eléctrica con capacidad de 15 H. P. los cuales se conectarán a tubería plástica flexible de un diámetro de 60 cm, acción indispensable antes del ingreso del personal.

Desalojo de material.

Asegurada la calidad del aire dentro del túnel, se evaluará la eficiencia de la detonación, la cual, de haber sucedido conforme a lo proyectado, permitirá la extracción de la roca fragmentada mediante el uso de una retroexcavadora con capacidad de una y media yardas cúbicas. En el caso de no obtenerse los resultados de fragmentación deseados, será necesario emplear los métodos mecánicos necesarios o bien, programar una nueva detonación, contemplando los factores causantes de la falla en el próximo diseño.

Colocación de marcos.

Una vez concluida cada detonación será necesario reforzar el techo del túnel, para lo cual se construirán marcos con viguetas de Acero IPR de 12". Con una forma similar y aproximada a la del túnel, al momento de su colocación se calzara con maderos.

Dada la conformación de la roca, su calidad y los estratos presentes, los marcos deberán ser colocados en los primeros 80 metros de avance a partir del portal de entrada, y en los 60 metros de avance a partir del portal de salida. La distancia entre los marcos irá de 1 a 1.5 metros y para proteger los muros y techo del túnel de posibles erosiones, recibirá una capa de concreto lanzado de 6 cm de espesor.

Barrenado de la sección media inferior del túnel (Banco).

Las características y forma del banco obligan a realizar barrenos paralelos a los muros, con una inclinación hacia el frente, sección frontal que al no tener oposición dará salida al material fragmentado (Figura II.10).

A continuación, al igual que la parte superior, se tiene la carga y detonación de explosivos, así como la ventilación y el rezago del material fragmentado.

Revestimiento.

Una vez concluidas las actividades de excavación, se procederá a la construcción de la estructura de revestimiento definitivo, el cual tiene la finalidad de proporcionar al techo y muros la estabilidad requerida por la obra. Esta actividad requiere de la colocación de la cimbra, armado del refuerzo de acero y +colado del concreto. El revestimiento tendrá un espesor de 60 cm para los tramos que van de los 0 a los 80 metros del portal de entrada, y los 0 a los 60 metros del portal de salida, el tramo restante, contara con un espesor de 45 cm.

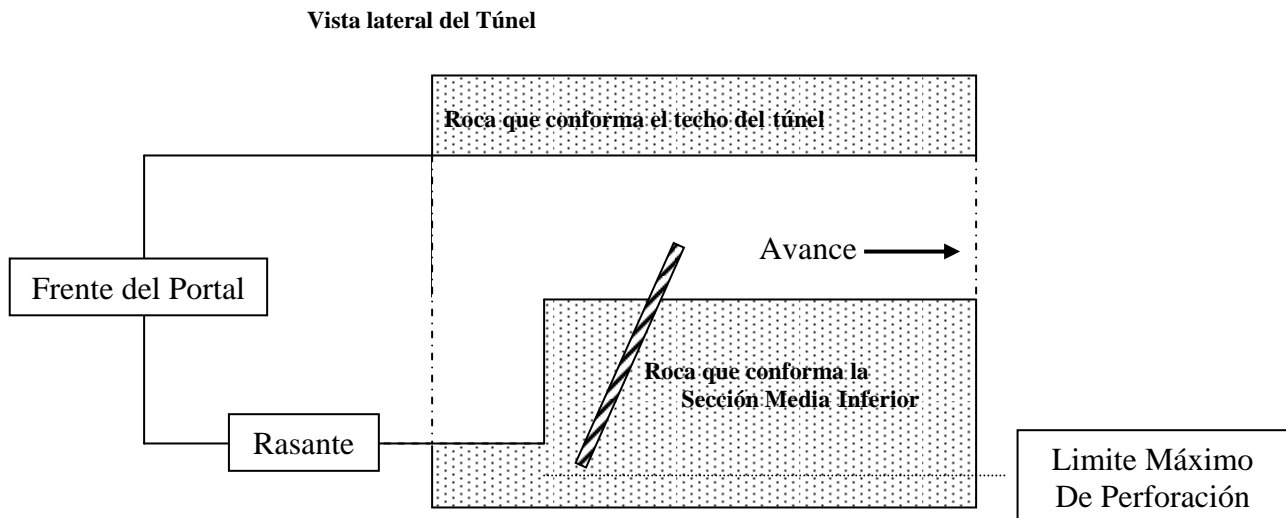


Figura II.10.- Barrenado de la sección media inferior del túnel (Banco).

La siguiente tabla muestra los tiempos estimados de ejecución, para 750 metros de túnel, considerando laborar 24 horas diarias. Cuadro II.4.

Cuadro II:4.- Programa de actividades para la construcción de Túneles.

Actividad	Mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Emportalamiento.	■	■											
Construcción de la caseta de control para sistema de iluminación del túnel.		■	■	■									
Barrenado.		■	■	■	■								
Uso de explosivos.		■	■	■	■	■	■	■					
Excavación de la sección media superior.		■	■	■	■	■	■	■					
Colocación de marcos.		■	■	■	■	■	■	■					
Recubrimiento con concreto lanzado.		■	■	■	■	■	■	■					
Almacenamiento temporal de roca producto de la excavación.		■	■	■	■	■	■	■	■				
Excavación de la sección media inferior (Banqueo)					■	■	■	■	■				
Colado de concreto.								■	■	■	■	■	
Instalación del alumbrado interior.													■
Instalación del alumbrado exterior.													■

Puentes

Los puentes que se pretende construir serán para salvar barrancas y escurrimientos existentes. Todos ellos tienen diseño especial debido a lo diferente y abrupto de la topografía del terreno en la zona donde se ubican. En varios de los casos el acceso al sitio se hace a través de la misma terracería en construcción; sin embargo en otros habrá de habilitarse una brecha a la pila del puente, asimismo un espacio de recepción y almacenamiento temporal de varios componentes y materiales que intervienen en su construcción.

La construcción de la superestructura de los puentes se caracterizará por la colocación de elementos de concreto reforzados y prefabricados, principalmente serán vigas para salvar los claros existentes entre pilas para que después de ser colocadas mediante grúas, se construya una losa de concreto reforzado sobre estas vigas y que finalmente se coloque una carpeta asfáltica como superficie de rodamiento. El esquema general de un puente se muestra en la sección de la figura II.11.

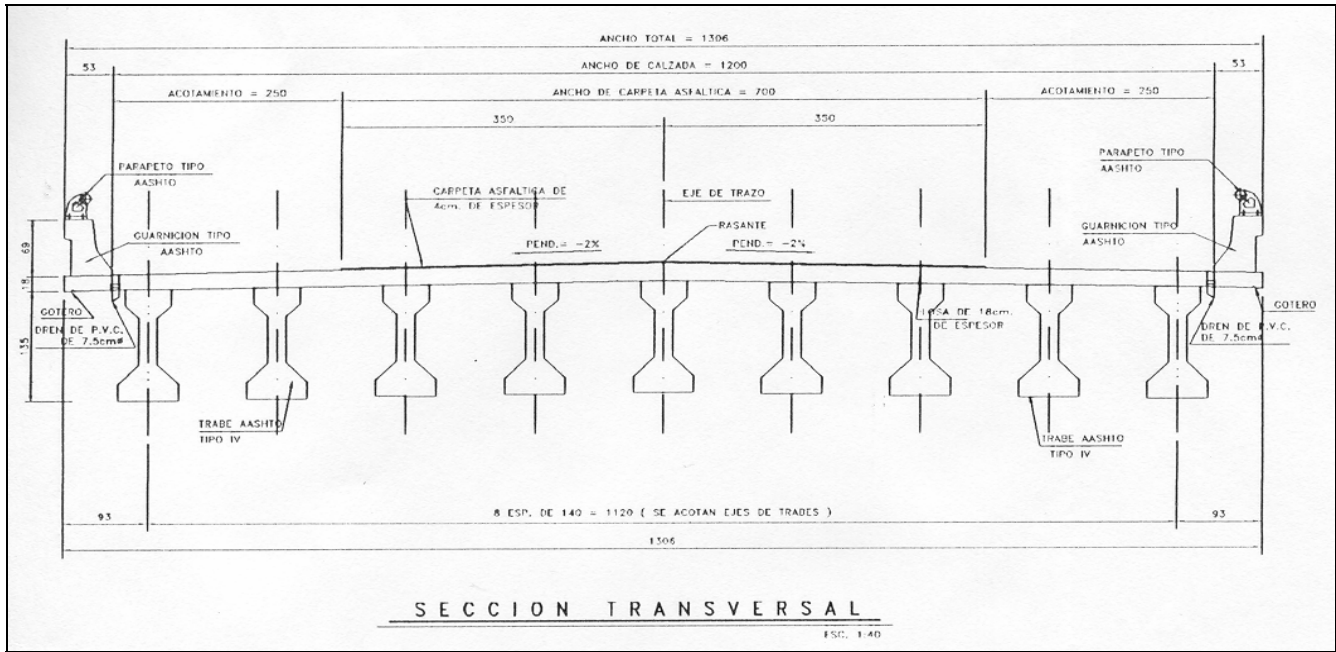


Figura II.11.- Sección transversal típica de un puente en construcción.

Cimentación y subestructura de puentes

La cimentación consiste en la excavación bajo la zona de estribos y de pilas hasta alcanzar una capa de material pétreo sano, de buena resistencia, en cualquier caso la base debe producir sobre el terreno cargas superiores a las 300 Toneladas por m² y la base quedar sobre el nivel del NAME o bien enterrada para evitar la socavación del terreno bajo el nivel de desplante (Figura II.12).

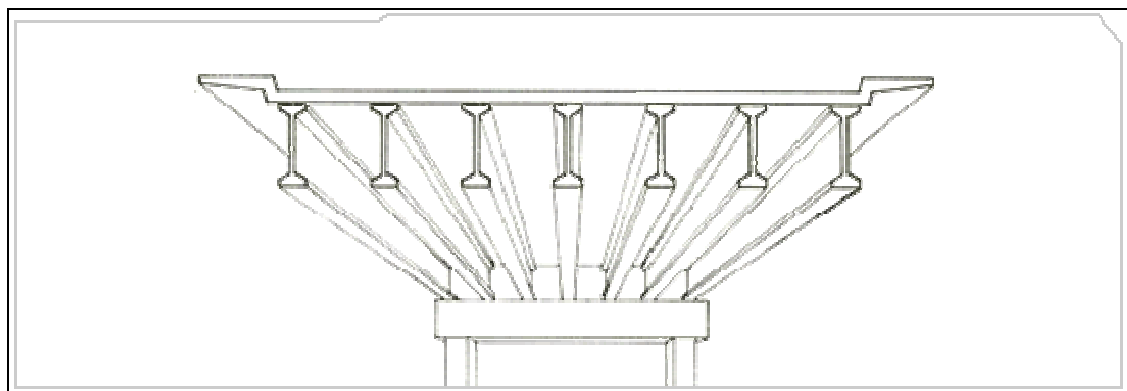


Figura II.12.- Sección transversal más común de los puentes que serán construidos

II.3.4 Operación y mantenimiento

Descripción general de los procesos y operaciones principales,

Los trabajos a que se refiere en la siguiente parte son los de conservación y mantenimiento de la Autopista: 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 SCT que deben de llevarse a cabo para el mantenimiento de las autopistas, 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 la SCT

1. Prever el programa quincenal inicial de conservación preventiva y correctiva, que deberá ser actualizado anualmente. Entregar programa quincenal actualizado al centro SCT. y a la DGPSCT.
2. Obtener índice de servicio actual o IRI de la superficie de rodamiento, para delimitar los tramos homogéneos. Para la evaluación del pavimento proceder como lo indica el Sistema Mexicano de Protección de Pavimentos o el que se implante en la vialidad.
3. Evaluar las obras de drenaje y subdrenaje 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 de la SCT.
4. Identificar terraplenes y cortes que presenten en el momento de la inspección, problemas de inestabilidad, movimientos inaceptables, derrumbes, erosiones, etc. Para su estudio proceder como se indica en el anexo PC-3 correspondiente al Programa de Conservación Preventiva de la SCT.

5. Inspeccionar las condiciones físicas de las estructuras que presenten problemas. Para la evaluación de las estructuras proceder como se indica en el anexo PC-5 correspondiente al Programa de Conservación Preventiva de la SCT.
6. 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 de la SCT.
7. Contratar la ejecución de los estudios del estado de las vialidades. Enviar el estudio terminado, indicando la alternativa de solución que considere más adecuada a la DGPSCT y al centro SCT correspondiente.
8. 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 la Dirección General del Centro SCT correspondiente.
9. 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:
 - Cercado e invasión del derecho de vía. Reforestación en su caso.
 - Retiro de derrumbes, basura y limpieza de la superficie de rodamiento.
 - Falta de señales que pongan en peligro al usuario o lo desorienten.
 - Destrozos en jardinería.
2. Realizar inspecciones semanales o cuando se requiera en la vialidad o de acción inmediata si fuera necesario para detectar problemas y corregirlos en:
 - Defensas y señales de tipo normal
 - Obras de drenaje
 - Obras complementarias de drenaje
 - Baches, calavereo, grietas, deformaciones, etc., en el pavimento.
 - Colocación de propaganda no autorizada

- Limpieza de cunetas y derecho de vía
- Daños en el camino por efecto de accidentes
- Contracunetas y subdrenajes
- Cajas y/o canales de entrada y salida de obras de drenaje
- Deslave en terraplenes
- Fallas locales de cortes
- Postes y fantasmas
- Deshierbe y poda de vegetación
- Terraplenes de acceso a estructuras, principalmente en el área de juntas
- Apoyo y juntas de estructura
- Pintura en general

a) Descripción detallada de las tecnologías que se utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y el control de residuos líquidos, sólidos y gaseosos.

Los accidentes que con más frecuencia se pueden presentar son los siguientes:

Choque entre vehículos.

Atropellamiento de peatones.

Choque de vehículos contra estructuras.

Para estos tipos de accidentes, muy comunes en las Autopistas de México, no existen planes de emergencia; los pobladores del lugar y los servicios médicos más cercanos serán los que brinden apoyo a quienes se vean envueltos en estos accidentes.

Derrames de sustancias peligrosas por accidentes de pipas que transportan dicho material

En estos casos, se deberá solicitar inmediatamente la intervención de las autoridades: Secretaría de Comunicaciones del Estado, Protección Civil, y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado, quienes deberán determinar el grado de peligrosidad de la sustancia derramada, e implementar los planes de protección a la población civil y al medio ambiente que sean necesarios.

Se utilizará como principal tecnología la maquinaria pesada que usa combustible diesel y lubricantes.

Programa de mantenimiento

Presentar una descripción del programa de mantenimiento de las instalaciones del proyecto, donde se detalle lo siguiente:

a) Actividades de mantenimiento y su periodicidad.

Para las actividades de mantenimiento se tiene lo siguiente:

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

Mantenimiento de taludes, para estas actividades se tiene que verificar diariamente los taludes y cortes, 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 Autopista.

Mantenimiento de áreas verdes que incluye, poda, deshierbe y riego.

b) Calendarización desglosada de los equipos y obras que requieren mantenimiento.

Este programa lo realizará la contratante del mantenimiento y no se cuenta con uno en este momento; en cuanto se tenga se pondrá a disposición de las autoridades de SEMARNAT para someterlo a su consideración.

c) Tipo de reparaciones a sistemas, equipos y obras. Incluir aquellos que durante el mantenimiento generen residuos líquidos y sólidos peligrosos y no peligrosos.

Los equipos a utilizar con mayor frecuencia serán los siguientes:

Camioneta pick up, vehículo de bacheo, camión de volteo o caja plana, rodillo o compactador y equipo manual necesario.

Para el riego de áreas verdes, tendrá que hacerse cada tercer día con pipas.

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, chequeo de luminarias en zona urbana, pintura, reposición de material de la superficie de rodamiento, poda y mantenimiento de las áreas verdes.

Mantenimiento Mayor.

Este mantenimiento consiste en trabajos en los que se requiere del cierre de un carril 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 que cubre todos los aspectos de los cuales por mencionar algunos se tienen:

- Confiabilidad, adecuado señalamiento, comodidad, maniobrabilidad y visibilidad,
 - Verificación del nivel de servicio.
 - Recorridos de chequeo.
 - Los recorridos de chequeo son actividades encaminadas al control y supervisión de los trabajos de mantenimiento y de operación del camino.
 - Listado de maquinaria y equipo
- b) Descripción de los diferentes procesos y operaciones unitarias que se llevarán a cabo para el mantenimiento de la infraestructura: en la vía, el camino, los cortes, cunetas, canaletas y otras de tipo hidráulico, camellones, túneles, puentes y otros dentro del derecho de vía, así como en los servicios para la operación, de protección ambiental, administrativos, entre otras.
- La maquinaria empleada en la operación consta de una camioneta tipo pick-up para el transporte del personal y cuadrillas de trabajo requeridas para la operación del camino. En cuanto al mantenimiento del camino se requiere de equipos como pipa para regar áreas verdes y otra para abastecer casetas u otras zonas que requieran del uso de agua. Para las cuadrillas de mantenimiento y del alumbrado en las zonas donde se requiera, para el camino se transportarán en camión de volteo o en las camionetas para tal fin junto su equipo; así mismo, también se requiere de un camión para recolección de residuos y de la basura generada en la limpieza de la carpeta y obras anexas como las alcantarillas, drenes y cunetas, así como, 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.

II.2.1.3 Actividades para el desmantelamiento y abandono de las instalaciones

En general a este tipo de obras para vía de comunicación no se abandonan, en lugar de eso el mantenimiento es constante incluso cuando los materiales de que están conformadas llegan al final de su vida útil lo que procede es un mantenimiento mayor, ya sea una reestructuración de las capas del pavimento o incluso una ampliación para que brinde un mejor servicio, todo esto para que continúe operando la vialidad por tiempo indefinido.

Las plantas para la elaboración de concretos tanto asfálticos como hidráulicos después de la construcción de la Autopista deberán retirarse, y la superficie en la que se instalarán deberá rehabilitarse según el uso que tenía antes de la instalación de dichas plantas.

El uso durante la construcción prevé el tránsito de camiones de carga y depósito de materiales para la fabricación de los concretos, la compactación del suelo por la circulación de camiones y los materiales que se almacenarán de tipo inerte inhabilitarán el sitio para el crecimiento de plantas, en este caso se debe retirar por completo el material inerte y cualquier derrame de asfalto, cemento, concreto asfáltico o hidráulico y tender en el sitio suelo con materia orgánica en cantidad suficiente para propiciar la propagación de especies vegetales.

Los sitios que se desmontaran y que después serán utilizados para transitar con camiones o maquinaria pesada, los cuales pueden ser caminos de acceso, patios de maniobras, plantas de asfalto o de concreto hidráulico o bancos de material, en general los problemas que presenta son pérdida de árboles y de cubierta vegetal incluyendo suelo, además de compactación de la superficie resultante. Las acciones elementales para la restitución de las condiciones originales o incluso mejorar las tendencias negativas serán, escarificar el suelo utilizado para descompactar, después colocar materia orgánica para propiciar la formación del suelo vegetal, para finalmente establecer un programa de reforestación.

Cuando se trate de caminos ampliados muy probablemente ya no sean susceptibles de ser restituidos a su función o tamaño original puesto que serán de gran utilidad a los pobladores o incluso algún camino nuevo que debido a su funcionalidad se quede operando como camino.

II.2.2 Programas de prevención de la contaminación y manejo de residuos

A continuación se indican los residuos que se presentarán en las etapas de construcción y operación, los cuales se pueden considerar válidos para ambas etapas.

La disposición final se hará donde lo indiquen las autoridades municipales.

Residuos sólidos

El primer tipo de residuo que se va a generar, será el suelo y residuos vegetales producto del desmonte y despalme. Una parte del material vegetal desmontado se podrá obsequiar a los habitantes locales 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 los cortes, que se utilizarán para la construcción de terraplén.

El otro tipo de residuos que se van a generar serán el resultado de la estancia de los trabajadores en el área, los residuos serán papel, cartón, residuos orgánicos, latas y vidrio. Considerando el factor de generación de basura de 0.450 kg/persona/día, los desechos domésticos que se generarán sumarán aproximadamente 45 000 kg en el lapso de los 60 meses que durará la construcción del proyecto.

En cuanto a los residuos sólidos industrializados y residuos peligrosos, cabe mencionar que se prevé la generación de basura industrializada como bolsas de papel, empaques de cartón, vidrio y plásticos, entre otros; considerados como residuos sólidos industrializados, así como latas vacías o con algún contenido de pinturas, solventes, aceite o lubricantes, aceites usados y estopa impregnada de grasas, éstos últimos considerados como residuos peligrosos de acuerdo al Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y NOM- ECOL-052-1993, NOM- ECOL-053-1993.

Los residuos industrializados se generarán en los patios de maquinaria y talleres y se dispondrán temporalmente en un almacén dentro de los patios de maquinaria, en este lugar se estabilizarán aquellos residuos que lo requieran, una vez hecho esto 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, posteriormente se embalará y pondrá a disposición de una empresa autorizada por SEMARNAT para la disposición definitiva de estos materiales peligrosos.

En cualquier caso la generación de residuos peligrosos será mínima, se estima que podrá ser entre 60 y 70 Kg/mes, adicionalmente estos materiales serán residuos de materiales de operación o de mantenimiento de maquinaria lo que implica una condición de bajo riesgo para el suelo y agua, por lo mismo con el cumplimiento de las reglamentaciones en vigor se generará un impacto mínimo al ambiente.

Otro tipo de residuos sólidos serán los dejados por los usuarios de la Autopista. 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 depositados, según las autoridades lo establezcan.

Residuos líquidos

La principal fuente de líquidos no peligrosos, es el agua de consumo humano, esta tiene tres componentes, la utilizada para beber que debe ser potable (3 litro/día - humano), y las requeridas para la higiene, más la que se genera como producto de los desechos orgánicos. Dada la naturaleza del uso, las dos últimas necesidades utilizan fundamentalmente agua cruda.

Respecto al agua de limpieza e higiene se anticipa que aun cuando su volumen puede ser importante (100 lt/día-trabajador), esta puede ser expuesta a fosas de desecación para su manejo y control, respecto al agua de los desechos humanos, en los frentes de obra se instalarán sanitarios que serán portátiles, la empresa que rente el servicio deberá dar mantenimiento diario a este equipo.

Durante la operación, las aguas residuales se generarán permanentemente por el uso de los servicios sanitarios instalados. Para ello se tendrán que construir fosas sépticas para el agua residual que se genere en las cafeterías y baños.

Se contemplarán pendientes adecuadas para desalojar el agua de la superficie de rodamiento así como las obras de drenaje (alcantarillas, bordillos, lavaderos, cunetas, etc.) para permitir el libre flujo de los arroyos intermitentes o continuos cuyo paso afecte el terraplén del camino. Sin embargo, la obra como tal, no tendrá descargas de aguas residuales.

En cuanto a los residuos industriales líquidos, para evitar el derrame de combustible y aceite en los talleres, se prevé la construcción de un firme de cemento con concreto para proteger el suelo de derrames accidentales, en las reparaciones se va a recoger los productos en charolas que serán vaciadas en tambos y enviados a lugares especializados en disposición de residuos.

En cuanto a las plantas de asfalto también se prevé colocarlas sobre firmes de cemento y concreto para evitar el asfalto se derrame sobre el suelo.

Emisiones a la atmósfera.

Durante la construcción, se van a general polvos durante casi todas las actividades, estos polvos van a ser dispersados en el aire y depositados en los alrededores. También van haber emisiones a la atmósfera por parte de los automotores, pero estas van a ser pocas en comparación con las que se generen durante la operación del tramo.

Durante la operación de la autopista, la única actividad relevante será el tránsito vehicular. Se estima que el umbral máximo de circulación será de 8,000 unidades/día; con esta carga vehicular se prevé una carga de emisiones como se observa en el cuadro II.5.

Cuadro II.5.- Estimación de emisiones durante la operación de la Autopista

Contaminante	Kg/h
Hidrocarburos	156.71
CO	325.46
NOx	334.50
PM ₁₀	15.77

El tránsito vehicular en el tramo 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 los siguientes factores:

- Densidad del flujo vehicular.
- Tipo de combustible (gasolina o diesel).
- Calidad del combustible (magna sin o diesel).
- Cilindrada y estado de desgaste de los motores.
- Aceite quemado por efecto de desperfectos mecánicos.

Los factores mencionados no pueden ser estandarizados a condiciones constantes, ya que son características que oscilan entre un vehículo y otro. Adicionalmente, la dispersión de los contaminantes, al igual que la emisión, dependerá de varios factores:

- Velocidad del viento.
- Temperatura ambiental.
- Humedad relativa.
- Forma y tamaño del espacio al cual son emitidos.
- Concentración inicial del contaminante.

Por lo anterior, se considera que no existen a lo largo del trazo condiciones de confinamiento para las diferentes emisiones y las estaciones climatológicas cercanas indican al menos velocidades de vientos mayores a 5 m/s lo que asegura que las capas de mezclado y la distancia de dispersión se alcancen rápidamente en cualquier punto del trazo, por lo que el problema de un impacto del aire no sea importante.

En conclusión, se prevé que en el área de estudio las emisiones vehiculares contaminantes no alcanzarán una concentración importante en la atmósfera y que las condiciones atmosféricas prevalecientes son suficientes para dispersar las emisiones al medio, que cuenta con un fuerte valor de resiliencia para manejar el impacto.

II.2.3 Programa de protección y recuperación de vegetación y hábitat

En esta sección se describirán de forma resumida las afectaciones ambientales que por lo general se presentan al desarrollar proyectos similares y que por consiguiente, su mitigación y prevención ha sido contemplada en este proyecto de forma preliminar al resolutivo en materia de impacto ambiental.

Las afectaciones típicas al ambiente por la construcción de vías de comunicación se enlistan a continuación, en la mayoría de los casos existen medidas de mitigación para cada uno de los impactos.

Delimitación del área de trabajo

La delimitación del área de trabajo comprende entre otras cosas, la realización de los trabajos de topografía necesarios para la elaboración del proyecto geométrico del trazo, las brigadas encargadas han debido cortar las ramas y los árboles que obstaculicen el trazado. Ello constituye un impacto adverso sobre la vegetación, de baja magnitud debido al reducido número de árboles que requieren ser cortados. Dichos árboles se encuentran generalmente dentro de la zona de ceros, por lo que de cualquier manera serán removidos para la construcción de la carretera.

Desmante y Despalme

El desmante es la primera actividad que genera un efecto adverso significativo sobre la vegetación y la fauna del sitio, así como sobre las características del suelo, aumentando la susceptibilidad a la erosión. De igual manera, las características del paisaje natural son modificadas, debido a que se talan los árboles que se encuentren sobre el trazo y se eliminan arbustos y hierbas a lo largo del área que será ocupada directamente por el terraplén del tramo, más una franja lateral destinada al derecho de vía. En particular, la capacidad de infiltración del agua superficial se ve disminuida, puesto que al retirar la vegetación, la velocidad de escurrimiento del agua aumenta y por lo tanto disminuye la cantidad de agua que se infiltra. Asimismo, el sombreado producido por la vegetación arbórea se elimina, lo que trae como consecuencia una mayor insolación y calentamiento del suelo, aumentando así la evaporación de forma muy puntual.

El despalme consiste en eliminar la capa de tierra vegetal que cubre el suelo del sitio donde se construirá el terraplén. El espesor de la capa removida varía según las condiciones del terreno. Lo anterior genera un impacto sobre la calidad del suelo, el cual será posteriormente modificado de manera permanente por las siguientes etapas de la construcción de la Autopista.

A diferencia del desmonte el despalme afectará principalmente a la vegetación de poca altura, tal es el caso de las hierbas y algunos arbustos, localizados en el área donde se construirá el terraplén. Asimismo la fauna de talla pequeña que vive buena parte del año enterrada en el suelo, se ve afectada y también las madrigueras de algunos mamíferos.

Los impactos derivados tanto del desmonte como del despalme serán atendidos mediante la realización de un proyecto de restauración ecológica de las superficies afectadas.

Excavaciones en cortes

Esta fase de la obra comprende la excavación del corte y la remoción del material producto del mismo; su carga acamellonamiento y/o traslado al sitio donde será usado posteriormente, así como las actividades de armamento del corte. En todas estas etapas se utiliza equipo pesado cuyos impactos principales se darán dentro de la línea de ceros, ya que preferentemente estos vehículos transitarán por el derecho de vía. En zonas con pendientes fuertes, el material producto de cortes puede caer ladera abajo y ocasionar muy importantes impactos sobre vegetación y escurrimientos superficiales (pe. obstrucción de cañadas) fuera del área del derecho de vía, por lo que se deberán tomar previsiones (barreras, mallas de contención, muros de gaviones, etc.) para que esto no ocurra en el área del proyecto; particularmente en sitios con fuerte inclinación del terreno.

Las afectaciones sobre el patrón de escurrimiento superficial se da mientras no se haya construido las obras de drenaje del trazo, las cuales tienen la intención de restituir en la medida de lo posible, el patrón original del flujo. Las dimensiones de las alcantarillas que son colocadas en los fondos de cañadas y demás zonas de escurrimiento son calculadas tomando en cuenta criterios de gasto de las escorrentías en cada punto, a fin de evitar estrangulamiento y represado de escorrentías aguas arriba de la carretera.

Al realizar los cortes se generan partículas y finos que eventualmente se depositarán en las partes bajas de las cañadas. Estos, al momento de la temporada de lluvias, son transportados. Por los mismos escurrimientos hacia la zona de captación que constituyen corrientes de mayores dimensiones. Lo anterior constituye un impacto en la calidad del agua que llega a dichas corrientes y cuyo efecto generalmente es momentáneo reduciéndose el aporte de sedimentos con la distancia recorrida por el flujo de agua y con el lavado del propio escurrimiento. Las barreras de contención de material de corte deberán contemplar la retención de finos.

Los cortes y cambios en la topografía del terreno tienen repercusiones sobre el patrón local de vientos a escala muy puntual, lo cual, en algunos casos modifica los patrones de dispersión del polen y las

semillas. De igual manera, las características microclimáticas en las laderas y cañadas donde se realizan los cortes son modificadas por dicha actividad, quedando algunas más o menos expuestas a la insolación. Estos cambios son de carácter permanente, sin que puedan ser mitigados, pero afortunadamente sus repercusiones se darán a escala puntual.

Para la realización de los cortes es necesario utilizar maquinaria pesada: los niveles de ruido generados rebasan los límites establecidos. Sin embargo, dicho impacto tiene una duración muy corta, siendo los trabajadores y la fauna los más afectados (favoreciendo el ahuyentamiento de ésta de los frentes de obra), pues los trabajos donde se deberán hacer estos trabajos están lejos de poblados. Para tal efecto, los trabajadores contarán con el equipo de seguridad pertinente.

La presencia de trabajadores, maquinaria, camiones y personal ahuyenta la fauna de los alrededores, principalmente a las aves y mamíferos por lo que se estima que éstos no sufren daños directos. No obstante, la destrucción de sus hábitats constituye un impacto adverso que será recuperado con las acciones de restauración ecológica.

En el caso de algunos reptiles, estos suelen no ser ahuyentados fácilmente por las actividades antropogénicas, además de tener un desplazamiento en distancias cortas, por lo que permanecen en ocasiones dentro de las zonas de obras y son susceptibles a ser afectados. El retiro cuidadoso hacia terrenos aledaños de los organismos que aparezcan en los frentes de obra ayudará a mitigar este impacto.

Excavación en bancos de material

La presencia de trabajadores, maquinaria, voladuras y camiones, así como los movimientos del personal ahuyenta la fauna de los alrededores de los bancos, principalmente a las aves y mamíferos por lo que se estima que éstos no sufren daños directos. No obstante, la destrucción de sus hábitats constituye un impacto adverso que será recuperado con las acciones de restauración ecológica.

En el caso de algunos reptiles, estos suelen no ser ahuyentados fácilmente de los sitios de bancos ya que las oquedades en las rocas representan buenos refugios para ellos, por lo que permanecen en ocasiones dentro de las zonas de explotación del banco y son susceptibles a ser afectados. El retiro cuidadoso hacia terrenos aledaños de los organismos que aparezcan en los frentes de obra ayudará a mitigar este impacto.

Todos los bancos de material se ubican lejos de poblados, por lo que los polvos y ruido afectarán sólo a los trabajadores y fauna cercana.

Construcción de los terraplenes

Para el tendido del terraplén es necesario compactar las diferentes capas de material. Esta compactación cambia permanentemente las características del suelo en el sitio del terraplén, disminuyendo su capacidad de infiltración, ello solamente ocurre en una estrecha franja (área de la carpeta asfáltica), sin que ello constituya afectaciones significativas para las áreas aledañas o en la recarga de acuíferos.

En algunos casos los terraplenes contemplan pendientes muy fuertes (0.25:1) o se localizan sobre materiales móviles, provocándose impactos muy fuertes ya que se pueden tener problemas de erosión y de derrumbes. Motivo de ello, todos los terraplenes deberán asegurar un adecuado ángulo de reposo de los materiales y una compactación y estabilización adecuadas, preferentemente considerar inclinaciones 1:1 (ángulo de 45°) o menores.

La etapa de construcción del terraplén constituye una barrera artificial para el flujo de los escurrimientos superficiales y para los subterráneos someros hasta la construcción de las alcantarillas pertinentes. No obstante este impacto será temporal, mitigado al momento de construcción de las obras de drenaje correspondientes.

Desde la etapa de construcción del terraplén, una carretera constituye una barrera artificial que impide el libre paso de personas, ganado y fauna silvestre entre uno y otro lado; este impacto es de considerable relevancia, tanto para las comunidades animales y vegetales, como para los habitantes de la zona. En lo referente a la fauna silvestre, el impacto de la construcción de autopistas es más severo sobre aquellas especies cuyo desplazamiento y ámbitos territoriales son amplios como es el caso de los grandes mamíferos presentes en el área del proyecto. Sin embargo, en esta etapa, el efecto de barrera no es tan severo como el que se presenta durante la operación de la autopista, ya que la fauna silvestre aún puede cruzar de un lado a otro del terraplén sin mayor afectación; particularmente por la noche (la mayoría de los organismos terrestres son de hábitos noctámbulos).

Construcción de sub-base y base hidráulica

Los principales impactos generados por este tipo de actividad están dados por el acarreo de materiales, el acamellonamiento, el uso de agua para la elaboración de mezclas, el tendido del material, su compactación y los movimientos de equipos. El terreno se afecta previamente por las actividades de construcción del terraplén por lo que obras como la compactación y el tendido del material, de la base y sub-base, no tiene repercusiones ambientales considerables.

En lo que respecta al acamellonamiento de materiales sobre el derecho de vía, el impacto consiste en una afectación momentánea del suelo cuyas repercusiones no son significativas y los efectos serán circunscritos al propio derecho de vía. La instalación de un proyecto de restauración ecológica de las superficies afectadas mitigará el impacto ocasionado.

Tendido de carpeta asfáltica

El impacto que se deriva del uso de una planta de asfalto radica principalmente en emisiones de contaminantes a la atmósfera, polvos durante la fabricación de los agregados, así como algunos derrames insignificantes de emulsiones asfálticas y problemas con los recipientes en los que se almacena dicho material. No obstante, al utilizar una planta ya establecida bajo las normas correspondientes, estos impactos quedan circunscritos a su área de operación y no son imputables a las obras de pavimentación del camino.

Las actividades de riego de emulsiones asfálticas (impregnación y liga), así como el tendido y compactación del carpeta, base asfáltica y carpeta de graduación abierta, se realizan directamente sobre la base que previamente se tendió sobre la subrasante y el terraplén, por lo que los impactos al ambiente derivados de éstas actividades son sobre un área que ha perdido sus características naturales, producto de obras anteriores. Durante el riego de emulsiones asfálticas se emiten gases contaminantes, producto de las mismas, los cuales afectan momentáneamente la calidad del aire. Sin embargo estas emisiones son menores, siendo solamente susceptibles de afectación los trabajadores en el frente de obra, para quienes se contempla el uso de equipos de protección correspondientes.

El manejo de maquinaria y equipo para aplicar los riegos, se realiza principalmente utilizando el propio camino y su derecho de vía, por lo que sus afectaciones a las áreas circunvecinas son poco relevantes.

Puede ocurrir que sobre la carpeta se depositen derrames accidentales de aceites y gasolinas, pequeños fragmentos de hule de llantas y residuos del asfalto pulverizado por la abrasión que produce la fricción de los neumáticos. Estos serán atendidos inmediatamente y removidos del sitio para evitar afectaciones hacia otros sitios por escurrimiento superficial.

El cubrir con asfalto una zona, nulifica las posibilidades de permeabilidad del suelo en este sitio. Ello constituye un impacto adverso de carácter permanente sobre la capacidad de infiltración del suelo cubierto. No obstante, generalmente, el agua superficial se deriva a terrenos próximos al cuerpo del terraplén, por medio de los drenajes superficiales a lo largo del tramo. La nulificación de las propiedades de infiltración del suelo ocurre solamente a lo ancho de la carpeta de la vialidad, quedando una considerable proporción de suelo dentro del derecho de vía sin una cubierta asfáltica y por lo tanto, conservando sus propiedades de infiltración.

Movimiento y operación de maquinaria y equipos

Durante el desarrollo de las actividades preliminares, así como en la construcción y la operación del trazo, la maquinaria y equipo con que se efectúan los trabajos deberá ser trasladado de un lugar a otro. Para lo anterior generalmente se aprovecha el derecho de vía o por caminos ya existentes.

Se requieren algunas áreas para movilización de equipos almacenamiento de materiales, carga y descarga, casetas de vigilancia y supervisión de obra. El suelo en estas áreas y caminos es desmontado previamente, lo cual significa un impacto sobretodo en la vegetación arbórea, produciendo una superficie extremadamente lisa y poco porosa, difícil de sustentar vegetación una vez que se dejen de utilizar esos sitios, lo que afecta principalmente a las especies del estrato herbáceo y arbustivo. La realización de un proyecto de restauración ecológica mitigará este impacto.

Los impactos producidos por el movimiento y operación de maquinaria y equipos, así como por el acarreo de material consisten básicamente en afectaciones al tránsito vehicular, ruidos y emisiones. El transporte de materiales y la movilización de equipo pesado en el sitio y a lo largo de la obra, se realiza durante todas las etapas involucradas para su construcción. Los impactos en todos los casos son similares, variando únicamente en intensidad, dependiendo de la cantidad de viajes.

Dentro de las distintas etapas de construcción, la fase de terracerías es la que conlleva una mayor frecuencia de viajes y por lo tanto un mayor impacto.

Permanencia de personal en la obra

La realización de estas obras requiere de la contratación temporal de mano de obra calificada y no calificada, lo cual trae beneficios económicos para la región. Este personal ocasiona impactos relacionados con sus actividades cotidianas tales como la generación de residuos domésticos, aguas negras y la incursión en los alrededores del área de trabajo.

Los residuos pueden tener repercusiones sobre la calidad del suelo, las aguas subterráneas y por ende en la salud de los propios obreros. Aunque en general, la construcción de fosas sépticas temporales no se recomienda, ya que la falta de mantenimiento y limpieza de éstas pueden constituir focos de contaminación de los acuíferos subyacentes y de los propios trabajadores. En su lugar se deben contemplar baños portátiles con servicio de limpieza adecuado a cargo de una empresa especializada

En algunas obras es común el establecimiento de puestos de alimentos que den servicio a los trabajadores. Estos puestos usualmente carecen de condiciones de higiene apropiadas y causan considerables detrimentos de la calidad ambiental por la generación de humos, y por la indiscriminada disposición de los residuos. La aparición de dichos puestos deberá ser controlada cuidadosamente, sobre todo en materia de higiene, por parte de la supervisora de la obra.

CAPITULO III.

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

Tomando como base la ubicación espacial y las características del proyecto descritas en el Capítulo II se presenta a continuación un análisis del vínculo existente entre el proyecto y los diferentes instrumentos de planeación en la zona.

Para la elaboración de éste capítulo se emplean fuentes de información vigentes de los diferentes instrumentos de planeación en los ámbitos, federal, estatal y municipal que tienen incidencia en el área de estudio del proyecto. En primer término se analizan los principales planes de desarrollo y programas sectoriales en los que el proyecto queda inmerso y como se vincula en forma general con las estrategias correspondientes. Posteriormente se revisan los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial así como otras zonificaciones relevantes que involucran políticas ambientales y finalmente los instrumentos jurídicos aplicables en materia de impacto ambiental. El objetivo central de este análisis es el de conocer y cumplir lineamientos que deberán ser observados para la ejecución del proyecto así como asegurar que no exista interferencia o incompatibilidad con algún otro plan, programa o proyecto público que incida en la zona.

III.1 Planes de desarrollo y programas sectoriales

III.1.1 Información sectorial

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006

A partir de los objetivos rectores del PND se elaboró el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006. Las prioridades a que se sujetará la acción del sector en materia de infraestructura carretera, incluye:

Construcción, ampliación y modernización de la red federal. Actividades indispensables para el buen funcionamiento de la economía y la integración nacional.

En materia de infraestructura se propone como:

Objetivo subsectorial:

Ampliar la cobertura y la accesibilidad de la infraestructura de transporte para toda la población.

En su capítulo 4., para la infraestructura carretera señala el siguiente:

Objetivo

1. Ampliar la cobertura y accesibilidad de la infraestructura carretera para toda la población.

Línea estratégica

1.1 Modernizar los corredores carreteros mediante proyectos de cobertura regional.

Línea de acción

1.1.1 Programa Nacional de Construcción y Modernización de Carreteras Federales.

Se realizarán esfuerzos permanentes por construir nuevas vías que mejoren la comunicación hacia regiones y centros de población, y por modernizar y ampliar la capacidad de vías existentes con problemas de seguridad o congestionamiento. De acuerdo con los análisis realizados para asegurar la rentabilidad de las inversiones en el subsector, se requiere realizar obras en 111 tramos de la red, con una inversión del orden de 72 mil 500 millones de pesos, lo que permitirá tener modernizado el 89 por ciento de la longitud total de los 14 corredores al final del año 2006.

Para el año 2006 el presupuesto de inversión destinado a la construcción, modernización, conservación y mantenimiento de carreteras federales, caminos rurales y el Programa de Empleo Temporal asciende a 74 545.4 millones de pesos, de los cuales 24 270.3 millones son recursos federales, 2 715.6 millones son recursos del Fondo Carretero (FONCAR), 34.2 millones de pesos son recursos del FIDES y 23 158.3 millones para obras de cuota a licitar con apoyo del FONCAR y 24 367.0 millones de pesos para los PPS.

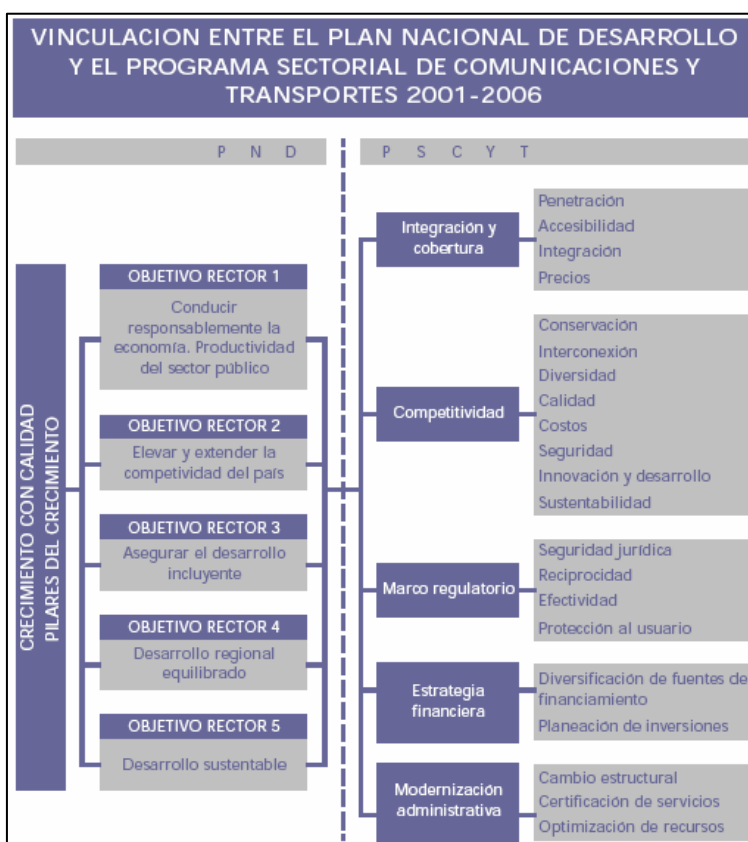
Con recursos del Fondo Carretero (FONCAR) se continúan los trabajos de construcción en:

PUEBLA.– El tramo del km 179+205 al km 214+600 de la carretera Tihuatlán – Ávila Camacho.

VERACRUZ.– Del km 94+000 al km 111+581; la Caseta de cobro del Libramiento Perote y el tramo del km 205+588 al km 225+988 de la carretera Tihuatlán – Ávila Camacho.

El proyecto objeto de la presente MIA está plenamente acorde con lo previsto en los Planes Nacional y Sectorial, por lo que su ejecución permitirá dar cumplimiento a las metas establecidas en los mismos.

Cuadro III. 1 Objetivos del PND 2001-2006 y su vinculación con el Plan Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006



A continuación se presentan los principales objetivos del PND con los que se vincula el proyecto carretero.

III.1.2 Análisis de instrumentos de planeación

A) Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) se establece la sustentabilidad como uno de sus principios fundamentales, y plantean los objetivos para un nuevo desarrollo que proteja el presente y garantice el futuro. El desarrollo debe ser en adelante limpio, preservador del medio ambiente y reconstructor de los

sistemas ecológicos. En el Capítulo 6 (Área de crecimiento con calidad) del Plan Nacional de Desarrollo, se establecen los objetivos rectores para “elevar y extender la competitividad del país” (Objetivo 2) y para “crear condiciones para un desarrollo sustentable” (Objetivo 5).

Dentro del objetivo rector 2 (Elevar y extender la competitividad del país) se plantea en el punto b y j las siguientes:

Estrategias

b. Crear infraestructura y servicios públicos de calidad

Se cita “Se promoverá con el sector privado la construcción de una red de carreteras con alta capacidad para accesos a corredores industriales y de abasto, así como la implantación de un buen servicio de mantenimiento a la infraestructura”.

j. Desarrollar nuevos instrumentos para el control de riesgos y la promoción de la estabilidad

Se cita “Entre los factores que deben subsanarse se encuentran los rezagos que presenta la red carretera, sobre todo en los 14 corredores que constituyen la columna vertebral del sistema carretero nacional. En particular, resaltan problemas de conexión entre las principales ciudades y los puertos marítimos y fronterizos, que reducen la eficiencia del transporte, aumentan sus costos y penalizan la competitividad de la economía en su conjunto. Subsisten también rezagos en el mantenimiento de la red federal de carreteras. El hecho de que más de la mitad de su longitud se halle en condiciones malas o regulares provoca un incremento en los costos de operación de los vehículos que circulan por ella”.

Dentro del objetivo rector 5 (crear condiciones para un desarrollo sustentable) se plantea

Promover el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente la eficacia con el uso del agua y la energía.

Mejorar el desempeño ambiental de la Administración Pública Federal

Cuadro III.2 Objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 con los que se vincula el proyecto

Estrategias	
Objetivo Rector 2	Objetivo Rector 5
Crear infraestructura y servicios públicos de calidad	Promover una gestión ambiental integral y descentralizada
La infraestructura y los servicios públicos son un factor clave para la competitividad de los sectores económicos y para elevar la productividad general	Promover el uso sustentable de los recursos naturales, específicamente la eficiencia de en el uso del agua y la energía
Desarrollar nuevos instrumentos para el control de riesgos y la promoción de la estabilidad,	

Lo anterior, denota la vinculación del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo en el sentido de crear una infraestructura y servicios públicos acordes con un desarrollo regional equilibrado, así como contribuir con una gestión ambiental que conlleve a buscar la sustentabilidad ya que se tomarán en cuenta, en todas sus formas, las repercusiones ambientales de las obras y acciones requeridas para el proyecto y se buscará cuantificarlas a fin de asegurar que es favorable el balance de beneficios y costos, económicos y ambientales.

B) Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006

En el Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMARN) se refuerza la política ambiental del estado establecida en el Plan Nacional de Desarrollo y señala que el desarrollo económico y social debe ser acorde con la capacidad de carga de los recursos naturales para sustentar las actividades y obras que se pretendan realizar.

Para llevar a cabo la gestión ambiental entre los principales instrumentos de planeación ambiental se debe mencionar a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), el Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET), las Áreas Naturales Protegidas (ANP's), las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA's) y la normatividad ambiental vigente.

Las actividades de construcción y operación del proyecto de referencia, se relacionan directamente con los instrumentos de planeación citados, especialmente con el de la EIA ya que por las características del proyecto, éste requiere presentar la Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional (previo al desarrollo de cualquier actividad) y con ello obtener la correspondiente autorización.

En el cuadro siguiente se establece la vinculación que tiene la construcción y la operación del proyecto con los instrumentos de planeación y gestión ambiental del PNMARN.

Cuadro III.3 Instrumentos de planeación y gestión ambiental vinculados con el proyecto

Instrumentos de planeación y gestión ambiental	Proyecto
Ordenamiento Ecológico	La vinculación con este instrumento no aplica debido a que el proyecto se ubica en áreas en las cuales aún esta en proceso de integración el Ordenamiento Ecológico (Ver apartado III.3.1)
Evaluación de Impacto Ambiental	De acuerdo con el reglamento en materia de impacto ambiental de la LGEEPA, artículo 5, incisos "O", El proyecto ingresará al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que realiza la SEMARNAT
Áreas Naturales Protegidas	Parte del proyecto (2.5 km) se encuentra en el Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Ver apartado III.3.2)
Normatividad	Previo y durante la construcción, así como en la operación del proyecto, la SCT aplicará la normatividad ambiental vigente (Ver apartado III.4)

Este proyecto es compatible con las líneas estratégicas mencionadas en el PNMARN, debido a que en sus diferentes etapas contempla realizar actividades y acciones que disminuyan la contaminación, mitiguen los impactos ambientales a los sistemas naturales y a la biodiversidad presente en las áreas por donde cruzará el camino.

C). Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011

El Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011 del estado de Puebla se plantea un modelo de gobierno y gestión pública, que se manifiesta en tres vertientes fundamentales:

- Contiene los valores jurídicos y administrativos fundamentales encarnados en un gobierno de nueva generación.
- Plantea una enérgica política social para impulsar positivamente los indicadores del desarrollo humano y social en todo el estado, y de manera primordial en las zonas más deprimidas.

Destaca el papel promotor del gobierno dirigiendo sus esfuerzos organizacionales y de inversión, a la estimulación de las diversas iniciativas privadas y públicas, concebidas como el motor del crecimiento económico.

En este contexto la ejecución del proyecto se vincula y apoya los siguientes Ejes Rectores:

Eje 3 Competitividad y progreso para todos

3.1 Empleo

Creación de incentivos para atraer inversiones a través de:

- Mejorar las infraestructuras productiva, social, de comunicaciones, transportes y de seguridad pública.

3.2 Industria

- Desarrollar infraestructura de comunicaciones, transportes y de centros logísticos acordes con las necesidades de la economía global.

3.3 Comercio y servicios

- Consolidar las fortalezas y desarrollar el potencial
- Ampliar y mejorar la infraestructura de carreteras, caminos y vialidades urbanas, que permitan mejorar el abasto y la comercialización en las principales ciudades y poblados más importantes.
- Mejorar la infraestructura de accesos y caminos en las regiones marginadas del estado.

3.5 Comunicaciones y Transportes

Esta estrategia representa la principal vinculación con el proyecto con las siguientes líneas de acción:

- Gestionar la ampliación de las carreteras federales que atraviesan el estado y que presentan más tráfico.
- Ampliar la red carretera estatal y desarrollar un programa de caminos y brechas alimentadoras, que eleven la conectividad de los municipios.
- Intensificar la creación de proyectos de ampliación, construcción y modernización de carreteras y caminos rurales en poblaciones marginadas, estableciendo prioridades con base en proyectos detonadores.

D). Plan Municipal de Desarrollo de Huauchinango 2005-2008

El Plan ha sido concebido bajo un esquema de fortalecimiento de las relaciones intergubernamentales con el nivel estatal y federal. Esta alineado en este sentido a los cinco ejes que forman la parte de la estructura del Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011. Se reconoce como principal problema la enorme desigualdad entre comunidades urbanas y rurales aunado a un alto crecimiento poblacional.

La principal vinculación del proyecto se presenta en el capítulo de propuestas económicas en lo relativo al desarrollo regional, ya que Huauchinango cuenta con la ventaja de su ubicación respecto a la

carretera , “..sólo a dos horas de la ciudad de México y toda vez concluida la autopista en su tramo Huauchinango-Poza Rica se tendrá un recorrido de dos horas al Puerto de Tuxpan” . Es decir, la instauración del proyecto significa una gran oportunidad de desarrollo para este municipio, por lo que su vinculación con las estrategias propuestas es altamente positiva.

E). Plan Municipal de Desarrollo Municipal de Tlacuilotepec 2005-2008

Aunque no se hace una referencia directa al sector comunicaciones, el proyecto contribuirá a los objetivos estratégicos del desarrollo económico referidos en el Eje Tres del Plan Municipal de Desarrollo, con los cuales es compatible. En todo caso la SCT respetará en cualquier etapa los respectivos ordenamientos locales.

F). Plan Municipal de Desarrollo de Xicotepec 2005-2008

En la propuesta de objetivos estrategias y líneas de acción, expresa en el rubro de Comunicaciones y Transportes que para redefinirse como fuerte debe estar enlazado por caminos que conduzcan a sus habitantes a los lugares de concurrencia por servicios o indoles dispersas por lo cual plantea hacer accesibles la comunicación entre los pueblos y comunidades del municipio. Entre las acciones se deberán respetar los acuerdos signados con la SCT Puebla. Por lo anterior la vinculación del proyecto propuesto se encuentra plenamente establecida.

G). Plan Municipal de Desarrollo de Jalpan 2005-2008

La principal actividad económica del municipio es la agricultura aunque con bajos rendimientos y por lo tanto ingresos reducidos para la población, lo que provoca la migración de sus habitantes en la búsqueda de mejores oportunidades de empleo. Para buscar el arraigo de la población, al respecto en los objetivos, estrategias y líneas de acción del plan, se pretende fomentar el intercambio comercial en la región y el fomento del turismo entre otras actividades. En concordancia con el plan estatal se fomentará un desarrollo regional equilibrado a través del fomento de diversos programas, entre otros el de infraestructura social básica. La introducción de la carretera ampliará las oportunidades de usar el potencial turístico, recreativo y productivo.

La SCT cumplirá con todas las disposiciones en materia ambiental y de uso del suelo que le sean señaladas por las autoridades municipales.

H). Plan Puebla-Panamá

El Plan Puebla-Panamá (PPP) es un instrumento de cooperación que busca integrar a la región mesoamericana, coordinando esfuerzos y acciones de los siete países de Centroamérica (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá) y los nueve estados del Sur-Sureste de México, (Chiapas, Campeche, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán) para elevar la calidad de vida de la población en la región y lograr con ello un desarrollo equilibrado, socialmente incluyente, territorialmente ordenado y económicamente sustentable. Uno de los objetivos de este plan para lograr mejorar los niveles de calidad de vida de la población en Mesoamérica, es conseguirlo a través de una mayor cobertura de la infraestructura carretera que integre la región (SRE, 2001). El PPP promueve que las inversiones en infraestructura vial se orienten hacia una visión de desarrollo regional integrado.

A mayo de 2006, los Gobiernos de los países del PPP, en el marco de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM) tienen en proceso de construcción, rehabilitación, ampliación y señalización un total de 4,092 kilómetros de carreteras,

Los proyectos de construcción, reconstrucción y mantenimiento de carreteras se agrupan en los siguientes corredores: Proyecto Corredor del Pacífico, Proyecto Corredor del Atlántico, Proyecto Corredor Turístico del Caribe, Corredor Logístico Interoceánico entre Puerto La Unión (El Salvador) y Puerto Cortés (Honduras), Corredor Interoceánico de Guatemala, Corredor Interoceánico de Costa Rica, Corredor Interoceánico de Panamá. Asimismo Corredores Interoceánicos entre los Puertos Barrios (Guatemala) y Acajutla (El Salvador) y La Libertad (El Salvador) con Puerto Cortés (Honduras).

El Proyecto Ramales y Conexiones Regionales Complementarios se agrupan en: Extensión de los corredores mesoamericanos hacia los mercados del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, Rutas Alternas al Corredor Pacífico, Corredor de integración Frontera México-Guatemala-Honduras, Longitudinal del Norte en El Salvador y Ruta alterna al Corredor Atlántico de Honduras.

Se ha incluido un componente de caminos secundarios, terciarios y rurales alimentadores de la RICAM, con el propósito de conectar esta red con las poblaciones y zonas productivas de los países mesoamericanos.

La Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM), consiste en un sistema de carreteras de 8 977 km que se clasifican en dos categorías:

Corredores principales de integración: Total 4 904 km

- Corredor del Pacífico (Puebla Panamá): 3 159 km
- Corredor del Atlántico: 1 745 km

Ramales y conexiones regionales complementarios: total 4 073 km

- Ramales y Conexiones Regionales Complementarios: 4 073 km

Los corredores y ramales con poblaciones correspondientes a México son los siguientes:

Corredor del Pacífico (Puebla-Panamá)			km
PAC-01	Puebla	Coatzacoalcos	443
PAC-02	Coatzacoalcos	Ocozocuautla	281
PAC-03	Ocozocuautla	Arriaga	93
PAC-04	Arriaga	Tapachula	165
PAC-05	Tapachula	Ciudad Hidalgo	25
PAC-06	Puente Ciudad Hidalgo (MX)	Tecún Umán (GT)	0
TOTAL			1 007 km

Ramales y conexiones regionales complementarios			km
RC-MX1-01	José Cardel	Laguna Verde	35
RC-MX1-02	Laguna Verde	Gutiérrez Zamora	123
RC-MX1-03	Tuxpan	Tampico	152
RC-MX1-04	González	Zaragoza	61
RC-MX1-05	Tampico	Ciudad Victoria	15
RC-MX1-06	Libramiento Ciudad Victoria	Libramiento Ciudad Victoria	16
TOTAL RC-MX1			402 km
RC-MX2-01	Puebla	Oaxaca	329
RC-MX2-02	Oaxaca	La Ventosa	283
RC-MX2-03	La Ventosa	Arriaga	136
TOTAL RC-MX2			748

Nota: En sombreado verde carretera relacionada con el proyecto

El proyecto se vincula con la estrategia del PPP al facilitar la integración regional reforzando los ramales y conexiones regionales complementarios.

l). Programa Estratégico para el Sur Sureste

El Programa Estratégico para el Sur Sureste, está enmarcado dentro de la iniciativa Presidencial del Plan Puebla-Panamá y vinculado al Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2001-2006. El Programa pretende contribuir al desarrollo integral de la Región Sur-Sureste de México, donde se incluye el estado de Puebla, desarrollo basado en un crecimiento económico sostenible, socialmente incluyente, ambientalmente sustentable y territorialmente ordenado. El Programa se orienta principalmente a la preservación y el manejo sustentable de los recursos naturales, por lo que se atribuye especial importancia al ordenamiento del uso de los usos del suelo en la región. En este sentido, la SEMARNAT considera como un instrumento base para la planeación de la región el Ordenamiento Ecológico del Territorio a través del cual se promueven las actividades productivas con base en las potencialidades y limitaciones que imponen las características geográficas del territorio (vocación natural, social y económica) en el que se puede fincar una adecuada y eficiente instrumentación de planes, programas y acciones dirigidos tanto a la inversión en el desarrollo del capital humano, como a la inversión en infraestructura social básica y productiva.

Objetivo general:

Promover la planeación y el monitoreo territorial para la región Sur- Sureste para contribuir al desarrollo sustentable de la región

Objetivo específico:

Establecer un programa de seguimiento de los Programas de Ordenamientos Ecológicos Regionales en la Región Sur Sureste

Con relación a la zona de estudio, la acción más relevante derivada de este Programa corresponde a la firma del Convenio de Coordinación para el Ordenamiento Ecológico de la Cuenca del Río Tuxpan, actualmente en proceso de integración y cuyos alcances se refieren en el punto III.1.3

J). Programa de Infraestructura Básica para la Atención de los Pueblos Indígenas (Pibai)

La zona donde se pretende alojar el proyecto corresponde a una región indígena donde aplican diversas líneas de acción derivadas del Programa Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas 2001-2006, que entre sus objetivos pretende impulsar en forma decidida una mejora en la calidad de vida de los pueblos indígenas, así como el desarrollo sustentable en sus regiones. Así se ha implementado el PIBAI, con los siguientes

Objetivos:

General

Contribuir en el desarrollo social y económico de los pueblos y comunidades indígenas, con respeto a los recursos naturales de su entorno, a sus culturas y a sus derechos, mediante la ejecución de obras de infraestructura básica.

Específicos

Contribuir a la disminución de los rezagos, preferentemente en agua potable, electrificación, caminos, carreteras y alcantarillado de los pueblos y comunidades indígenas, a través de proyectos y obras de infraestructura básica, a partir del reconocimiento de sus demandas.

Promover acciones de coordinación con instancias de los tres órdenes de gobierno, así como con instituciones sociales y privadas que permitan sumar esfuerzos y recursos económicos, técnicos y humanos en torno al desarrollo de obras de Infraestructura básica. De los municipios involucrados en el SAR sólo Naupan y Tlaola aparecen como beneficiados. Las acciones del proyecto no interferirán con ningún programa, antes bien el proyecto carretero indirectamente facilitará la introducción de servicios.

K) Plan de Saneamiento Integral del Sistema Hidrológico Necaxa

Instituciones federales, estatales, municipales y demás actores regionales involucrados como la CNA, Luz y Fuerza, Gobierno del Estado de Puebla y ayuntamiento municipal coordinan el proceso de ejecución del Plan de Saneamiento Integral del Sistema Hidrológico Necaxa en torno a 5 grupos de acciones: monitoreo, manejo de aguas residuales, manejo de residuos sólidos municipales, control de la erosión y deforestación, así como riesgo geológico y ordenamiento.

En la ejecución del proyecto, la SCT considerará los lineamientos de dicho plan con el fin de ser congruente con los objetivos propuestos.

III.1.3 Instrumentos para el Ordenamiento Territorial u otras zonificaciones

A) Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca del Río Tuxpan

El pasado 17 de marzo de 2005 en la Ciudad de Puebla la SEMARNAT, la SEDESOL, la CFE, PEMEX y los Gobiernos de los Estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz suscribieron el Convenio Marco de Coordinación del Ordenamiento Ecológico Territorial de la Cuenca del Río Tuxpan el cual abarca un área de estudio de 10 mil 300 kilómetros cuadrados

La Cuenca del Río Tuxpan abarca 29 municipios, de los cuales cinco se encuentran en el estado de Hidalgo, seis en el estado de Puebla y dieciocho en el estado de Veracruz. En esta región se encuentran ecosistemas de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales. Asimismo, la riqueza de combustibles fósiles en el subsuelo hace que esta zona sea importante para el desarrollo de actividades de exploración, explotación y procesamiento de petróleo, así como de actividades petroquímicas y de producción de energía eléctrica.

Los siete municipios involucrados del estado de Puebla son: Venustiano Carranza, Francisco Z. Mena, Jalpan, Pahuatlán, Pantepec, Tacuilotepec, Tlaxco. Excepto los dos primeros, los otros municipios están parcialmente considerados en el SAR del proyecto en evaluación, si bien sólo una pequeña franja se encontraría dentro de dicho Ordenamiento. Aunque este instrumento aún se encuentra en etapa de integración, se hace mención de su avance para efectos de información general, ya que no se cuenta con elementos para establecer el grado de concordancia con las estrategias de dicho instrumento de planeación.

En la siguiente figura se presenta como referencia espacial la ubicación del Proyecto de Ordenamiento llamado de la Sierra al Mar, antecedente del Ordenamiento actualmente en proceso.

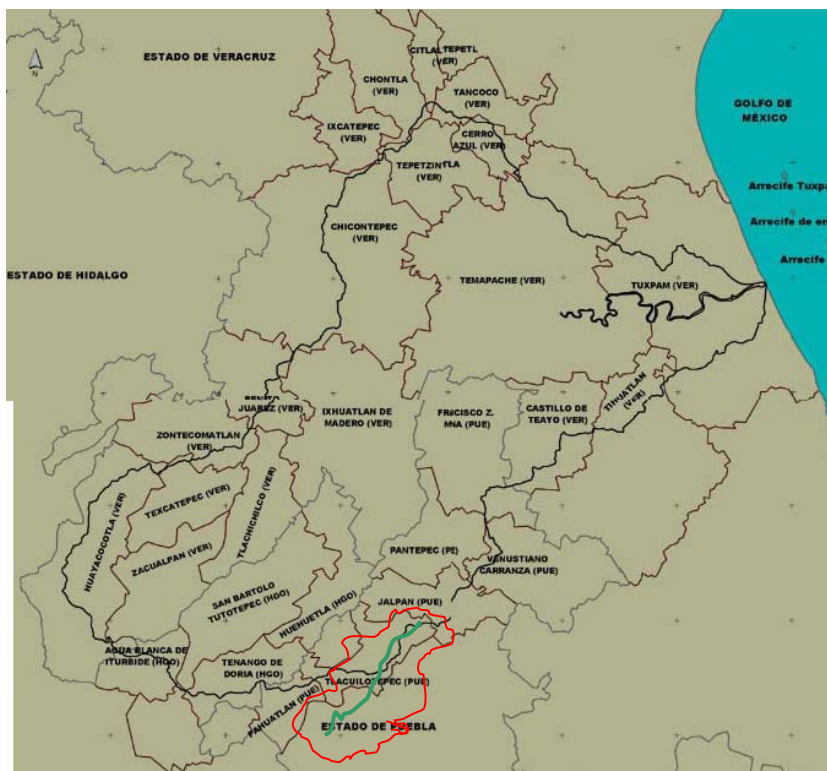


Figura III-1 Área propuesta del Ordenamiento de Cuenca del Río Tuxpan. Ubicación aproximada de SAR (rojo) y el trazo de la carretera (verde).

B) Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca de los ríos Necaxa y Laxaxalpa

Se encuentra concluido aunque aún faltará la gestión para su decreto, el estudio para el Ordenamiento Ecológico de las Cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpa (POEERN) de referencia, elaborado por la Universidad Autónoma de Chapingo, el cual es un instrumento de planeación del territorio, con el cual se pretende equilibrar el crecimiento económico, la calidad de vida de sus pobladores y la conservación de los recursos naturales, en la transición hacia el desarrollo sustentable; considerando la existencia de diferentes actores sociales, económicos y políticos, que deben involucrarse en su formulación, implementación y evaluación.

El estudio abarca las cuencas las del río Necaxa y Laxaxalpan en su entorno físico y social y se aprecian factores relevantes de cuencas contiguas como la del río San Marcos hacia el Norte, cuyas aguas son importadas a los vasos de Necaxa y Nexapa por medio de acueductos y túneles. El área de estudio abarca un total de 37 municipios, de los cuales 26 son de Puebla, 7 de Veracruz, 3 de Hidalgo y 1 de Tlaxcala.

El área de las cuencas de los ríos Necaxa y Laxaxalpa se localizan en la Sierra Norte del estado de Puebla, que comprende una vasta extensión territorial y una compleja composición socio-cultural. En la actualidad no se cuenta con este instrumento decretado, pero se presenta con el fin de considerar sus estrategias generales en el desarrollo del presente estudio.

La superficie total del área de estudio es de 251,745.79 ha, de las cuales el 3.35 % está comprendida en tres municipios del estado de Hidalgo, el 86 % en veintisiete municipios del estado de Puebla, el 9.1 % en ocho municipios del estado de Veracruz y el 0.1 % en un municipio del estado de Tlaxcala, siendo en total 39 municipios de cuatro entidades los que se encuentran en el área considerada.

Cuadro III.4 Superficie de los municipios comprendidos dentro del área de estudio del POCRN y los que corresponden al SAR

Municipio	Superficie		Municipio	Superficie	
	ha	%		ha	%
Acaxochitlan	4,240.37	1.68	San Felipe Tepatlan	4,362.65	1.73
Cuatepec de Hinojosa	2,272.98	0.9	Tepango de Rodríguez	1,672.85	0.66
Almoloya	1,921.90	0.76	Tepetzintla	645.42	0.26
Ahuacatlan	8,215.58	3.26	Tlaola	14,042.65	5.58
Ahuazotepec	5,913.47	2.35	Tlapacoya	6,180.15	2.45
Amixtlan	4,853.60	1.93	Xicotepec	3,955.63	1.57
Aquixtla	209.19	0.08	Zacatlan	41,661.95	16.55
Camocuautla	1,549.14	0.62	Zapotitlán de Méndez	0.08	0.00
Chiconcuautla	9,601.01	3.81	Zihuateutla	4,443.27	1.76
Chignahuapan	56,718.89	22.53	Zongozotla	12.39	0.00
Coatepec	1,038.73	0.41	Espinal	1,472.53	0.58
Hermenegildo Galeana	4,954.15	1.97	Coxquihui	2,466.35	0.98
Huachinango	19,443.10	7.72	Chumatlan	1,993.98	0.79
Huehuetla	1,307.82	0.52	Coyutla	4,546.66	1.81
Hueytlalpan	1,649.21	0.66	Coahuatlan	3,446.44	1.37
Ixtacamaxitlán	132.83	0.05	Filomeno Mata	4,539.73	1.80
Jopala	16,962.88	6.74	Mecatlan	4,251.52	1.69

Municipio	Superficie		Municipio	Superficie	
	ha	%		ha	%
Juan Galindo	1,915.93	0.76	Zozocolco de Hidalgo	261.94	0.10
Naupan	381.79	0.15	Tlaxco	2,503.16	0.99
Olintla	6,003.88	2.38	Total	251,745.79	100

Nota: Municipios del SAR en sombreado verde

En el plano que se presenta a continuación se aprecia en la parte superior la sección del SAR que se intersecta con el POCRN.

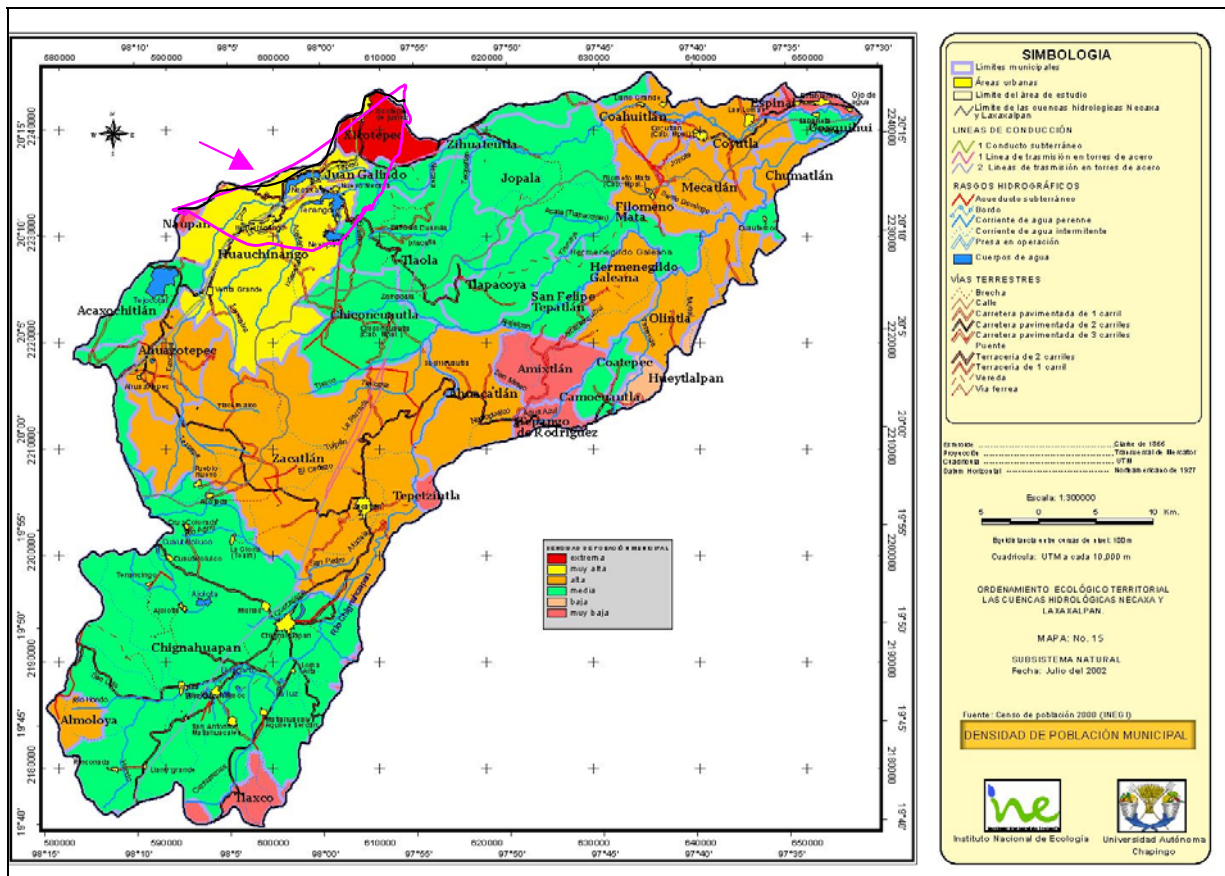


Figura III-2 Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca de los ríos Necaxa y Laxaxalpa y área aproximada del SAR en la misma (delimitada en línea rosa)

El escenario deseable y factible esta en un primer mapa de estrategia general que contiene las políticas territoriales propuestas para la región de estudio el cual se muestra en la figura siguiente. Las políticas de ordenamiento ecológico son: aprovechamiento, conservación, protección y restauración. En el área que ocupa el SAR no aplica ninguna política de protección, por lo que el proyecto es compatible con los objetivos de las demás políticas. Las definiciones de cada política, la lista completa de Unidades de Gestión Ambiental propuesta y criterios ecológicos se pueden consultar en el Anexo.

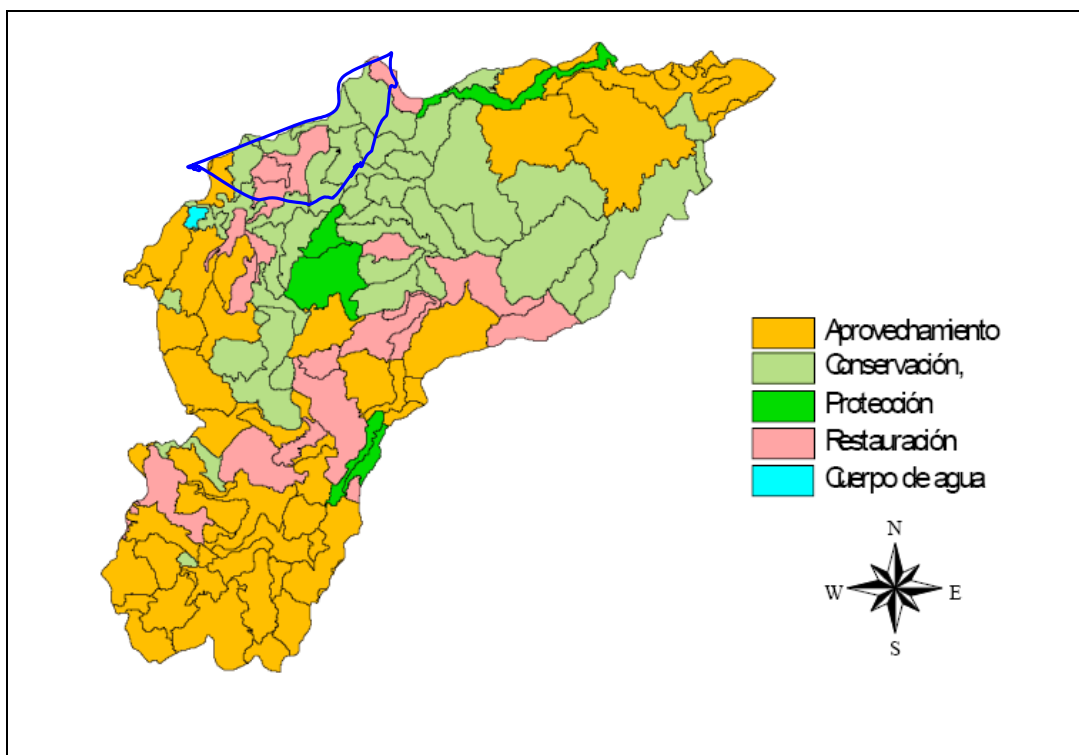


Figura III-3 Propuesta preliminar de políticas de ordenamiento ecológico. Área aproximada que ocupa el SAR (línea azul)

Para efectos de obras de infraestructura se han propuesto los siguientes criterios ecológicos:

Uso para obras de infraestructura

1. En la cuenca del río Necaxa y parte media de la cuenca del río Laxaxalpan toda obra de infraestructura deberá contar con el estudio de impacto ambiental, el cual se hará bajo la modalidad específica.

2. Está prohibida la explotación de bancos de material en barrancas, cauces y terrenos erosionados y de riesgo geológico.
3. El trazo y construcción de vías de comunicación, líneas de transmisión de energía eléctrica, ductos, acueductos y otras obras lineales, está prohibido en zonas de riesgo por deslaves.
4. Los caminos de acceso deberán contar con reductores de velocidad y señalamientos de protección a la fauna.
5. No se permite el derribo de árboles y arbustos ubicados en las orillas de los caminos rurales.
6. Los taludes del camino se deberán estabilizar con vegetación nativa
7. La apertura de rutas y senderos interpretativos para investigación, educación ambiental y turismo de observación, estará sujeta al programa de manejo.
8. Los caminos y terracerías existentes deberán contar con un programa de restauración que garantice en las orillas su repoblación con vegetación nativa.
9. Se prohíbe la construcción de nuevos caminos vecinales
10. La construcción de obras e infraestructura para el drenaje pluvial deberá considerar un periodo de retorno de 50 años
11. No deberán realizarse nuevos caminos vecinales sobre áreas de alta susceptibilidad a derrumbes, y deslizamientos

Área de atención prioritaria de Necaxa

En virtud de de la importancia de algunas regiones se diseño un ordenamiento específico para ellas. Una de las cuales corresponde a Necaxa. La definición de esta primera área de atención prioritaria se hizo tomando en consideración la regionalización hecha para toda el área de estudio, de tal manera de tomar los paisajes donde se localizan las principales ciudades de la parte norte de la región de estudio y ellas son: Huachinango y Nuevo Necaxa; además se consideró conveniente incluir los tres embalses más importantes para la generación de energía hidroeléctrica de esta parte de la región de estudio los cuales son: Nexapa, Tenango y Necaxa. También quedó incluida en esta región la localización de las principales centrales de energía hidroeléctrica que son: Tezcapa, Necaxa y Tepexic.

Una relación de las unidades de gestión ambiental consideradas en esta área de atención prioritaria aparece en el la siguiente tabla.

Cuadro III.5 . Modelo de Uso de Suelo del AAPN

CLAVE	UNIDAD_GESTION	MUNICIPIO	USO_CONVENIENTE	USO_COMPATIBLE	USO_CONDICIONADO	USO_INCOMPATIBLE	POLITICA
21FF-1	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Tzitzicaz	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Agrícola, Turism	Pecuario, Infraestruc	Restauracion
21RE-2	Presa de Tenango	Huauchinango	Energía eléctric	Recreativo	Acuacultura	Cuerpo receptor	Restauracion
21FO-3	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Nvo. Neca	Huauchinango	Forestal	Flora y Fauna	Area natural, corredor nat	Pecuario, Urbano	Conservacion
21FF-4	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Ahuacatia	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal	Agrícola, Pecuario, U	Restauracion
21CN-5	Huau_Lomerio suave de tobas.Huauchinango	Huauchinango	Corredor natural	Turismo, Recreac	Forestal, Urbano, Agrícola	Pecuario, Area natural	Restauracion
21FF-6	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Nopala	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal	Agrícola, Pecuario, U	Proteccion
21FF-7	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Sn.Miguel	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Agrícola, pecuario	Conservacion
21FF-8	Huau_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Urbano, Forestal, Corredor natural	Agrícola, Pec	Conservacion
19FO-9	Gali_Sierra alta de laderas abruptas,Nvo. Neca	Juan Galindo	Forestal	Flora y Fauna	Area natural, corredor nat	Pecuario, Urbano	Conservacion
19FF-10	Gali_Sierra alta de laderas abruptas,Sn.Miguel	Juan Galindo	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Agrícola, pecuario	Proteccion
19FF-11	Gali_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Tlaola	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Restauracion
31FF-12	Tlao_Sierra alta de laderas abruptas,Tzitzicaz	Tlaola	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Agrícola, Turism	Pecuario, Infraestruc	Conservacion
31FF-13	Tlao_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Tlaola	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Conservacion
21FF-14	Huau_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Conservacion
21FF-15	Huau_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Conservacion
21FF-16	Huau_Sierra alta de laderas abruptas,Sn.Miguel	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Agrícola, pecuario	Conservacion
21FF-17	Huau_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Huauchinango	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Conservacion
21RE-18	Presa Necaxa	Juan Galindo	Energía eléctrica	Recreativo	Acuacultura	Cuerpo receptor	Restauracion
21RE-19	Presa Nexapa		Energía eléctrica	Recreativo	Acuacultura	Cuerpo receptor	Restauracion
31FF-20	Tlao_Lomerios con pendiente moderada,Tenango d	Tlaola	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Corredor natural	Urbano, Agrícola, Pec	Conservacion
37FF-21	Zihua_Sierra alta de laderas abruptas,Tzitzica	Zihuateutla	Flora y Fauna	Area Natural	Forestal, Agrícola, Turism	Pecuario, Infraestruc	Restauracion

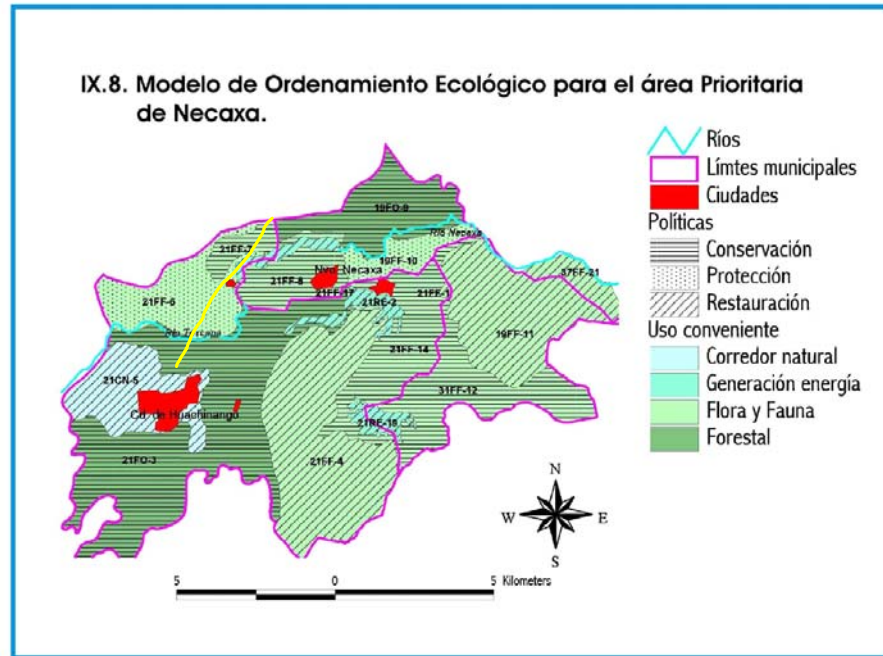


Figura III-4 Modelo propuesto para el área prioritaria de Necaxa

Aunque no hay un decreto aún del ordenamiento citado la SCT considerará las recomendaciones propuestas que apliquen para la ejecución del proyecto

III.2.2 Áreas Naturales Protegidas

En el ámbito regional las siguientes Áreas Naturales Protegidas de carácter federal son las más cercanas al trazo del proyecto

Cuadro III.6.- ANP más cercanas al SAR del proyecto

Categoría / Nombre	Ubicación	Distancia al trazo del proyecto
Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Puebla	Siete-por ciento de trazo dentro del ANP
Barranca de Metziltán	Hidalgo	50 km

A continuación se presentan las áreas naturales protegidas que se ubican en la Región Centro Golfo donde se ubica el proyecto.

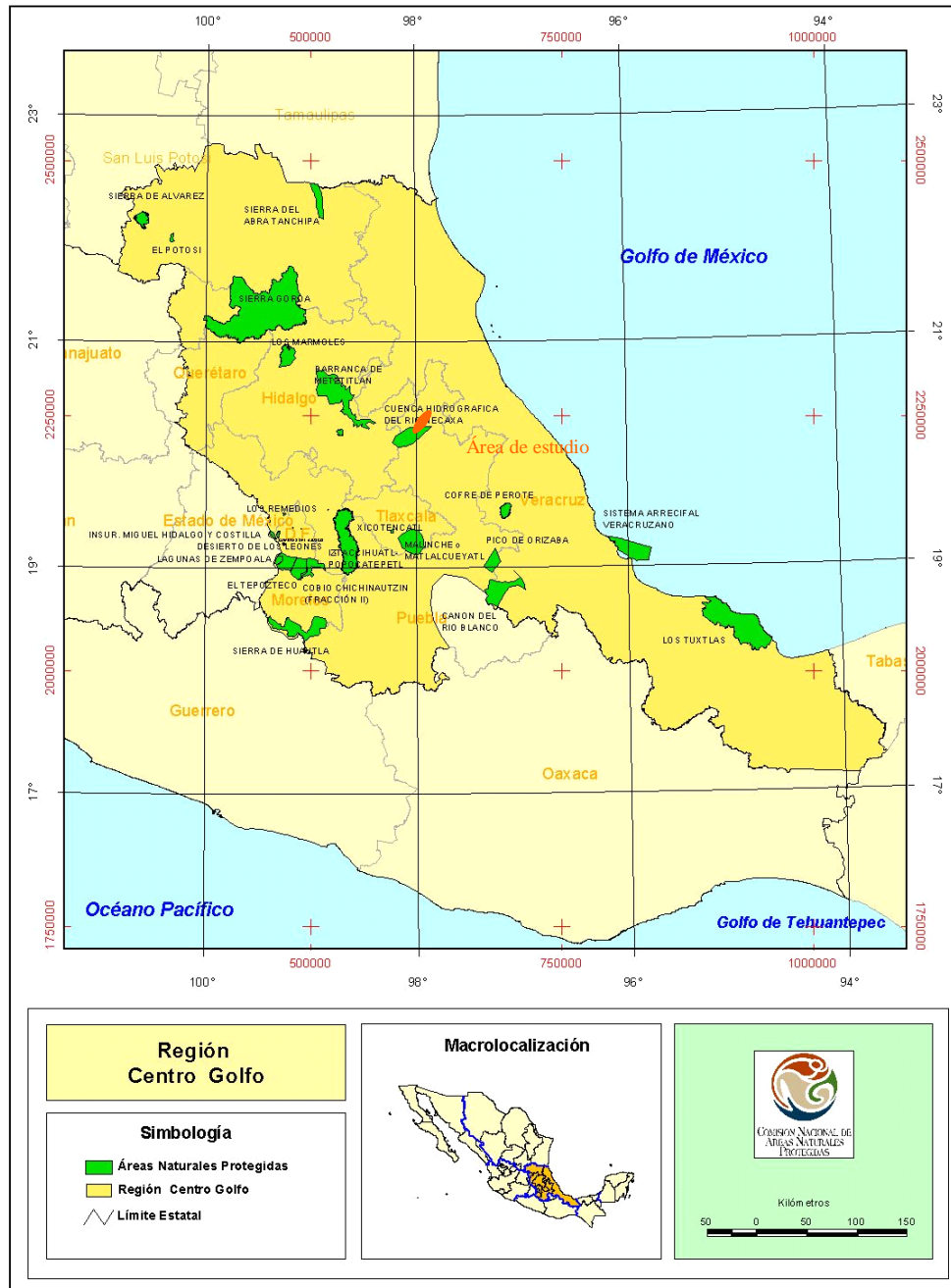


Figura III-5. Localización de Áreas Naturales Protegidas en un contexto regional

Las áreas naturales protegidas en el estado de Puebla representan alrededor del 40 % de la superficie del estado, y aproximadamente 20 % de la superficie protegida a nivel nacional.

Cuadro III.7.- Áreas Naturales Protegidas de Jurisdicción Federal en el el estado de Puebla y en la zona de estudio

Categoría	Nombre y Localización (Estados comprendidos)	Municipios de Puebla comprendidos en estas ANP	Superficie ha	Fecha / Decreto
1.-Reserva de la Biosfera	Tehuacan-Cuicatlán (Puebla y Oaxaca)	Ajalpan, Atexcal, Caltepec, Chapulco, Coxcatlán, Coyomeapan, Juan N. Méndez, Cañada Morelos, Palmar de Bravo, San Gabriel Chilac, San Jose Miahuatlan, Santiago Miahuatlán, Tehuacan, Tecamachalco, Tepanco de López, Tlacotepec de Benito Juárez, Tollepec de Guerrero, Yehualtepec, Zapotitlán de las Salinas y Zinacatepec	490,187	18/Sep/95
2.-Parque Nacional	Malinche (Puebla y Tlaxcala)	Puebla, Amozoc, Tepatlaxco y Acajate	45,711	6/Oct/38
3.-Parque Nacional	Izta-Popo (Morelos, Edo. de México y Puebla)	Tlahuapan, Tianguismanalco, Calpan, Atlixco, Chiautzingo, Huejotzingo, San Felipe Teotlalcingo, San Salvador El Verde, San Nicolás de Los Ranchos y Tochimilco.	90,285 (25,679 en Puebla)	29/Oct/35
4.-Parque Nacional	Pico de Orizaba (Veracruz y Puebla)	Tlachichuca, Chalchicomula de Sesma y Atzitzintla	19,750	04/Ene/37
5.-Parque Nacional	Zoquiapan y Anexas	Tlahuapan	19,418	19/Feb/37
6.-Área de Protección de Recursos Naturales	Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Puebla)	Acoxochitlan, Ahuazotepec, Chiconcuautla, Cuauatepec de Hinojosa, Huauchinango, Juan Galindo, Naupan, Tlaola, Xicotepec, Zacatlán, Zihuateutla.	39, 557	20-Oct-38

Nota: El ANP sombreada en verde es la única que se intersecta con el SAR

Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.CONANP; www.conanp.gob.mx

Ninguna de estas áreas cuenta con Plan de Manejo.

Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

La zona del SAR delimitada para el proyecto se encuentra inserta parcialmente en el Área Natural Protegida, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

Cuadro III.8.- Datos generales del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

Ubicación	Estado. Puebla. Municipios: Acoxochitlan, Ahuazotepec, Choconcuautla, Cuauatepec de Hinojosa, Huauchinango, Juan Galindo, Naupan, Tlaola, Xicotepec, Zacatlán, Zihuateutla
Decreto de creación	20 de octubre de 1938
Acuerdo por el que se declara ANP con categoría Área de Protección de Recursos Naturales	9 de septiembre del 2002
Programa de manejo	No se ha elaborado
Vegetación	Bosques Templado y Mesófilo
Superficie que ocupa:	39 557 ha

El tramo carretero objeto de esta manifestación está dentro de los límites de esta ANP y por ello habrá de cumplir con los lineamientos establecidos en el decreto respectivo (Anexo)

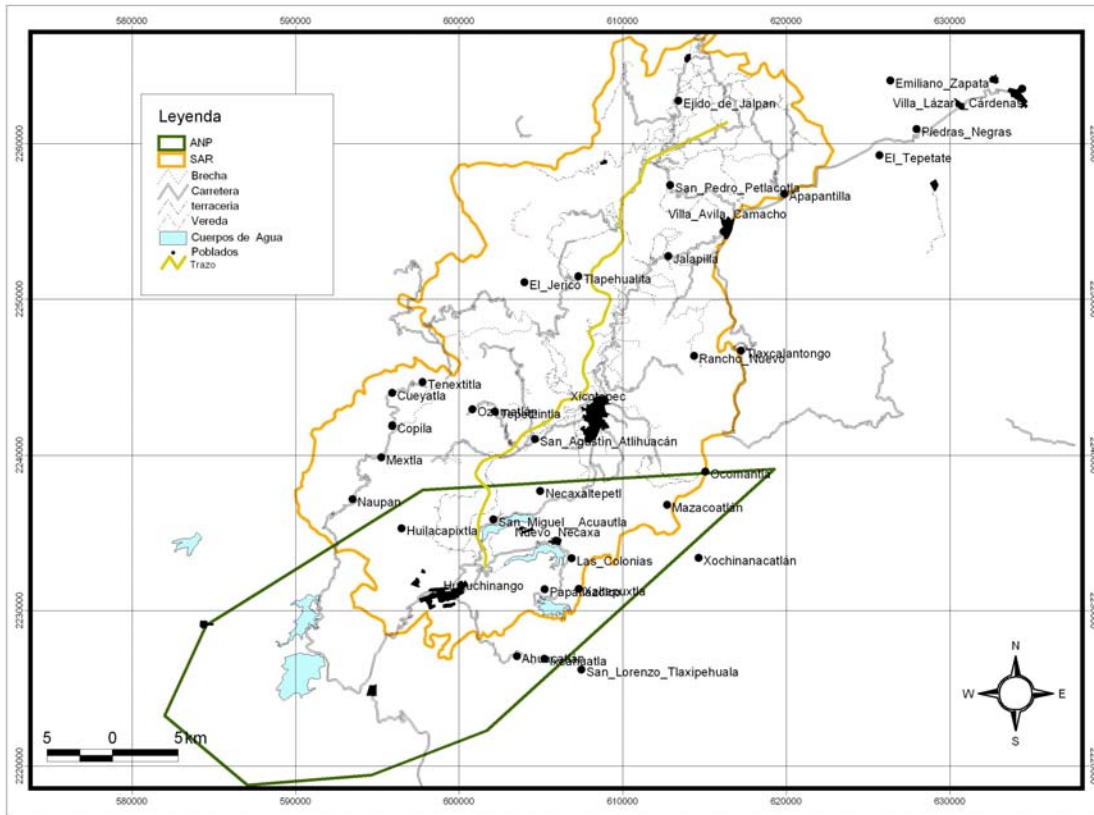


Figura III.6 Dlimitación del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa y la intersección del SAR (línea naranja) y el trazo del proyecto (línea amarilla).

La afectación al ANP considerando los 60 m del derecho de vía, se desglosa a continuación, aunque es de considerar que el despalme será menor. En total se considera una afectación de 0.0008 por ciento del ANP.

Cuadro III.9.- Desglose de la superficie afectada por el proyecto

Área Natural Protegida	Kilometraje de la intersección	km afectados	Superficie afectada en área de cerros		% de afectación con relación al área total del ANP
			m ²	ha	
Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Entre el km 140 + 243 y 146 + 000	5.8	348 000	34.80	Siete por ciento de trazo dentro del ANP

Criterios establecidos en el decreto del veinte de octubre de 1938 que se vinculan con las actividades del proyecto:

ARTICULO SEGUNDO.- Dentro de los límites fijados en el artículo anterior, se establecen zonas protectoras vedadas para cada uno de los vasos de almacenamiento en la extensión correspondiente a su cuenca alimentadora; fijándose, además una zona protectora con radio de un kilómetro alrededor de las plantas generadoras de energía eléctrica y obras conexas; quedando las referidas zonas protectoras sujeta a trabajos de reforestación.

ARTICULO TERCERO.- Dentro de la zona protectora establecida, no se permitirán aprovechamientos forestales de carácter comercial, concretándolos únicamente a las necesidades domésticas y utilizando maderas muertas.

La mayor problemática de ésta ANP la representa el uso inadecuado del suelo en zonas vulnerables, deforestación, pérdida de biodiversidad. La SCT se respetará los criterios establecidos para el ANP, además de los lineamientos establecidos en la LGEEPA para Áreas Naturales de jurisdicción federal.

III.2.3. Regiones Hidrológicas y Subcuencas

Una región hidrológica es la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. Las más densamente pobladas son la 27, llamada también región Tuxpan-Nautla y la región número 12, conocida como Lerma-Santiago. Uno de cada cuatro habitantes en localidades con más de 100 mil habitantes vive en estas regiones hidrológicas

El tramo carretero en cuestión pertenece a la región administrativa de la Comisión Nacional del Agua (CNA) denominada Rcon una superficie total de 4, de las cuales se encuentran dentro del estado.

Región Hidrológica (RH-27) Tuxpan-Nautla.

Se extiende en la Planicie Costera del Golfo Norte, y parte de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental; ocupa casi toda la parte norte del estado de Puebla (24.56% de la superficie de la entidad). Dentro del estado, el límite sur de la región está constituido por el parteaguas que forman las estribaciones más meridionales de la sierra Norte y que se extiende al noroeste de los poblados de Libres y Cuyoaco, así como al sur de Zaragoza y Teziutlán, sobre la vertiente norte de la caldera de los Humeros. Desde esta zona, la región se extiende hasta los estados de Veracruz-Llave Hidalgo. En la

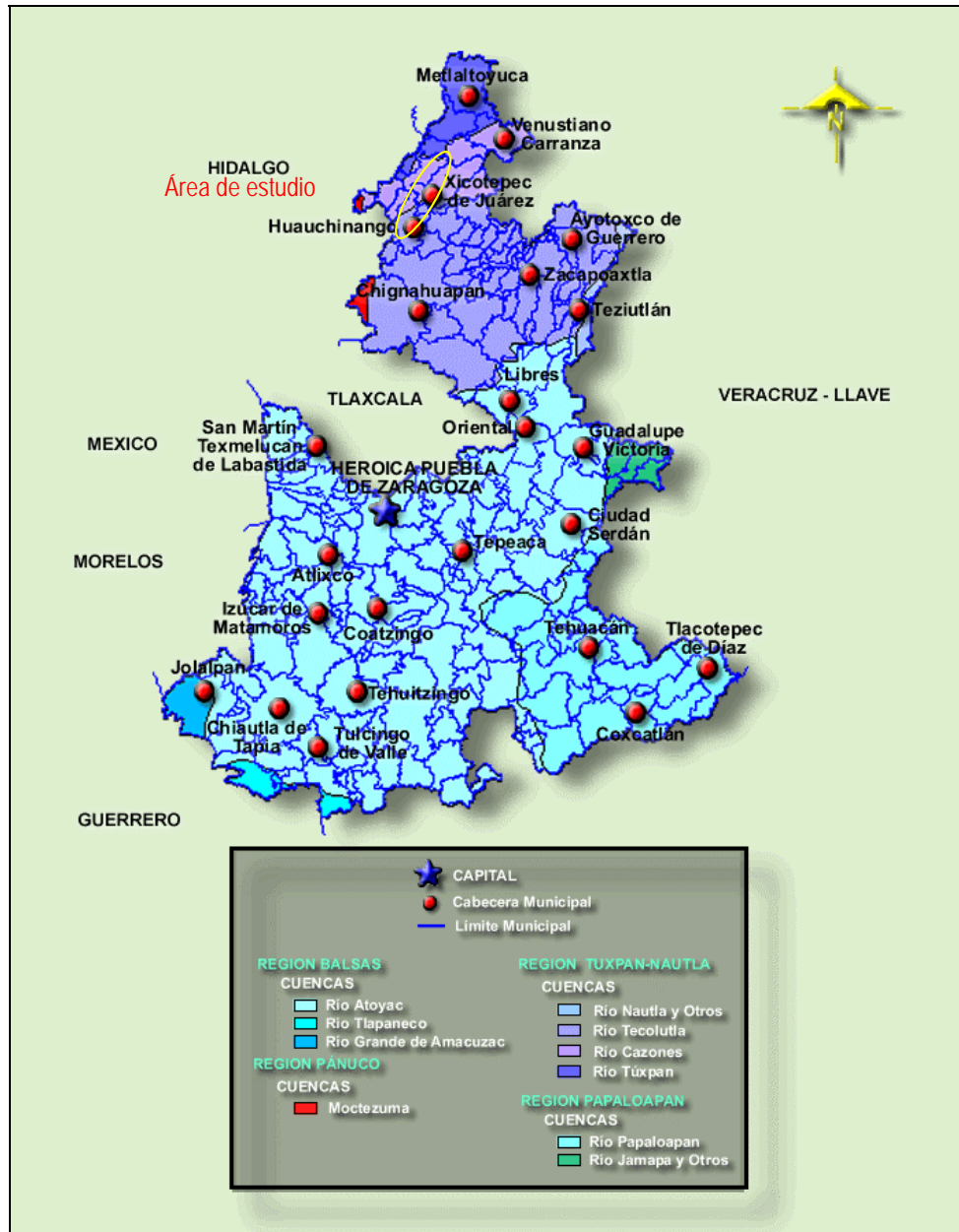
entidad está representada por las cuencas (A), Río Nautla; (B), Río Tecolutla; (C), Río Cazones y (D), Río Tuxpan.

Esta zona es la más lluviosa del estado; se registran precipitaciones de lluvia entre 1 500 a 3 000 mm al año; en el área de Cuetzalan se tienen medias anuales de más de 4 000 mm, pero se han llegado a registrar hasta seis m. La temperatura media anual, oscila desde 14°C en las partes más altas de la sierra, hasta 24°C en los dominios de la planicie costera.

El coeficiente de escurrimiento alcanza en general, valores altos, dadas las abruptas pendientes y la creciente deforestación; fluctúa del 10 a más del 30% para la mayor parte de la región. Estas condiciones propician un escurrimiento anual en esta área de aproximadamente 6 697 Mm³, que es casi 60% del escurrimiento virgen de toda la entidad. De este volumen, 4 333 Mm³ anuales fluyen al estado de Veracruz-Llave, aunque se reciben aportaciones de Tlaxcala e Hidalgo, por 423 Mm³.

Cuadro III.10.- Desglose de la superficie afectada por el proyecto

Región	Cuenca	% de la superficie estatal
Túxpan-Nautla	R. Nautla y Otros	0.82
	R. Tecolutla	12.46
	R. Cazones	3.68
	R. Túxpan	2.56



Fuente: INEGI, 2000

Figura III.7 Regiones Hidrológicas de Puebla y ubicación aproximada del proyecto.

Regiones Prioritarias

a) Región Terrestre Prioritaria (RTP)

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

BOSQUES MESÓFILOS DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL RTP-102

Concepto	Ubicación
Coordenadas extremas	Latitud N: 19° 56' 30" a 21° 06' 40" Longitud W: 97° 50' 55" a 98° 49' 32"
Entidades	Puebla, Veracruz, Hidalgo
Superficie	3,935 km ² Valor para la conservación: 3 (mayor a 1,000 km ²)
Municipios	Acatlán, Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide, Ahuazotepec, Calnali, Chiconcuautla, Cuauhtepic de Hinojosa, Eloxochitlán, Honey, Huachinango, Huayacocotla, Huazalingo, Huehuetla, Huejutla de Reyes, Ilamatlán, Jopala, Juan Galindo, Juárez Hidalgo, Lolotla, Metepec, Metzquitlán, Molango de Escamilla, Naupan, Pahuatlán, San Agustín Metzquitlán, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Texcatepec, Tianguistengo, Tlachichilco, Tlacuilotepec, Tlanchinol, Tlaola, Tlapacoya, Tlaxco, Xicotepec, Xochicoatlán, Yahualica, Zacatlán, Zacualpan, Zacualtipan de Ángeles, Zihuateutla, Zontecomatlán.
Localidades de referencia	Tulancingo, Hgo.; Huauchinango, Pue.; Xicotepec de Juárez, Pue.; Zacatlán, Pue.

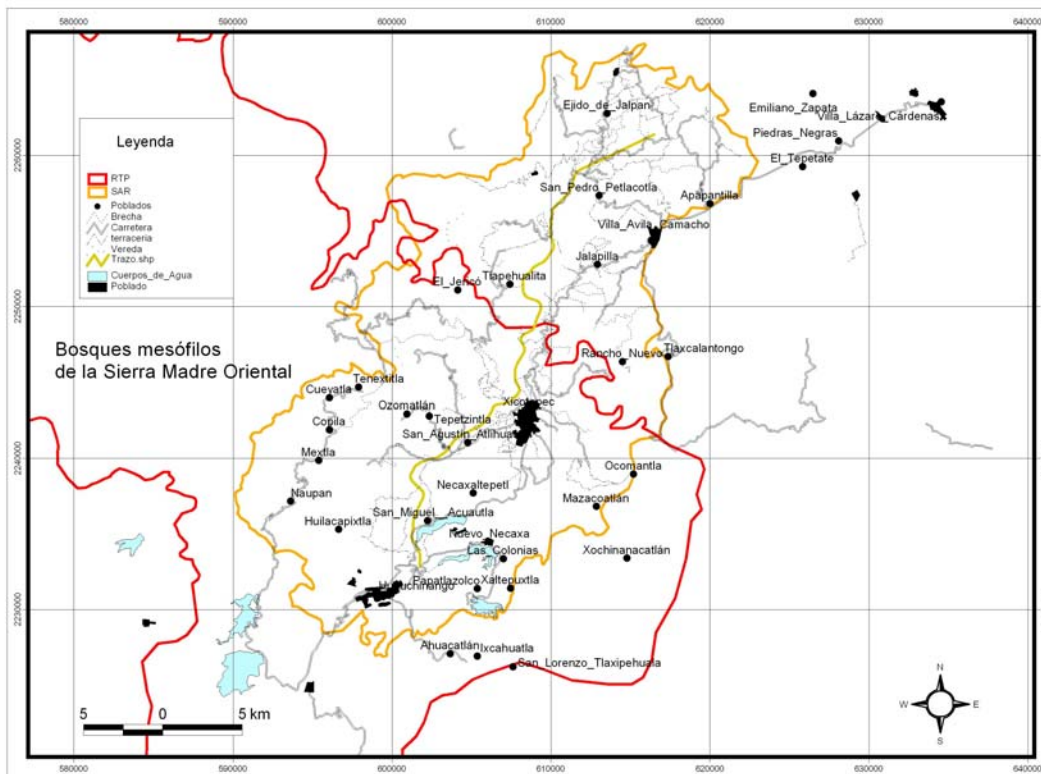
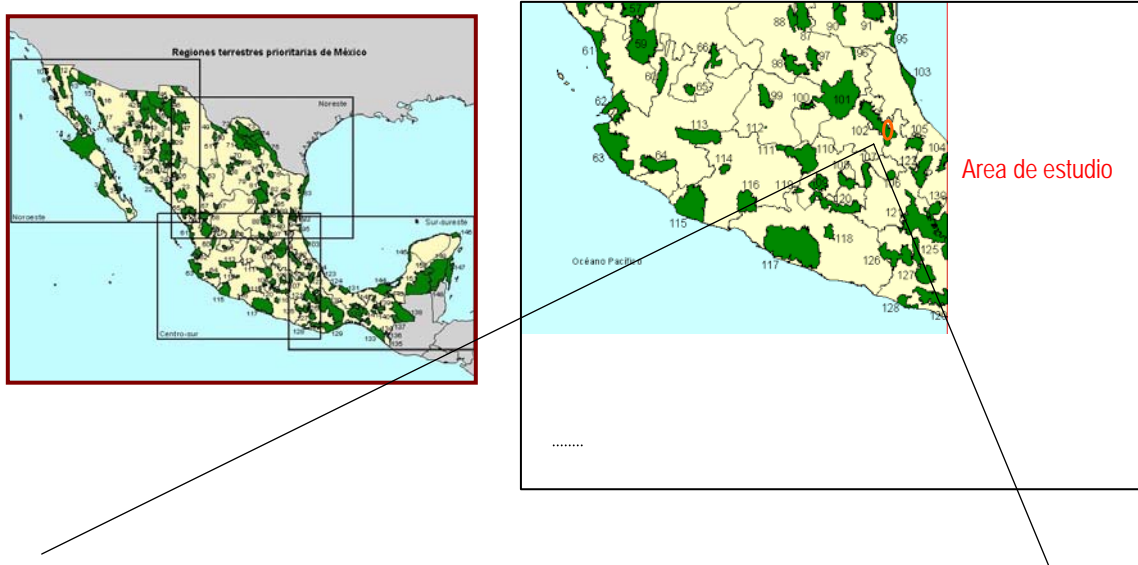


Figura III-8. Ubicación del área del proyecto en la Region Terrestres Prioritarias 102

Se trata de una región prioritaria para la conservación debido a que integra a los Bosque Mesófilos representativos de la Sierra Madre Oriental. Las áreas de bosques mesófilos de montaña más integrados se encuentran al norte del área, al sur se encuentran fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña pero con vegetación secundaria y con pastizales inducidos. La parte central de esta RTP presenta mayor fragmentación del bosque mesófilo hacia la zona de Huayacocotla en donde se reporta *Magnolia macrophylla var. dealbata* (especie amenazada y de distribución restringida). Esta especie se localiza en las áreas de vegetación de Bosque de Pino-Encino. Presenta además poblaciones grandes de helechos arborescentes, así como algunas turberas asociadas con flora rara.

Cuadro III.11.- Vinculación del proyecto con la RTP 5

Factores de identificación de la RTP		Consideraciones	Posibles efectos del proyecto	Criterios utilizados en las tendencias de cambio.
Aspectos fisiográficos	Geoformas	Geoformas: Sierras, laderas lomeríos y cañadas.		
Aspectos Bióticos Valor para la Conservación 1	Integridad ecológica funcional	Integridad ecológica funcional: 4 (alto) Los parches de vegetación natural tienen aún especies indicadoras de un buen estado de conservación de los hábitats.		
	Función como corredor biológico	Función como corredor biológico: 3 (alto) Es un corredor biológico por presentar bosques mesófilos interconectados entre la sierra Norte de Puebla y la región de Tlalchinol en Hidalgo.	El proyecto carretero no alterará la función como corredor biológico ya que se permite el libre paso de la fauna a través de las estructuras. A través del proyecto se implementaran pasos de fauna adicionales a los existentes que permitan su libre desplazamiento.	
	Fenómenos naturales extraordinarios	Fenómenos naturales extraordinarios: 2 (importante) La cañada de Patla es una de las zonas más diversas en especies de lepidópteros papilionideos y alberga 80% de las especies conocidas en Puebla. Se presentan relictos xéricos en las cañadas.	EL proyecto carretero se llevará a cabo en la zona de amortiguamiento de la Reserva sin afectar áreas núcleo	
	Presencia de endemismos	Presencia de endemismos: 2 (medio) Principalmente para plantas y vertebrados terrestres.	En caso de afectar especies endémicas o bajo algún régimen de protección de acuerdo a la NOM-059 durante las	

Factores de identificación de la RTP		Consideraciones	Posibles efectos del proyecto	Criterios utilizados en las tendencias de cambio.
	Riqueza específica	Riqueza específica: 2 (medio) Sobre todo para plantas, principalmente en el Bosque Mesófilo, y vertebrados terrestres. En la parte sur se presentan 800 especies de mariposas diurnas, 300 especies de aves. Se reportan 19 especies de mamíferos. Se encuentran también las siguientes especies con estatus de protección especial: <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Carpinus caroliniana</i> , <i>Cupressus montana</i> , <i>Ceratozamia mexicana</i> , <i>Magnolia schiedeana</i> , <i>Lontra longicaudis</i> , <i>Leopardus pardalis</i> , <i>Ramphastos sulfuratus</i> , <i>Pteroglossus torquatus</i> , <i>Penelope purpurascens</i> y <i>Boa constrictor</i> .	actividades de construcción y operación de la carretera se desarrollará una medida de mitigación adecuada (p.ej un plan de rescate) para reducir el impacto al mínimo posible.	
	Función como centro de origen y diversificación natural	0 (no se conoce) Información no disponible.		
Aspectos Antropogénicos	Función como centro de domesticación o) mantenimiento de especies útiles:	2 (importante) Para la especie <i>Pinus patula</i> .		
	Prácticas de manejo inadecuado	3 (alto) Principalmente debido a la ganadería.	Los caminos interiores no serán ampliados debido a la realización de este proyecto; no hay afectación	
	Concentración de especies en riesgo:	2 (medio) Cabe mencionar a <i>Dendrotyx barbatus</i> , <i>Ara militaris</i> y otras aves de distribución restringida, así como especies de árboles raros y amenazados como <i>Ostrya sp.</i> , <i>Cornus florida</i> , <i>Podocarpus sp.</i> , <i>Fagus mexicana</i> , <i>Magnolia macrophylla</i> .		
	Nivel de fragmentación de la región:	3 (alto) Actualmente sólo hay parches aislados de Bosques Mesófilos por lo que es importante conservarlos.		
	Importancia de los servicios ambientales:	3 (alto) Las cuencas hidrológicas de los ríos Tuxpan Madera y Necaxa, generan 3% de la energía eléctrica en México con las represas Los Reyes, El Tejocotal, Necaxa y Tenango.		

Cuadro III.12.- Desglose de la superficie afectada por el proyecto en la RTP 102

Kilometraje de la intersección	km. Afectados	Superficie afectada en área. de ceros		% de afectación con relación al área total
		M ²	Ha	
Entre el km 140 + 243 y 161 + 000	20.76	1 245 600.00	124.56	0.0003

b) Región Hidrológica Prioritaria (RHP)

La Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO), dentro de su Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias considera alrededor de 110 RHP's de las cuales, la más cercana a la zona de estudio es la RHP No. 76 Río Tecolutla. El proyecto se encuentra incluido en dicha región hidrológica prioritaria.

Estado(s): Veracruz y Puebla

Polígono:

Latitud 20°28'48" - 19°27'36" N

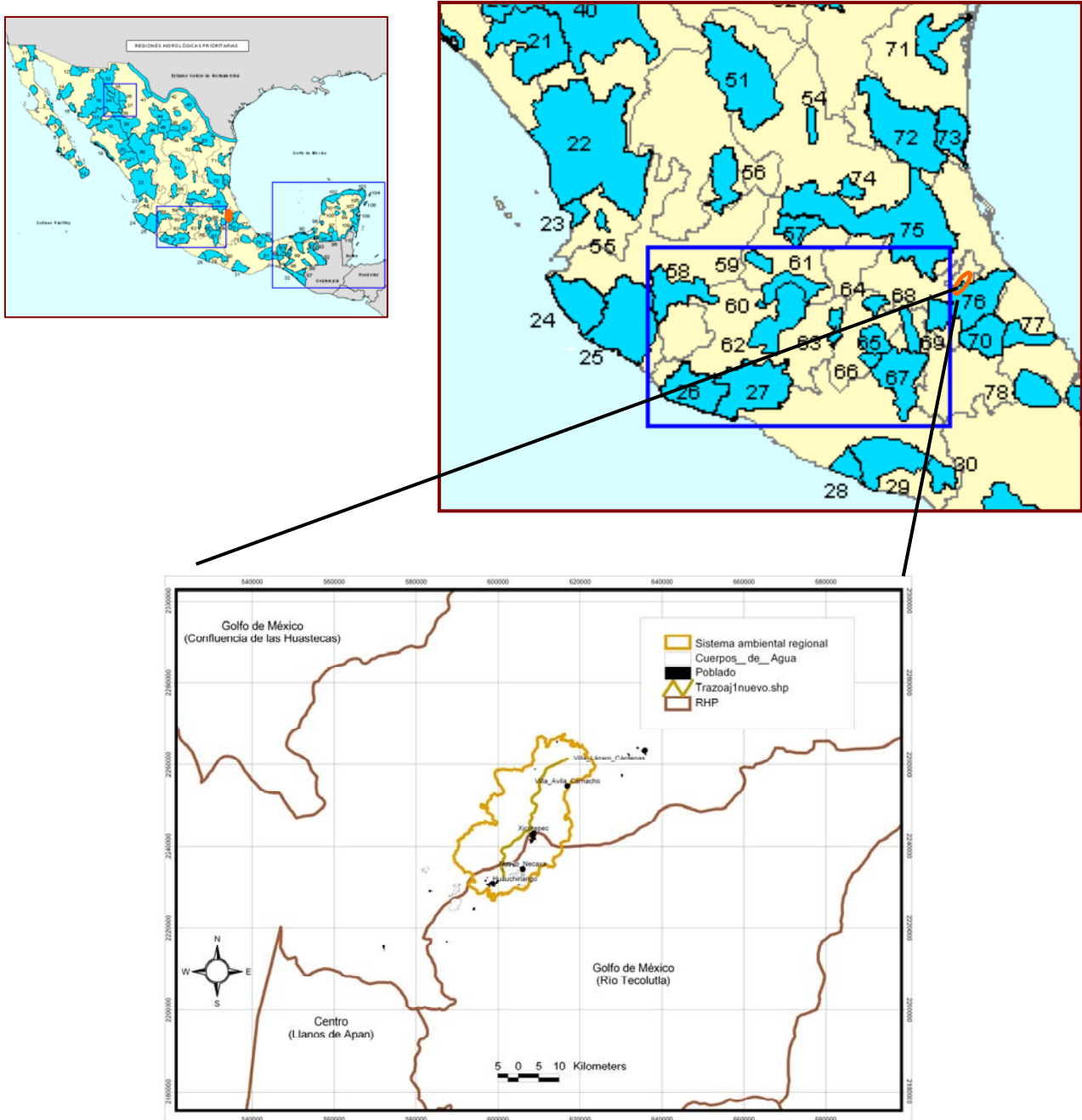
Longitud 98°14'24" - 96°57'00" W

Superficie: Superficie 7 950.05 km²

Los recursos hídricos principales son:

Lénticos: presa Necaxa, estuario, laguna costera, marismas

Lóticos: ríos Tecolutla, Necaxa, Laxaxalpa, Apulco y Tejocotal, arroyos



Fuente: Arriaga, 2000

Figura III-9 Ubicación de la zona bajo estudio con relación a la Región Hidrológica Prioritaria 76

Cuadro III.13.- Vinculación de la RHP 76 con el proyecto carretero

Factor de Conservación	Consideraciones	Efectos del proyecto
Acuíferos	Deforestación, modificación de la vegetación excepto en cañadas,	El proyecto no considera la extracción de agua subterránea de esta RHP.
Agua	Deseccación de ríos y mantos freáticos	Se deberá tener cuidado para no desviar cauces de arroyos, aún los intermitentes Se evitará la disposición inadecuada de material de desecho durante la construcción de la obra.
Suelos	Pérdida de suelos por deslave,	Movimiento de tierra, erosión . Se aplicarán medidas de mitigación
Presa Necaxa y entorno	Área Natural Protegida	El proyecto no causará afectación alguna a ésta área Se aplicarán medidas de mitigación para evitar afectaciones indirectas por aporte de sedimentos en arroyos y ríos

Cuadro III.14.- Desglose de la superficie afectada por el proyecto en la RHP 76

	Kilometraje de la intersección	Km. Afectados	Superficie afectada en área. de ceros		% de afectación con relación al área total
			M ²	Ha	
	Entre el km 140 + 243 y 143 + 000	2.76	165 600.00	16.56	0.0000208

c) Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Entre sus propósitos está ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación

En la zona del SAR delimitada y el proyecto en particular **NO** se encuentran dentro de AICAS. Las áreas de importancia para la conservación de las aves más cercanas son AICA No. C 47 Cuetzalán AICA No. C 71 Cuetzalán y AICA No. C 51 Huayacocotla, mismas que se encuentran alejadas del trazo por lo que no tendrá ninguna implicación al sistema.

Cuadro III-14 AICAS más cercanas a límites del SAR

AICA	Nombre	Distancia a límite más cercano del SAR km
AICA No. C 71	Cuetzalán	48.4
AICA No. C 47	Subcuenca Tecocomulco	41.1
AICA No. C 51	Huayacocotla	28.0

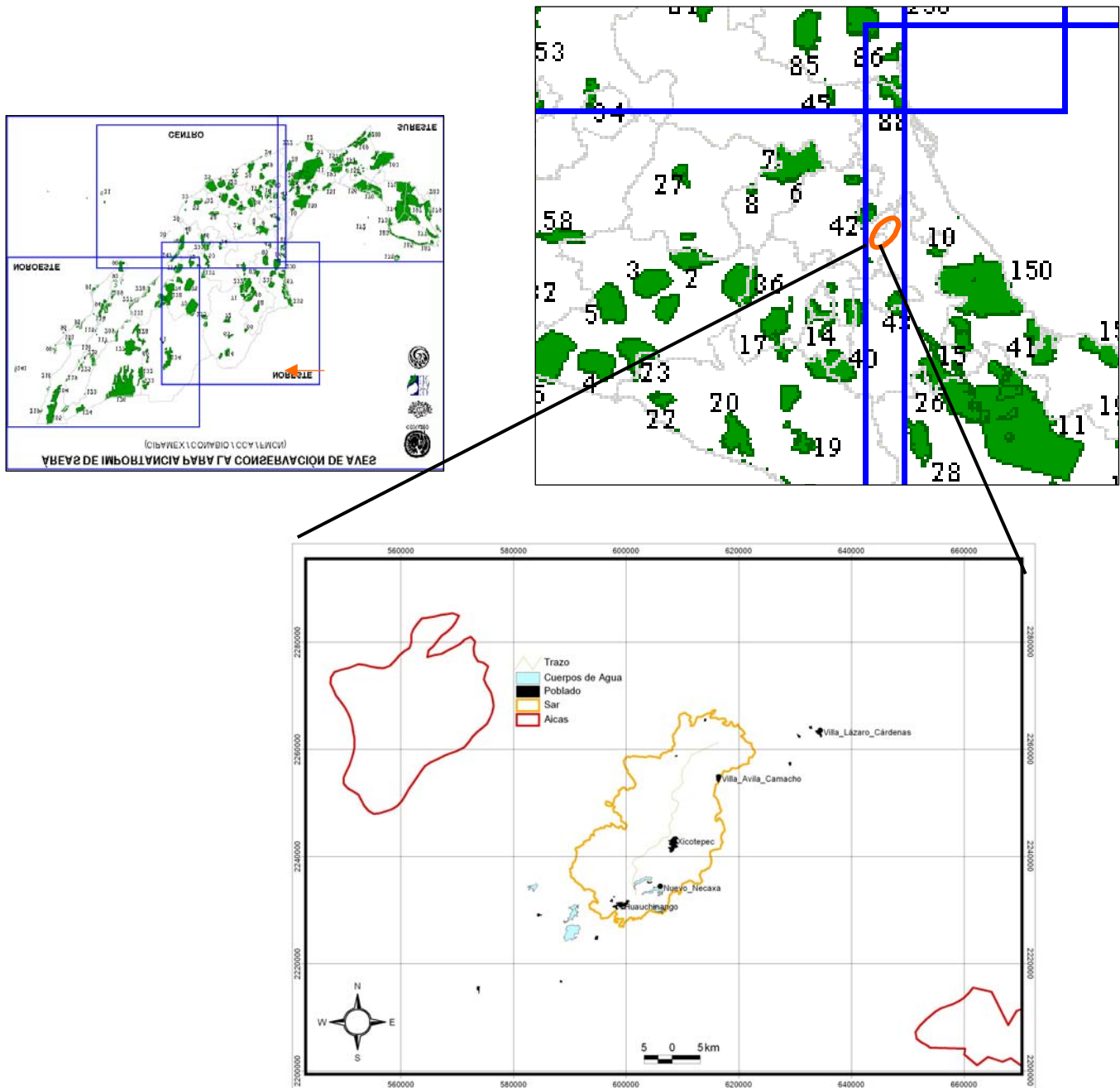


Figura III.11 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), próximas al Area de estudio

Se puede apreciar que el proyecto NO esta dentro de ninguna zona de importancia. (Fuente: CONABIO, 2002).

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

III.3.1 Leyes Federales

a) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)

La LGEEPA establece en su:

- *Sección Quinta "Evaluación del Impacto Ambiental" , Artículo 28, Fracción I que quienes pretendan llevar a cabo obra hidráulica, vía de comunicación en general, oleoductos, gasoductos o poliductos deberán solicitar previamente la autorización en materia de impacto Ambiental a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).*
- *Sección Quinta "Evaluación del Impacto Ambiental" , Artículo 30 que "Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente".*
- *Sección Quinta "Evaluación del Impacto Ambiental", Artículo 35 que "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. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá: I. Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados; II. Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenuen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o III. Negar la autorización solicitada”.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) ha sido elaborada con el objetivo de cumplir con lo establecido y antes citado en la LGEEPA. El inicio de la obra carretera estará sujeto a la autorización de esta MIA conforme a lo establecido en el Artículo 35. Así mismo el proyecto provocara impactos acumulativos y residuales.

b) Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

La LGVS establece en su:

ARTÍCULO 2o.- “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”.

Dado que la LGVS no contempla la afectación de la vida silvestre debido a actividades de construcción y operación de proyectos de este tipo; se deberá hacer referencia a lo previsto en la LGEEPA.

ARTICULO 64: *“La Secretaría acordará con los propietarios o legítimos poseedores de predios en los que existan hábitats críticos, medidas especiales de manejo y conservación. La realización de cualquier obra pública o privada, así como de aquellas actividades que puedan afectar la protección, recuperación y restablecimiento de los elementos naturales en los hábitats críticos, deberá quedar sujeta a las condiciones que se establezcan como medidas especiales de manejo y conservación en los planes de manejo de que se trate, así como del informe preventivo correspondiente, de conformidad con lo establecido en el reglamento”.*

El sitio utilizado para la ampliación del tramo carretero en cuestión no se considera hábitat crítico por lo que no debe estar sujeto a ningún plan de manejo.

c) Ley General de Bienes Nacionales (LGBN)

De acuerdo al Artículo 7º de la LGBN toda carretera es un bien nacional de uso común y por ello cualquier modificación a la misma debe estar sujeta a lo dispuesto en dicha Ley.

ARTÍCULO 66.- *“La conservación, mantenimiento y vigilancia de los inmuebles federales destinados, quedará a cargo de las instituciones destinatarias, las cuales deberán atender las disposiciones legales y reglamentarias que resulten aplicables”.*

ARTÍCULO 104.- *“La Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría intervendrán en los términos de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal, de acuerdo a su competencia en la materia, cuando se requieran ejecutar obras de construcción, reconstrucción, modificación, adaptación, conservación y mantenimiento de inmuebles federales, así como para el óptimo aprovechamiento de espacios”.*

d) Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

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".*

ARTÍCULO 22.- *"Es de utilidad pública la construcción, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes".*

En acato a esta Ley, es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) Federal quien está a cargo de este proyecto.

e) Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

ARTÍCULO 17.- *"En la planeación de las obras públicas y de los servicios relacionados con las mismas, las dependencias y entidades deberán ajustarse a:*

I. Lo dispuesto por la Ley General de Asentamientos Humanos;

II. Los objetivos y prioridades del Plan Nacional de Desarrollo y de los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que correspondan, así como a las previsiones contenidas en sus programas anuales, y

III. Los objetivos, metas y previsiones de recursos establecidos en los presupuestos de egresos de la Federación o de las entidades respectivas".

El proyecto objeto de este análisis obedece a lo previsto en este artículo dado que forma parte del Plan Nacional de Desarrollo, del Plan Sectorial y del Presupuesto de Egresos de la Federación

ARTÍCULO 19.- *"Las dependencias y entidades que realicen obras públicas y servicios relacionados con las mismas, sea por contrato o por administración directa, así como los contratistas con quienes aquellas contraten, observarán las disposiciones que en materia de asentamientos humanos, desarrollo urbano y construcción rijan en el ámbito federal, estatal y municipal.*

Las dependencias y entidades, cuando sea el caso, previamente a la realización de los trabajos, deberán tramitar y obtener de las autoridades competentes los dictámenes, permisos, licencias, derechos de bancos de materiales, así como la propiedad o los derechos de propiedad incluyendo derechos de vía y expropiación e inmuebles sobre los cuales se ejecutarán las obras públicas. En las bases de licitación se precisarán, en su caso, aquellos trámites que corresponderá realizar al contratista”.

ARTÍCULO 20.- “Las dependencias y entidades estarán obligadas a considerar los efectos sobre el medio ambiente que pueda causar la ejecución de las obras públicas con sustento en la evaluación de impacto ambiental prevista por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Los proyectos deberán incluir las obras necesarias para que se preserven o restituyan en forma equivalente las condiciones ambientales cuando éstas pudieren deteriorarse y se dará la intervención que corresponda a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y a las dependencias y entidades que tengan atribuciones en la materia”.

f) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

ARTÍCULO 2.- “En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios:...

...III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas;

IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños”

La SCT deberá en atención a esta Ley responsabilizarse por el manejo responsable, adecuado y oportuno de los residuos sólidos que se generen durante la construcción y operación de este proyecto.

ARTÍCULO 30.- *“La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:*

- I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;*
- II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores;*
- III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables, y*
- IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales”.*

En caso de que se determine que el volumen a generar durante el proceso de construcción es alto o bien que existen residuos tóxicos, bioacumulables o que representen algún riesgo para la población, la SCT elaborará un plan de manejo de acuerdo a lo previsto en las NOM y el cual presentará a la autoridad correspondiente para su información y aprobación.

III.3.3 Reglamentos

- a) Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Este reglamento en su Artículo 5º indica que *“Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:...*

- b) *VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:*

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

- *La instalación de hilos, cables o fibra óptica para la transmisión de señales electrónicas sobre la franja que corresponde al derecho de vía, siempre que se aproveche la infraestructura existente, y*
- *Las obras de mantenimiento y rehabilitación cuando se realicen en la franja del derecho de vía correspondiente."*

Considerando que el tramo carretero en cuestión es una vía general de comunicación incluida en el grupo mencionado en este artículo, se elabora la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en su modalidad regional de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 11 del este reglamento y su contenido va acorde con lo solicitado mediante el Artículo 13.

III.3.4 Normas

La rectificación de la curva y construcción del estribo para el puente requiere de trabajos en diferentes etapas, como son: preparación, construcción y operación generaran afectaciones al sistema con diferente intensidad bajo las siguientes premisas:

- i) Físico Contaminación atmosférica, agua, suelo
Generación de residuos peligrosos, ruido
- ii) Biológico contaminación a los recursos naturales, afectación a la flora y fauna.

Para minimizar las afectaciones al sistema, se deben considerar las disposiciones y lineamientos establecidos en las normas oficiales mexicanas, con base en la vinculación que tienen algunas de ellas con el proyecto que nos ocupa, a continuación se especifican las siguientes:

El Cuadro III.15 se presenta el listado de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) vinculadas a este proyecto así como la forma en que lo hacen.

Cuadro III.15. NOM vinculadas al proyecto carretero para el proyecto

I. SEMARNAT		
NOM	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-001-SEMARNAT-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (Aclaración 30-abril-1997). 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 Norma Oficial Mexicana. 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, como se describirá en la sección de medida de Mitigación.
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.	En la región en estudio, así como en el desmote y despalme del derecho de vía deberá rescatarse los ejemplares susceptibles de transplantarse, incluidos en la NOM y reubicar los individuos de fauna incluidos en la citada NOM los cuales están identificados y listados en el Capítulo IV.
NOM-060-SEMARNAT-1994	Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.	Para el desmote se deberá ordenar el derribo direccional, dentro del derecho de vía, para reducir el derribo de otros ejemplares próximos.
NOM-061-SEMARNAT-1994.	Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.	Aplica en los campamentos donde se deberá proveer a las personas de equipo y víveres necesarios para su alimentación y evitar la utilización de recursos naturales.
NOM-126-SEMARNAT-2000	Que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional.	Aplica como parte del programa de rescate ¹ de flora y fauna, sobre todo de aquellas especies señaladas en la NOM-059
NOM-027-SEMARNAT-1996	Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.	Relacionado con el aprovechamiento de suelo orgánico obtenido en el despalme y luego utilizado en reforestación
NOM 085-SEMARNAT-1994.	Contaminación atmosférica-fuentes fijas-para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones	En caso de utilizar plantas de asfalto o concreto se deberán monitorear periódicamente sus emisiones para garantizar que cumplan con la NOM.
NOM-007-SEMARNAT-1997	Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.	Deberá aplicarse como parte de un programa de producción de composta que se adicionará al material de despalme y utilizara en la reforestación ¹ .
NOM-043-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.	En caso de que se establezcan trituradoras se deberán monitorear las emisiones de partículas sólidas para verificar que no excedan los límites.
NOM-098-SEMARNAT-2002	Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.	Quema de desechos sólidos de tipo doméstico provenientes de campamentos cuando no sea viable llevarlos a un basurero municipal

I. SEMARNAT		
NOM	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-001-SEMARNAT-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (Aclaración 30-abril-1997). 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 Norma Oficial Mexicana. 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, como se describirá en la sección de medida de Mitigación.
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.	En la región en estudio, así como en el desmante y despilme del derecho de vía deberá rescatarse los ejemplares susceptibles de transplantarse, incluidos en la NOM y reubicar los individuos de fauna incluidos en la citada NOM los cuales están identificados y listados en el Capítulo IV.
NOM-060-SEMARNAT-1994	Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.	Para el desmante se deberá ordenar el derribo direccional, dentro del derecho de vía, para reducir el derribo de otros ejemplares próximos.
NOM-061-SEMARNAT-1994.	Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.	Aplica en los campamentos donde se deberá proveer a las personas de equipo y víveres necesarios para su alimentación y evitar la utilización de recursos naturales.
NOM-126-SEMARNAT-2000	Que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional.	Aplica como parte del programa de rescate ¹ de flora y fauna, sobre todo de aquellas especies señaladas en la NOM-059
NOM-027-SEMARNAT-1996	Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.	Relacionado con el aprovechamiento de suelo orgánico obtenido en el despilme y luego utilizado en reforestación
NOM-079-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.	Se deberá monitorear la maquinaria, equipo y vehículos utilizados en la construcción, sobre todo cuando trabajen cerca de poblaciones, para que no se exceda la norma.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Idem, para plantas de asfalto, concreto, trituradoras, etc.

III.3.5 Acuerdos y Convenios

Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación para el Programa de Desarrollo Regional Sustentable.

El objetivo de este acuerdo es “impulsar un modelo de planeación regional descentralizada, participativa y democrática, que conduzca hacia procesos de desarrollo sustentable, en los que la utilización de los recursos naturales locales contribuya a disminuir la pobreza, a impulsar el crecimiento productivo y al aumento de los ingresos de los habitantes en las Regiones Prioritarias, desde un enfoque de planeación de mediano plazo”.

Concordancia

Por todo lo anteriormente expuesto, concluimos que el grado de concordancia del proyecto con respecto a las políticas e instrumentos de planeación del desarrollo en la región fue consideradas como positivas (de media a máxima) y sin ninguna discordancia.

CAPÍTULO IV

IV. DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

IV.1 Delimitación de la región de estudio

El área de estudio queda comprendida dentro de la sub cuenca del Río San Marcos, en la región natural denominada: Zona templada, Provincia del Karst Huasteco. Se incluye dentro de la Región terrestre prioritaria: Golfo de México, Río Tecolutla y cruza por el Área Natural Protegida denominada Cuenca hidrográfica del río Necaxa, considerada como área de protección de los recursos naturales, categoría VI, de la SEMARNAT, y que incluye a los municipios de: Acoxochitlán, Ahuazotepec, Chiconautla, Cuahutepec de Hinojosa, Huauchinango, Juan Galindo, Naupan, Tlaola, Xicotepec, Zacatlán, Zihuateutla.

IV.1.1 Delimitación preliminar

Con base en una serie de criterios topográficos, partiendo de un análisis de menor a mayor resolución y considerando la distribución de las principales geoformas, escorrentías y centros urbanos, se delimitó un primer sistema ambiental regional para el área de estudio del tramo carretero. Este sistema delimitado inicialmente con un polígono (Figura IV.1) que abarca una superficie de 69,440.45 Ha. Esta superficie se estima que comprende una región relativamente homogénea, dentro de la cual es factible identificar las principales interacciones entre los componentes ambientales (clima, geología, geomorfología, hidrología, suelos, vegetación y población humana) tales que configuran un sistema ambiental relativamente uniformidad y con cierta continuidad en sus componentes ambientales. Se considera que la superficie originalmente delimitada corresponde a un espacio geográfico funcional, cuyos elementos y procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos, dada su continuidad, interactúan para mantener un equilibrio que permita su desarrollo sostenible, cuya delimitación puede derivar de la uniformidad y continuidad de sus ecosistemas.

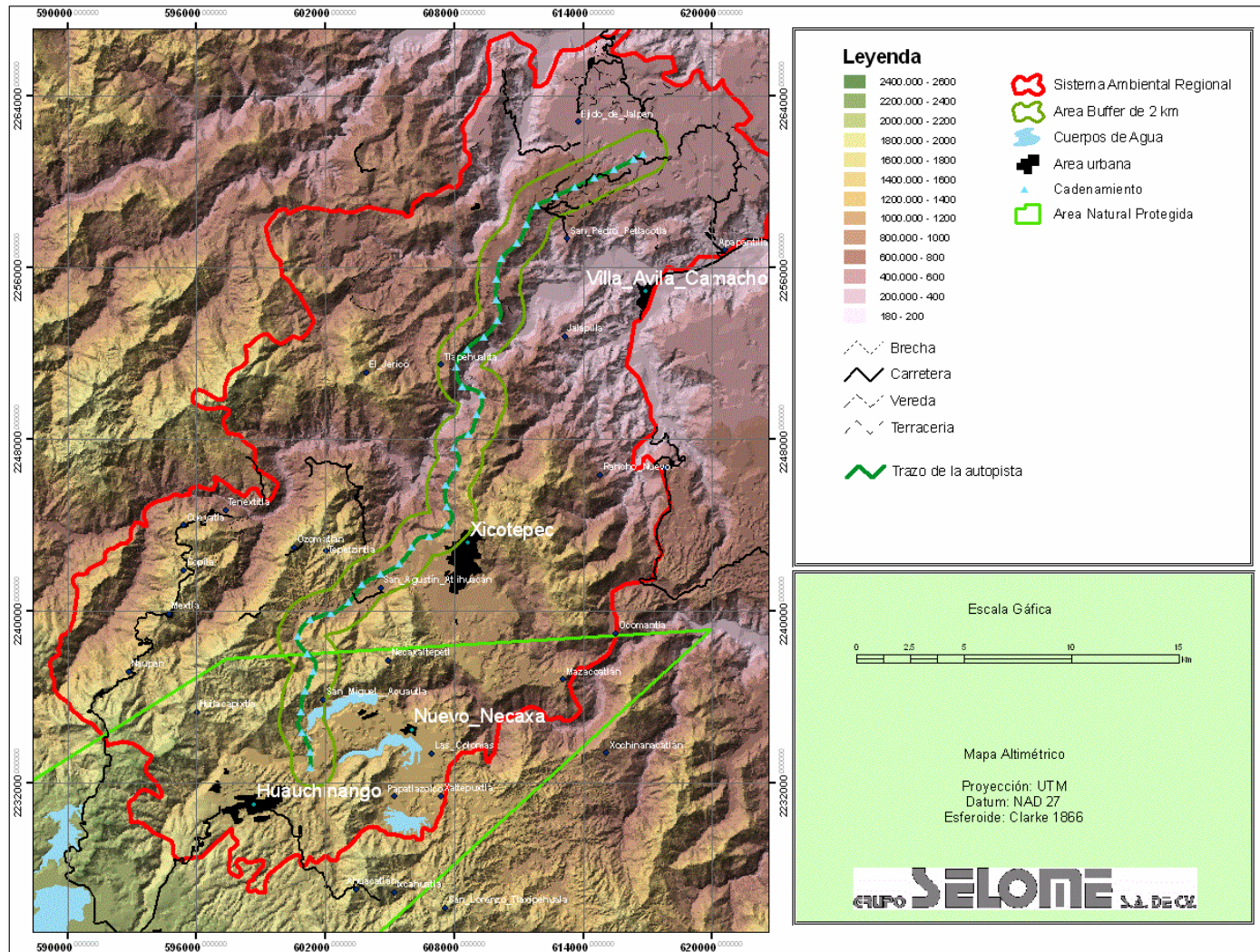


Figura IV.1.- Delimitación inicial del Sistema Ambiental Regional en torno al proyecto carretero, representado sobre límites altimétricos y topográficos. El polígono verde indica el límite del Área Natural Protegida: Cuenca hidrográfica del río Necaxa..

IV.1.2 Delimitación definitiva

Utilizando como apoyo cartografía topográfica escala 1:50,000 y a partir de los recorridos de campo, se encontró que, aunque la topografía en el sitio es compleja y la delimitación de unidades y límites resulta difícil, los límites establecidos de manera preliminar fueron corroborados como los más adecuados para poder circunscribir zonas relativamente homogéneas en torno a la carretera. De esta manera se definió que los primeros 14 kilómetros del tramo cruzan por una zona de lomeríos suaves y en la proximidad de la presa Nuevo Necaxa y la localidad de Huauchinango. Seguida a esta zona, entre el km 154 al 169 la topografía es abrupta y el SAR incluye una serie de cañadas con fuertes pendientes ($>40^\circ$) hasta los límites de las principales topoformas al oriente y poniente, entre las inmediaciones de Xicotepec y Jalapilla. Finalmente, los últimos 9 km del tramo, en las inmediaciones de Jalpan, se vuelve a cruzar por una zona de lomeríos y pendientes más suaves, y los límites del SAR se establecen en donde las partes planas entran en contacto con sitios con pendientes más fuertes y topografía más abrupta. En general se puede considerar que el SAR considera aproximadamente 10 km a cada lado del eje de la carretera.

IV.2 Descripción del sistema ambiental regional

El paisaje dentro del SAR se encuentra modelado por los procesos volcánicos que caracterizan la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. En la zona se predominan corridas de lava, domos y cenizas volcánicas. Las unidades geomorfológicas principales corresponden a: a) Unidades de Sierra con laderas superior escarpada convexa, b) lomeríos medios con laderas fuertemente inclinadas; c) lomeríos bajos suavemente modelados; d) pie de monte entre lomeríos altos y medios. Estas unidades están conformadas por distintos tipos de litología, tobas ácidas asociadas a basaltos de composición dasítica y reolítica y en algunos caso los materiales son muy intemperizados; calizas intercaladas con lutitas y areniscas; así como rocas sedimentarias marinas. Los suelos corresponden principalmente a suelos con altos contenidos de arcilla como los Acrisoles y Luvisoles, así como otros tipos asociados con características del relieve (Cambisoles, Feozems, Leptosoles). La presencia de una alta humedad en la zona se encuentra relacionada con la alta precipitación provocada por los vientos húmedos del Golfo de México así como por el efecto de sombra orográfica. En los primeros 25 km del tramo predominan condiciones templadas, que promueven el desarrollo de vegetación de bosque mesófilo de montaña, así como uso del suelo mixto con pastizales, cafetales y cultivos. Los siguientes 15 km del tramo se localizan a menor altitud y las condiciones climáticas son más cálidas, desarrollándose selvas medias y altas subperennifolias en sitios protegidos, combinadas también con cafetales y pastizales. En los últimos 20 años toda la zona ha sido fuertemente modificada por la introducción de ganado, cultivos y cafetales,

quedando en la actualidad parches de vegetación natural (ya sea de bosque mesófilo o selva mediana-alta subperennifolia) restringidos a cañadas con fuerte inclinación y por ende, difícil acceso.

En la siguiente tabla se relacionan los principales factores y actividades productivas en el SAR.

Cuadro IV.1.- Relación entre unidades del relieve, suelos, vegetación y uso del suelo dentro del SAR.

Fisiografía y Geoforma	Tipo edáfico	Cobertura vegetal	Implicaciones al sistema ambiental regional
Eje volcánico transmexicano y Sierra Madre Oriental Sierras con laderas escarpadas y piedemontes	Andosoles a Acrisoles	Bosque mesófilo de montaña y pastizal inducido	Las laderas con fuertes pendientes hacen que la zona sea poco accesible, lo que limita las actividades productivas. El bosque mesófilo primario se presenta en sitios altos e inaccesibles, y constituye el principal hábitat de fauna protegida y/o de distribución restringida. En el resto del área de estudio, el bosque mesófilo se encuentra perturbado por actividades ganaderas y cafetales a la sombra. Es suelo es muy erodable y la infiltración del agua es lenta, debido a su alto contenido de arcillas, ocasionando flujos subsuperficiales y fuertes deslaves de material en sitios expuestos. La pérdida de la cubierta vegetal en esta geoforma intensificará aún más la erosión y el deslave de material.
Límite de la región de la Sierra Norte de Puebla y la región del declive del Golfo de México Lomeríos medios con laderas fuertemente inclinadas y piedemontes	Cambisoles Phaeozems Leptosoles Luvisoles, Acrisoles y Regosoles	Cafetales, vegetación secundaria cañadas húmedas con bosque mesófilo y cafetal a la sombra cafetales asociados a vegetación secundaria y bosque mesófilo	Las laderas con fuertes pendientes hacen que varias cañadas en estos lomeríos medios sean poco accesibles. Hay una gran complejidad estructural con litología de diferentes tipos y orígenes, que se traduce en distintos tipos de suelos. El bosque mesófilo se presenta en sitios altos e inaccesibles, mientras que en el resto del área, el bosque mesófilo se encuentra perturbado por actividades ganaderas y cafetales a la sombra. Igual que en la unidad anterior, el suelo es muy erodable, ocasionando fuerte susceptibilidad al deslave de material en sitios expuestos. La pérdida de la cubierta vegetal en esta geoforma intensificará aún más la erosión y el deslave de material, particularmente en sitios con Luvisoles y Acrisoles.
Límite con la provincia de la planicie costera del Golfo de México Lomeríos bajos suavemente modelados	Acrisoles	Parches de selva mediana subperennifolia Cafetales a la sombra y pastizales	Los lomeríos son suaves y permiten un mayor acceso de los pobladores de la zona, por lo que la vegetación esta fuertemente modificada presentándose acahuales de selva mediana subperennifolia con cafetales a la sombra y pastizales. La SMsp solamente se encuentra en condiciones de conservación en cañadas profundas e inaccesibles. Los suelos tienen altos contenidos de arcilla y la complejidad y falta de consolidación litológica hace que estos sitios sean altamente susceptibles a derrumbes del terreno al perderse la cobertura vegetal y el horizonte orgánico del suelo.

En toda la región resalta una fuerte tendencia a la modificación de la vegetación natural, con incremento en la fragmentación de hábitats naturales. El aumento de la actividad pastoril acelera el riesgo de erosión por piedevaca y una mayor compactación del terreno, lo que dificulta la realización de acciones de reforestación y recuperación natural de la zona. Asimismo constituye una importante región cafetalera en el país, lo que hace esperar que en los próximos 10 años los cafetales a la sombra y de sol tiendan a incrementar su distribución en una mayor cantidad de sitios.

IV.2.2 Factores bióticos

FLORA

Tipos de Vegetación dentro del SAR

Dentro del sistema ambiental del área Nuevo Necaxa – La Ceiba (R. Ávila Camacho) se diferenciaron las siguientes unidades de vegetación:

- 1.- Econotonía entre un bosque mixto de Encino – Pino con bosque mesófilo de montaña.
- 2.- Bosque mesófilo de montaña.
- 3.- Selva mediana subperennifolia
- 4.-Bosque tropical de durifolios. (Encinar Tropical).
- 5.- Vegetación Riparia.

Tal diversidad en las comunidades vegetales es una respuesta a las variantes ambientales y a factores históricos. La zona estudiada fueron aproximadamente 40 Km a lo largo de una de las porciones más escarpadas de la Sierra Madre Oriental, en el estado de Puebla, muy cerca del límite con el estado de Veracruz. En la figura IV.15 se presenta la distribución de los principales tipos de vegetación dentro del sistema ambiental regional. Asimismo, en la siguiente tabla se relaciona la superficie ocupada por cada tipo de vegetación y su proporción correspondiente dentro del SAR.

Cuadro IV.9.- Superficie dentro del SAR por tipo de vegetación y proporción que será afectada por proyecto.

Tipos de Vegetación/Usos del suelo (Fuente, Inventario Nacional Forestal)	Superficie	Superficie entre línea de ceros	% ocupado por proyecto
	Ha	Ha	
Agricultura de temporal	30,621.56	38.14	0.12%
Asentamiento humano	898.74	7.29	0.81%
Bosque de coníferas	641.22	11.89	1.85%
Bosque de coníferas y latifoliadas	1,196.28	0.00	0.00%
Bosque mesófilo de montaña	11,173.81	45.07	0.40%
Cuerpo de agua	642.53	0.00	0.00%
Pastizales inducidos y cultivados	19,747.26	74.13	0.38%
Selva perennifolia y subperennifolia	4,519.05	0.00	0.00%
Superficie total	69,440.45	176.52	3.57%

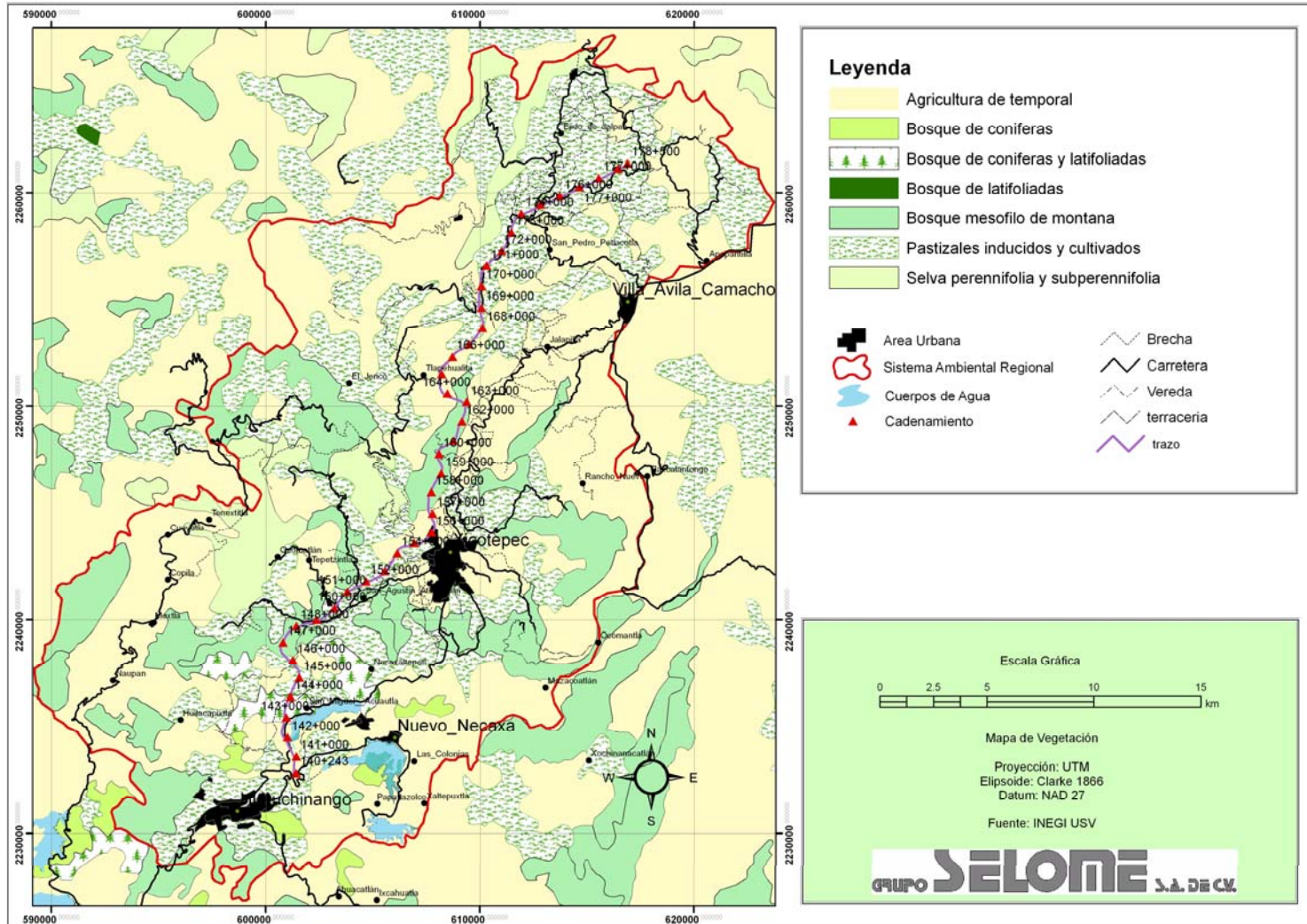


Figura IV.15.- Distribución de los diferentes tipos de vegetación dentro del SAR. Fuentes: Inventario Nacional Forestal, la cartografía temática INEGI, escala 1:250,000, imágenes satelitales y recorridos de campo.

A continuación se describen los principales tipos de vegetación y sus especies integrantes.

1) ECONOTONÍA ENTRE UN BOSQUE MIXTO DE ENCINO – PINO CON BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

La combinación de vegetación de bosque de pino encino y bosque mesófilo de montaña corresponde a una vegetación que ha estado presente en nuestro país desde hace unos 35 millones de años, durante el Oligoceno, a mediados del período Terciario; producto de la colonización de coníferas templadas y géneros latifoliados como *Quercus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Magnolia* y *Liquidambar*, que predominan particularmente en el bosque mesófilo de montaña. Esta colonización aparentemente ocurrió vía la Sierra Madre Oriental, procedentes de las montañas Apalaches en el oriente de los Estados Unidos (Challenger, 1998). Producto de este antecedente, actualmente persiste esta ecotonía en el área de estudio, en donde las condiciones climáticas y la protección que brindan las sierras y cañadas de la actividad humana y el viento, así como la mayor humedad, permiten la existencia de estas especies. No obstante, como en muchos lugares de México, la vegetación original se encuentra muy alterada. Los escasos manchones que se conservan de este tipo de vegetación, constituyen un bosque de unos 18 a 20 (22) de alto, sin embargo algunos individuos de pino o de encino sobresalen y frecuentemente rebasan los 25 m de altura, sobre todo en las cañadas. Dentro de los componentes del bosque de pino-encino se puede señalar que las especies de pino más frecuentes son *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula*, quienes junto con los encinos, (*Quercus affinis*, *Quercus corrugata*, *Quercus ocotaefolia* y *Quercus rugulosa*) constituyen la fisonomía y la estructura de la vegetación, donde los encinos constituyen los elementos florísticos más notorios en esta comunidad. Asimismo, acompañan a las anteriores especies, aunque en menor dominancia, *Alnus arguta* y *Alnus jorullensis*.



Figura IV.16.- Vista de un ecotono de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña.

2) BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA.

Esta comunidad vegetal, conocida también como Bosque Caducifolio o bosque de niebla, es una de las más interesantes del país. Cubre menos del 1% de la superficie del territorio mexicano, más alberga entre 10 y 12% de la flora total del país. Entre 2500 y 3000 especies de plantas habitan de modo preferencial o exclusivos estos bosques, lo cual hace que sean de los ecosistemas más diversos del país (Challenger 1998). Se caracteriza, además de por una gran riqueza florística (18% árboles, 30% epífitas y 20% helechos), por una buena proporción de especies endémicas. En la zona se presenta entre los 800–1200 (1300) msnm ó en sitios más altos en lugares protegidos como barrancas. La presencia de especies como *Bumelia mexicana*, *Bunchosia lanceolata*, *Carpinus carolineana*, *Clethra mexicana*, *Cyathea aff. Mexicana*, *Dendropanax arboreus* dan una clara idea de las condiciones climatológicas donde se desarrolla esta comunidad vegetal. La temperatura media anual es de 18.1 °C y las precipitaciones anuales promedio, del orden de 2720 mm; denotando condiciones frescas y muy húmedas que caracterizan el bosque mesófilo de montaña (estación climatológica de Xicotepec de Juárez a 1100 msnm).

En general, el bosque mesófilo de montaña es un tipo de vegetación muy denso cuya estructura puede asemejarse a la de la selva húmeda (figura IV.16). Esto es particularmente notorio en las áreas de mayor humedad, donde las epífitas pueden alcanzar densidades superiores a las de las selvas húmedas y en las que los helechos arborescentes y las cícadas, ocupan un nicho ecológico similar al que tienen las palmas en la selva húmeda (Challenger, 1998). Se desarrolla preferentemente sobre las laderas orientadas frontalmente a los vientos húmedos que soplan desde la costa, en cañadas y lugares protegidos



Figura IV.17.- Vistas del bosque mesófilo de montaña en los sitios mejor conservados dentro del área de estudio.

Por la altura en que se desarrolla esta comunidad, es frecuente que se condense la niebla, lo cual compensa la época de sequía, (a veces de unos 5 meses) que se presenta en su área de distribución.

El desarrollo y la exuberancia de esta comunidad es casi igual a la de los sitios mejor conservados de las selvas o bosques tropicales con los que colinda. Sin embargo, la fisonomía de la vegetación es altamente contrastante entre la época húmeda y el período, de sequía, pues varias de las especies dominantes pierden su follaje por lapsos de entre 3 y 6 meses del año. Asimismo, en la orilla del Río Texcapa, es posible encontrar varias especies de helechos, dentro de los cuales, destacan por su altura y belleza helechos arborescentes, principalmente *Cyathea aff. Mexicana* (especie en peligro de extinción), así como los géneros *Liquidambar*, *Ostrya*, *Niza*, *Carpinus*, *Magnolia*, *Clethra* y *Turpinia*, entre otros.

Entre las especies que caracterizan la comunidad de bosque mesófilo en el SAR se pueden señalar las siguientes:

Cuadro IV.10.- Especies de bosque mesófilo de montaña en el SAR.

Árboles	Arbustos	Epífitas
<i>Clethra mexicana</i> <i>Carpinus caroliniana</i> (A, ne) <i>Eugenia capuli</i> <i>Heliocarpus appendiculatus</i> <i>Licaria peckii</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Magnolia schiedeana</i> (A, ne) <i>Meliosma alba</i> <i>Meliosma alba</i> <i>Ocotea clusiana</i> <i>Ostrya virginiana</i> (Pr, ne) <i>Pinus patula</i> <i>Pinus pseudostrabus</i> <i>Podocarpus reichei</i> <i>Prunus serotina</i> <i>Prunus serotina var. capuli</i> <i>Quercus affinis</i> <i>Quercus corrugada</i> <i>Quercus germana</i> <i>Quercus ocotaefolia</i> <i>Quercus rugulosa</i> <i>Quercus sororia</i> <i>Turpinia occidentalis</i>	<i>Deppea umbellata</i> <i>Drypetes lateriflora</i> <i>Gaultheria acuminata</i> . <i>Palicourea galeottiana</i> <i>Parathesis melanosticta</i> <i>Rapanea myricoides</i> <i>Rhamnus sp.</i> <i>Senecio grandifolius</i> <i>Ternstroemia sylvatica</i> <i>Vernonia deppeana</i>	<i>Tillandsia benthamiana</i> <i>Tillandsia polystachia</i> <i>Tillandsia schiedeana</i> <p style="text-align: center;">Orquídeas</p> <i>Epidendrum sp</i> <i>Stanhopea sp</i> <i>Oncidium sp</i>

A= amenazada
Pr= protección especial
P= en peligro de extinción
ne= no endémica

En ocasiones llegan a entremezclarse con la comunidad de Bosque mesófilo de montaña las especies *Turpinia insignis*, *Turpinia insignis*, *Turpinia occidentalis*, *Vaccinium leucanthum* y *Beilschmedia mexicana*.

3) VEGETACION DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

Este tipo de vegetación Miranda y Hernández-X (1963), lo describen como una comunidad vegetal constituida por árboles de más de 15 m de alto y menores de 30m, aunque algunos sobrepasan los 30 m., sobretodo si se localizan en cañadas o cuando crecen en huecos con una mayor cantidad de suelo y en sitios con topografía cárstica. INEGI (2000), Pennington y Sarukhan (2005) también la consideran como selva mediana subperennifolia a diferencia de Rzedowski (1978) que la denomina Bosque Tropical Subcaducifolio.

El rasgo más característico de esta selva es que los árboles dominantes (entre el 25 y el 50%) pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca.

Esta formación vegetal se desarrolla en áreas extensas del país, bajo un clima cálido (con temperaturas medias anuales superiores a 20° C) y subhúmedo (con una precipitación media anual superior a 1200 mm). Se desarrolla preferentemente sobre suelos derivados de material sedimentario como calizas y/o lutitas, frecuentemente sobre una topografía cárstica. Su área de distribución en la vertiente del Golfo de México, abarca las porciones más húmedas de la Huasteca, la porción central de la Sierra Norte de Puebla y el área contigua de Veracruz (Totoncapán) y hacia el sureste, en parte de Veracruz y Oaxaca, en la cuenca baja del río Papaloapan.

Junto con el Bosque Mesófilo de Montaña de la región, estas selvas han sido transformadas de manera sustancial por los asentamientos humanos y las actividades que desarrollan, principalmente explotaciones forestales y agropecuarias que han afectado en gran medida a la vegetación natural y a la fauna nativa que albergaba. La explotación comercial de árboles de importancia económica como el cedro, la caoba y el palo de rosa, o bien aquellos que han sido usados como fuente de combustible, han favorecido la modificación de los ambientes naturales.

Asimismo, los cambios en el uso del suelo han sido notables, además de la entresaca selectiva de especies de importancia como maderables, la sustitución de la vegetación original por cultivos perennes como café y cítricos o bien cultivos anuales como maíz y frijol han modificado en gran medida la vegetación original. Para el cultivo del café, en el que es casi necesario dejar plantas de follaje persistente para proporcionar la sombra que requieren los cafetos, esto ha contribuido a que los procesos erosivos del suelo y la pérdida de especies nativas sean menos drásticos. En la zona de estudio, al igual que en otras partes de nuestro país, se utilizan plantas leguminosas del género *Inga*

(jinicuil o cuajilote) como sombra para protección del café. Sin embargo, es posible que se dejen también otras especies de árboles propias de la selva mediana subperennifolia como el cedro rojo (*Cedrela odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), la pimienta (*Pimenta dioica*), el mamey o zapote mamey (*Pouteria sapota*), el cuisal (*Cupania dentata*) y a veces la flor del corazón o árbol del corazón (*Talauma mexicana*).

Otros cultivos perennes en la zona de estudio, como resultan ser el de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mango (*Mangifera indica*), jobo o ciruela (*Spondias mombin*), chirimoya (*Annona cherimola*), guanábana (*Annona muricata*), te limón (*Cymbopogon citriodora*), contribuyen a evitar pérdidas mayores de suelo por erosión hídrica. No obstante, como consecuencia de esta actividad es que los cultivos perennes, principalmente los cafetales con los árboles que les dan sombra, desde lejos aparentan ser vegetación natural más o menos conservada, pero al aproximarse se da uno cuenta que son cafetales y la vegetación original ha sido depurada. Esto es más notorio si la observación se hace desde lejos, se usan fotos aéreas y/o imágenes de satélite o bien medios electrónicos como el programa Google Earth.

Posterior a una fase inicial de explotación agrícola, es frecuente una de ganadería intensiva con el cultivo de pastos (gramíneas) perennes como el "zacate guinea" (*Panicum maximum*), el cual en gran proporción ha sido desplazado por el "pasto estrella" o "estrella africana" (*Cynodon plectostachyos*).



Figura IV.18.- Vista de la selva mediana subperennifolia en los sitios con mejor conservación dentro del SAR.

Composición florística.

De las pocos manchones de vegetación primaria que se identificaron en la zona de estudio se pudieron poner de manifiesto algunas de las especies dominantes, o cuando menos de las más frecuentes. Entre estas especies destacan:

Cuadro IV.11.- Especies de selva mediana subperennifolia en el SAR.

Árboles	Arbustos	Herbáceas trepadoras, epífitas, tubérculos, bejucos
<p>Más frecuentes</p> <p><i>Aphanante monoica</i> (Mirandacelttis monoica) <i>Brosimum alicastrum</i> (ojite,ojosh) <i>Cedrela odorata</i> (cedro) <i>Clethra mexicana</i> <i>Coccoloba barbadensis</i> <i>Cupania dentata</i> (cuisal) <i>Ficus lentiginosa</i> (amate, higuera) <i>Guarea chichón</i> (maja blanca) <i>Hernandía sonora</i> (palo de balsa) <i>Pimenta dioica</i> (pimienta) <i>Trichilia hirta</i> (palo de venado, colorado) <i>Zuelania guidonia</i> (nogalillo, volador, palovolador)</p> <p>Menos frecuentes</p> <p><i>Alchornea latifolia</i> <i>Carpodiptera ameliae</i> <i>Castilla elastica</i> <i>Ceiba pentandra</i> <i>Dendropanax arboreus</i> <i>Ficus tecolutensis</i> <i>Gyrocarpus americanus</i> <i>Hampea integerrima</i> <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> <i>Sapindus saponaria</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Zanthoxylum procerum</i></p>	<p>De las especies primarias que aún permanecen</p> <p><i>Acacia angustissima</i> <i>Callicarpa acuminata</i> <i>Cestrum dumetorum</i> <i>Faramea occidentalis</i> <i>Parathesis melanosticta</i> <i>Piper auritum</i> <i>Pothomorphe umbellatum</i> <i>Psychotria involuocrata</i> <i>Vernonia schiedeana</i></p>	<p><i>Ampelopsis cordata</i> <i>Anthurium aemulum</i> <i>Cissus sicyoides</i> <i>Dioscorea composita</i> <i>Dioscorea densiflora</i> <i>Echites microcalix</i> <i>Smilax spinosa</i> <i>Passiflora spp</i> <i>Pithecoctenium echinatum</i> <i>Philodendron calderonensis</i> <i>Philodendrom gladiatum</i> <i>Syngonium podophyllum, etc.</i></p>

Asimismo, otras especies son ya comunes en este tipo de vegetación y resultan ser buenos indicadores de disturbio cuando existe cierto grado de perturbación. Estas especies secundarias se relacionan en la siguiente tabla:

Cuadro IV.12.- Especies de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia en el SAR.

Árboles de vegetación secundaria	Arbustos de vegetación secundaria	Herbáceas, trepadoras y lianas
<i>Adelia barbinervis</i> <i>Annona reticulata</i> <i>Bursera simaruba</i> <i>Cecropia obtusifolia</i> <i>Croton draco</i> <i>Glicicidia sepium</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> <i>Muntingia calabura</i> <i>Parmentiera edulis</i> <i>Piscidia communis</i> <i>Saurauia scabra</i> <i>Spondias mombin</i> <i>Trema micrantha</i>	<i>Acacia cornigera</i> <i>Acacia farnesiana</i> <i>Calliandra houstoniana</i> <i>Cestrum sp.</i> <i>Cnidocolus multilobus</i> <i>Croton niveus</i> <i>Eugenia capuli</i> <i>Hamelia patens</i> <i>Lantana camara</i> <i>Lippia sp.</i> <i>Piper spp.</i> <i>Pisonia aculeata</i> <i>Pluchea odorata</i> <i>Solanum verbascifolium</i> <i>Vernonia deppeana</i>	<i>Piper diandrum</i> , <i>Piperdivaricatum</i> , <i>Piper multinervium</i> , <i>Piper xalapensis</i> <i>Peperonia tithymaloides</i> <i>Peperonia obtusifolia</i> <i>Peperonia purpurinervis, etc.</i>

4) VEGETACIÓN RIPARIA

En el área que ocupa la selva mediana subperennifolia y en general en el tramo carretero, destaca la comunidad vegetal que se desarrolla a lo largo de cursos de agua permanentes o intermitentes. La vegetación que se desarrolla en estos sitios ha recibido diferentes nombres: el término más usado y creemos más correcto por descriptivo, es vegetación riparia. Con este nombre se designan a las comunidades vegetales que se establecen en las márgenes de ríos y arroyos. Está constituida por árboles, arbustos y hierbas que llegan a ser frecuentes en diversos cuerpos de agua del país. Cuando las copas de los árboles de ambas riberas se tocan y se entrelazan formando un túnel a la vegetación así desarrollada, se le denomina Bosque en Galería, lo cual a menudo sucede con la vegetación riparia dominada por ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*).



Figura IV.19.- Vista del cauce de un arroyo perenne a lo largo del cual se desarrolla la vegetación riparia, difícil de distinguir del resto de la vegetación, salvo al momento de realizar un análisis de las especies dominantes.

La vegetación riparia en realidad no conforma un tipo de vegetación particular, a veces esta dominado por una sola especie, o bien la dominancia es compartida por especies diferentes con una estructura y fisonomía distinta y variada. Dependiendo de la latitud y de la altura sobre el nivel del mar, y en menor proporción si se localiza sobre las costas o tierra adentro, cercanos a zonas áridas y semiáridas, la composición florística va a ser diferente.

En las zonas tropicales existen especies de árboles y arbustos que llegan a ser frecuentes y característicos de éstos ambientes como por ejemplo se presenta la siguiente tabla:

Cuadro IV.13.- Especies de vegetación riparia en el SAR.

Árboles y arbustos frecuentes de la vegetación riparia	Árboles y arbustos de la vegetación riparia en el SAR	Trepadoras en la vegetación riparia
<i>Alnus sp.</i> , <i>Astianthus viminalis</i> <i>Bambusa sp.</i> (carrizos) <i>Ficus spp.</i> <i>Guadua aculeata</i> <i>Pachira aquatica</i> <i>Platanus spp.</i> <i>Salix humboldtiana</i> <i>Salix taxifolia</i> <i>Senecio salignus</i> <i>Taxodium mucronatum</i> <i>Xanthosoma sp.</i>	<i>Alnus acuminata</i> <i>Bursera simaruba</i> <i>Coccoloba barbadensis</i> <i>Cojoba arborea</i> <i>Corchorus siliquosus</i> <i>Datura stramonium</i> <i>Enterolobium cyclocarpum</i> <i>Guadua angustifolia</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Heimia salicifolia</i> <i>Inga vera</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Maclura tinctoria</i> <i>Oenothera rosea</i> <i>Pachira aquatica</i> <i>Pithecelobium dulce</i> <i>Platanus lindeniana</i> <i>Polygonum mexicanum</i> <i>Ricinus communis</i> <i>Rumex crispus</i> <i>Salix humboldtiana</i> <i>Salix taxifolia</i> <i>Senecio salignus</i> <i>Senna occidentalis</i> <i>Taxodium mucronatum</i> <i>Trema micrantha</i> <i>Xanthosoma robusta</i>	<i>Ampeolopsis cordata</i> <i>Canavalia villosa</i> <i>Cardiospermum halicacabum</i> <i>Dioscorea floribunda</i> <i>Dioscorea laxiflora</i> <i>Echites microcalix</i> <i>Galactia dubia</i> <i>Marsdenia propinqua</i> <i>Mucuna pruriens</i> <i>Ipomoea purpurea</i> <i>Ipomoea hirtiflora</i> <i>Serjania cardiospermoides</i> <i>Toxicodendron radicans</i> <i>Urvillea ulmacea</i> Herbáceas perennes, subarbustos y Heliófitas <i>Cruceasp</i> <i>Guadua aculeatae</i> <i>Eustoma silenifolium</i> <i>Heliconia schiedeana</i> <i>Jatropha urens</i> <i>Piper auritum</i> <i>Tibouchina schiedeana</i> <i>Triunfetta quercetorum</i> <i>Xanthosoma roseum</i>

A lo largo de las orillas del río y los arroyos existen terrenos donde la arena se ha depositado en parte de los que fue el lecho del río y que ha quedado parcialmente disecado, en estos ambientes se establece una comunidad vegetal muy peculiar. Además de los árboles que se han mencionado, son frecuentes especies de herbáceas anuales y perennes además de algunas subarborescentes, como:

Amaranthus spinulosus
Acalypha obscura
Argemone ochroleuca
Bidens pilosa
Baccharis glutinosa
Boerhavia scandens
Euphorbia alopecuroides
Euphorbia heterophylla

Euphorbia hipersifolia
Euphorbia hirta
Gomphrena decumbens
Heliotropium procumbens
Hyptis pringlei
Lythrum acinifolium
Paspalum divaricatum
Paspalum planifolium, etc.

5) ENCINAR TROPICAL O BOSQUE TROPICAL DE DURIFOLIOS

La otra comunidad vegetal encontrada en la zona, fue el Encinar tropical o Bosque Tropical de Durifolios. En la zona ecológica tropical subhúmeda, principalmente cuando existen suelos ácidos de rápido drenaje sobre material parental de origen ígneo o laterítico, se desarrollan encinares tropicales (Challenger, 1998). En estos predomina la especie *Quercus oleoides*, la que es la única especie de encino común en las tierras subtropicales bajas desde México y hasta Costa Rica. La fisonomía de este tipo de vegetación cambia en función de las condiciones climáticas y edáficas, pudiendo formar matorrales en las regiones áridas y bosques altos y cerrados en las regiones húmedas (Rzedowski, 1978 y Challenger, 1998). Se piensa que estos encinares son relictos de ciertos bosques templados que ampliaron su distribución durante el Pleistoceno (Souza, 1968 apud in Rzedowski, 1978). Una comunidad de Encinar Tropical por demás interesante es la que se localiza en la llamada Mesa de San Diego, en la parte final del trazo carretero bajo estudio, a la altura del Km 172+440 (20° 24'59 N y 97°57'58.5" W). En la zona de estudio, además de *Quercus oleoides* se localizan *Quercus sororia*, y otras especies que se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro IV.14.- Especies de encinar tropical en el SAR.

Especies encontradas en el encinar tropical del SAR	
Especies dominantes	Especies acompañantes
<i>Quercus oleoides</i>	<i>Acacia cornigera</i>
<i>Quercus sororia</i>	<i>Acacia farnesiana</i>
<i>Cyathea mexicana</i>	<i>Bauhinia mexicana</i>
	<i>Bumelia persimilis</i>
	<i>Bunchosia lanceolata</i>
	<i>Bursera simaruba</i>
	<i>Byrsonima crassifolia</i>
	<i>Calliandra houstoniana</i>
	<i>Carpodiptera ameliae</i>
	<i>Ceiba pentandra</i>
	<i>Chamaedorea spp. (genero varias spp)</i>
	<i>Coccoloba barbadensis</i>
	<i>Conostegia xalapensis</i>
	<i>Croton draco</i>
	<i>Croton niveus</i>
	<i>Curatella americana</i>
	<i>Dendropanax arboreus</i>
	<i>Eugenia capuli</i>
	<i>Faramea occidentalis</i>
	<i>Ficus sp.</i>
	<i>Guazuma ulmifolia</i>
	<i>Lantana involucrata</i>
	<i>Lasiacis divaricata</i>
	<i>Mimosa pigra</i>

Especies encontradas en el encinar tropical del SAR	
	<i>Mimosa pudica</i> <i>Psidium guajava</i> <i>Psidium sartorianum</i> <i>Psychotria erythrocarpa</i> <i>Sapindus saponaria</i> <i>Solanum verbascifolium</i> <i>Spondias mombin</i> <i>Styrax glabrescens</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Tabernaemontana alba</i> <i>Ternstroemia tepezapote</i> <i>Trichilia havanensis</i> <i>Zinowiewia integerrima</i> <i>Zuelania guidonia</i>

Son notables en esta comunidad helechos arborescentes del género *Cyathea* posiblemente *Cyathea mexicana* (P, ne).

Vegetación a lo largo del trazo de la carretera

La distribución de los diferentes tipos de vegetación a lo largo de la carretera propuesta se representan en la figura IV.20, dentro de una zona buffer de 2 km en torno al eje del proyecto. La diversidad en las comunidades vegetales encontrada es una respuesta a las variantes ambientales (cambios en las condiciones climáticas conforme el trazo se aproxima al estado de Veracruz) y a factores históricos.

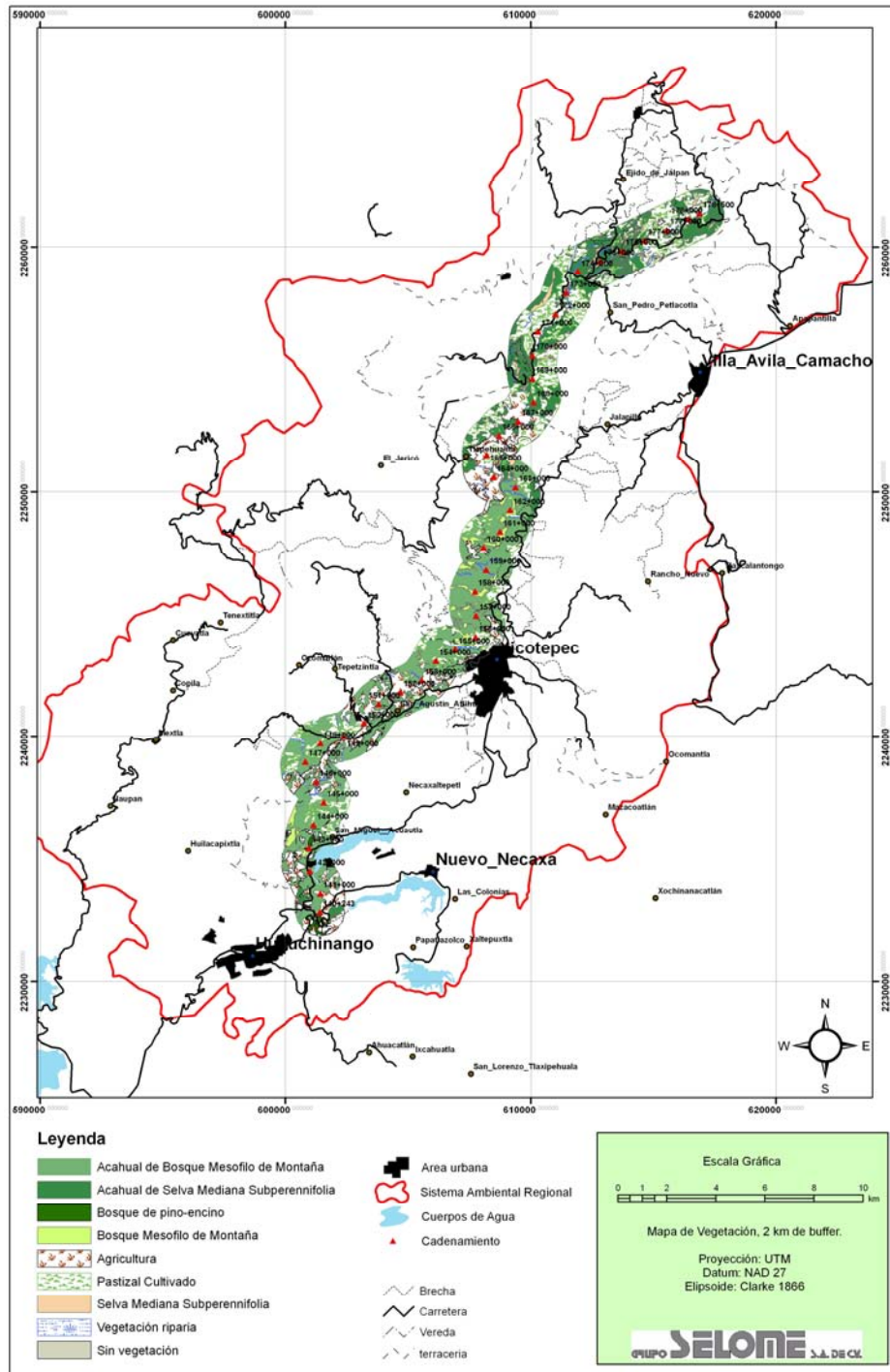


Figura IV.20.- Distribución de la vegetación a lo largo del trazo carretero proyectado.

La superficie total de cada tipo de vegetación a lo largo del buffer de 2 km en torno al eje de la carretera y la superficie que será ocupada por el proyecto se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 14.bis.- Superficie de cada tipo de vegetación que será afectada por el proyecto en un radio de 1 km a cada lado del trazo y porcentaje de la superficie total que representa.

Tipos de Vegetación/Usos del suelo en un radio de 1 km a cada lado del trazo	Superficie (Ha)	Superficie entre línea de ceros (Ha)	% ocupado por proyecto
Cultivos	1475.53	28.53	1.93%
Bosque de pino - encino	33.55	0.01	0.03%
Acahual de SMS	1368.04	20.66	1.51%
Acahual BMM	2621.85	83.86	3.20%
Zona urbana	76.84	0.0	0.00%
Vegetación riparia	118.65	1.74	1.47%
Bosque mesófilo de montaña	203.23	6.57	3.23%
Cuerpo de agua	47.16	0.0	0.00%
Pastizal Cultivado	1999.25	33.4	1.67%
Sin vegetación	30.83	0.0	0.00%
Selva mediana subperennifolia	129.49	1.75	1.35%
Superficie total del Buffer	8104.42	176.52	11.37%

En los siguientes incisos se detalla la composición de especies y características particulares de las principales comunidades vegetales a lo largo del trazo de la carretera.

Km. 140 + 000 al 140+300

Se presentan relictos de bosque de pino-encino perturbados entre los cuales se observan las especies de pino *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula* y los encinos *Quercus affinis*, *Quercus corrugata*, *Quercus ocoataefolia*, *Quercus rugulosa*.

Km. 140 + 300 al 143+000

La primera comunidad que se localiza en la zona del trazo corresponde a un bosque mediano de Encino-Pino, transicional con el Bosque Mesófilo de Montaña. Lo cual explica la presencia en el bosque de elementos florísticos que generalmente se encuentran mejor representados en el Bosque Mesófilo, sobre todo en las cañadas o en sitios protegidos del viento y con un suministro mayor de humedad.

La estación climatológica más cercana es Huauchinango, localizada a 1600 msnm con una temperatura media anual de 15.9 °C y con 2533 mm de precipitación promedio anual, lo que refleja las condiciones templadas, frescas y húmedas en este sitio.

Como en muchos lugares de México, la vegetación original se encuentra muy alterada y la región donde se hizo el estudio no es la excepción, como se indicó, previamente en este lugar se representa la

transición en la distribución del bosque de encino – pino y de bosque mesófilo de montaña. Los escasos manchones que se conservan en este tipo de vegetación, constituyen un bosque de unos 18 a 20 (22) de alto, sin embargo algunos individuos de pino o de encino sobresalen y frecuentemente rebasan los 25 m de altura, sobre todo en las cañadas. Las especies de pino más frecuentes en este sitio son *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula*, quienes junto con los encinos, son la fisonomía y la estructura de la vegetación. Los encinos constituyen elementos florísticos notorios en esta comunidad, destacan especies como: *Quercus affinis*, *Quercus corrugata*, *Quercus ocotaefolia*, *Quercus rugulosa*. A diferencia del bosque mencionado antes, otras especies son las dominantes, sin embargo especies de pino y de encino, aunque no sean de los dominantes son frecuentes en estos bosques.

La comunidad en las inmediaciones de Patoltecoya, a una altitud 1484 msnm, presenta un estrato arbóreo con una altura de dosel de 15 m, con varios individuos emergentes de *Pinus pseudostrobus* que alcanzan una altura de 20 a 25 m. El área basal total para árboles con dap > 7 cm fue de 88.93 m²/ha y la densidad fue de 1000 individuos/ha. El estrato arbustivo está bien desarrollado, en él crecen arbustos y árboles juveniles de las especies de dosel, presenta una altura de entre 1 y 4 m.

Km. 143+000 al 143+500

El trazo pasa por un pequeño manchón de bosque de pino encino compuesto por algunos elementos de las especies *Pinus pseudostrobus*, *Pinus patula*, *Quercus affinis*, *Q. corrugata*, *Q. ocotaefolia*, *Q. rugulosa*.

Km. 143+000 al 145+000

El trazo pasa por una zona de acahual de Bosque Mesófilo de Montaña con pastizal cultivado. Entre las especies del BMM identificadas se pueden señalar: *Bumelia mexicana*, *Bunchosia lanceolata*, *Carpinus carolineana*, *Clethra mexicana*, *Clethra mexicana*, *Cyathea aff. Mexicana*, *Dendropanax arboreus* y *Dendropanax arboreus*. La presencia de estas especies da una clara idea de las condiciones climatológicas bajo las que se desarrolla esta comunidad vegetal, en donde la temperatura media anual es de 18.1 °C y las precipitaciones anuales promedio, del orden de 2720 mm. El desarrollo y la exuberancia de esta comunidad, casi igual a la de los sitios mejor conservados de las selvas o bosques tropicales con los que colinda. En la orilla del río Texcapa, es posible encontrar varias especies de helechos, dentro de los cuales, destacan por su altura y belleza helechos arborescentes, principalmente *Cyathea aff. mexicana*.

Otras de las especies presentes son *Eugenia capuli*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Licaria peckii*, *Liquidambar styraciflua*, *Magnolia schiedeana*, *Meliosma alba*, *Ocotea clusiana*, *Ostrya virginiana*, *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus*, *Podocarpus reichei*, *Podocarpus reichei*, *Prunus serotina*, *Prunus serotina*

var. Capuli, Quercus affinis, Quercus corrugada, Quercus germana, Quercus ocotaefolia, Quercus rugulosa, Quercus sororia. Estas especies se desarrollan preferentemente sobre las laderas orientadas frontalmente a los vientos húmedos que soplan desde la costa, en cañadas y lugares protegidos. Por la altura en que se desarrolla esta comunidad, es frecuente que se condense la niebla, lo cual compensa la época de sequía, (a veces de unos 5 meses) que se presenta en su área de distribución. Pueden encontrarse entremezclados con la comunidad de BMM las especies *Turpinia insignis* y *Turpinia occidentalis*, así como *Vaccinium leucanthum* y *Beilschmedia mexicana*.

Entre los arbustos abundantes destacan: *Deppea umbellata, Drypetes lateriflora, Gaultheria acuminata, Palicourea galeottiana, Parathesis melanosticta, Rapanea myricoides, Rhamnus sp., Senecio grandifolius, Ternstroemia sylvatica* y *Vernonia deppeana*.

Km. 145+000 al 153+000

Se identificaron acahuales de bosque mesófilo de montaña, con individuos de las anteriormente citadas especies, en combinación con agricultura de temporal. Cercano a la localidad de Cuaxicala, a una altitud de 1353 msnm, se observan cafetales cultivados bajo sombra. La variedad cultivada es *Caturra* con una densidad aproximada de 2000 plantas/ha. Las especies de árboles utilizadas para dar sombra al cafetal son: *Alnus arguta, Inga vera, Persea americana, Psidium guajava*, árboles de cítricos (naranjas y limas) y plátanos. El sotobosque del cafetal está poco desarrollado debido a que la parte herbácea es eliminada cada tres o cuatro meses. Adicionalmente, a la altura del km 146+000 en una cañada a una altitud de 1352 msnm se encuentran potreros ubicados en una barraca con pendientes de mayores al 80%. En las zonas aledañas se encuentran pequeños fragmentos de pinares en las partes altas y lomos de los cerros, estos pinares están dominados por *Pinus pseudostrabus* y son utilizados también para el pastoreo de ganado vacuno. Además, se presentan terrenos de cultivo abandonados en donde se desarrolla una densa vegetación secundaria, dominada por *Conostegia arborea*.

Km. 153+000 al 154+500

La carretera cruza por una zona de pastizales cultivados con algunos elementos remanentes de bosque mesófilo de montaña que dan sombra a cafetales. Cerca de la localidad de Cuahueyatla, a una altitud de 1165 msnm el cafetal (variedad *Caturra*) es cultivado a sombra con una densidad aproximada de 2500 plantas/ha. Las especies arbóreas que son utilizadas como sombra son: *Inga vera* (la más abundante), *Alnus arguta, Platanus mexicana, Erythrina sp., Trema micrantha* y *Liquidambar macrophylla*. La altura del dosel del cafetal es de aproximadamente 12 a 15 m, aunque se presentan individuos emergentes de *L. macrophylla* y *P. mexicana*, con alturas de entre 17 y 20 m. La densidad de árboles aproximada es de 125 individuos/ha, con diámetros entre 15 y 40 cm.

Km. 155+000 al 163+000

Predominan acahuales de BMM con cultivos de café. En contados sitios, particularmente cañadas protegidas con fuertes pendientes se pueden encontrar aún comunidades de BMM con buen estado de conservación. Las especies predominantes son *Bumelia mexicana*, *Bunchosia lanceolata*, *Carpinus carolineana*, *Clethra mexicana*, *Clethra mexicana*, *Cyathea aff. Mexicana*, *Dendropanax arboreus* y *Dendropanax arboreus*. Así como otras especies como *Eugenia capuli*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Licaria peckii*, *Liquidambar styraciflua*, *Magnolia schiedeana*, *Meliosma alba*, *Ocotea clusiana*, *Ostrya virginiana*. Los cafetales en la zona de Cuetzalingo, a una altitud 841 msnm, son de las variedades Caturra y Costa rica, con una densidad aproximada de platación de 2500 y 3000 individuos/ha.

Km. 163+000 al 168+000

De este kilómetro en adelante las condiciones climáticas cambian con respecto a tramos anteriores. Predomina una combinación de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia con agricultura, en donde se utilizan plantas leguminosas del género *Inga* (jinicuil o cuajilote) como sombra. Sin embargo, es posible que dejen otras especies de árboles como cedro rojo (*Cedrela odorata*) caoba (*Swietenia macrophylla*), pimienta (*Pimenta dioica*), mamey o zapote mamey (*Pouteria sapota*), el cuisal (*Cupania dentata*) y a veces la flor del corazón o árbol del corazón (*Talauma mexicana*), como sombra para el café.

Km. 168+000 al 178+500

El trazo cruza por acahuales de selva mediana subperennifolia en combinación de potreros utilizados para la ganadería intensiva con el cultivo de pastos (gramíneas) perennes como el "zacate guinea" (*Panicum maximum*), el cual en gran proporción ha sido desplazado por el "pasto estrella" o "estrella africana" (*Cynodon plectostachyos*). En estos sitios es frecuente observar especies indicadoras de disturbio como *Adelia barbinervis*, *Annona reticulata*, *Bursera simaruba*, *Ceropia obtusifolia*, *Croton draco*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Muntingia calabura*, *Parmentiera edulis*, *Piscidia communis*, *Saurauia scabra*, *Spondias mombin* y *Trema micrantha*.

En pequeños puntos, así como en algunas cañadas protegidas y con fuertes pendientes persiste vegetación de selva mediana subperennifolia en mejores condiciones de conservación, en la que es factible encontrar especies como *Brosimum alicastrum*, *Coccoloba barbadensis*, *Clethra mexicana*, *Ficus lentiginosa*, *Hernandia sonora*, *Zuelania guidonia*, *Aphanante monoica*, *Trichillia hirta*, *Guarea chichón*, *Pimenta dioica*, *Cedrela odorata*, *Cupania dentata*, *Alchornea latifolia*, *Carpodiptera ameliae*, *Castilla elastica*, *Ceiba pentandra*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus tecolutensis*, *Gyrocarpus americanus*, *Hampea integerrima*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Sapindus saponaria*, *Swietenia*

macrophylla, *Tabebuia rosea*, *Zanthoxylum procerum*; y arbustos de especies primarias como *Acacia angustissima*, *Callicarpa acuminata*, *Cestrum dumetorum*, *Faramea occidentalis*, *Parathesis melanosticta*, *Piper auritum*, *Pothomorphe umbellatum*, *Psychotria involucrata* y *Vernonia schiedeana*.

Los cafetales en las inmediaciones del rancho "El Reparó", a una altitud de 690 msnm son de las variedades Caturra y Costa rica. Cultivados en sombra parcial, con densidades aproximadas de 2000 individuos/ha. Los árboles que funcionan como sombra corresponden a las siguientes especies: *Inga vera*, *Cecropia obtusifolia*, *Croton draco*, *Erythrina sp.*, *Bursera simaruba*, *Trema micrantha* y *Cedrela odorata*.

Estructura y composición de comunidades vegetales

Como se mencionó en apartados anteriores, en el área de estudio se identifican 5 principales comunidades de vegetación natural. Desafortunadamente la mayoría de las comunidades observadas tienen cierto grado de perturbación y frecuentemente se les encuentra proporcionando sombra para cafetales o como algunos elementos remanentes de la vegetación original en potreros para ganado. Motivo de ello la estructura y composición de las comunidades se observa modificada.

En el presente inciso se describirá la estructura y función de las comunidades primarias distintivas en el área de estudio, las que corresponden al Bosque Mesófilo de Montaña y la Selva mediana subperenifolia. Las demás comunidades descritas con anterioridad corresponden a una combinación de estos tipos de vegetación y su estructura y composición varían mucho de un sitio al otro.

Estructura y composición del Bosque Mesófilo de Montaña.

(Las especies con asterisco corresponden a aquellas presentes en la zona de estudio)

Los árboles más altos corresponden a especies de afinidad templada como encino (*Quercus spp**), *Liquidambar spp**, *Magnolia spp**, *Cornus spp*, *Clethra spp**, *Dendropanax spp**, *Pinus spp**, *Fagus mexicana*, *Oreomunnea mexicana*, *Mutudaea trinervis*, *Nectandra spp*, *Persea spp* y *Ulmus mexicana* que forman un dosel generalmente uniforme. Tienen troncos rectos y por lo general miden entre 15 y 35 m de altura. Un segundo estrato de árboles, por lo general con afinidad tropical y una altura de 12 a 18 m conformado por especies como *Hedyosmum mexicanum*, *Oreaopanax spp*, *Styrax spp*, *Perrottetia ova*, *Clethra spp**, *Tilia spp*, *Alnus arguta*, *Crataegus pubescens*, *Podocarpus reichei*, *Magnolia schiedeana**, *Persea spp*, *Inga spp*, *Ternstroemia spp**, así como individuos juveniles de especies del dosel y helechos arborescentes como *Cyathea spp**, *Sphaeropteris spp* y *Alsophila salvinii*.

Por debajo de este estrato puede haber un estrato arbustivo, el cual en el bosque mesófilo primario suele ser reducido o ausente. Este estrato puede alcanzar alturas de 8 a 12 m y estar compuesto por especies como *Berberis spp*, *Eugenia spp**, *Chamaedorea spp*, *Piper spp*, *Turpinia spp**, *Senecio spp**, *Meliosma spp**, *Osmanthus americana*, *Solanum spp*, *Fuchsia sp*, *Heliconia spp*, *Cestrum fasciculatum*, *Rapanea spp** y muchos arbustos y árboles pequeños de las familias Melastomataceae y Malvaceae, junto con juveniles de árboles de los estratos superiores. Finalmente en algunas ocasiones es factible encontrar un estrato herbáceo (cuando la densidad del dosel permite el paso de la luz) conformado por especies como *Begonia spp*, *Chamaedorea spp*, *Phytolaca rugosa*, *Hyptis spp*, *Salvia spp*, *Euphorbia spp*, *Oxalis frutescens*, *Peperomia spp*, *Ranunculus petiolaris* y *Achimenes spp*. (Figura IV.21).



CLAVE DE LAS ESPECIES DE PLANTAS

Árboles del dosel

- 1 *Ulmus mexicana*
- 2 *Quercus* sp.

Árboles del subdosel

- 3 *Clathra mexicana* (individuo juvenil)
- 4 *Rhamnus capraefolia*

Lianas

- 5 *Vitis tillifolia*
- 6 *Celastrus* sp.

Helechos arborescentes

- 7 *Sphaeropteris horrida*
- 8 *Cyathea mexicana*

Estrato arbustivo

- 9 *Miconia glaberrima*
- 10 *Heliconia* sp.
- 11 *Chamaedorea tepjolote*

Trepadora herbácea

- 12 *Monstera* sp.

Epífitas

- 16 *Tillandsia prodigiosa*
- 17 *Epidendrum parkinsonianum*
- 18 *Phlebodium aureum*
- 19 *Trichomanes* sp.
- 20 *Tillandsia* sp.
- 21 *Tillandsia schiedeana*
- 22 *Tillandsia violacea*
- 23 *Paperomia galioides*
- 24 *Paperomia pellucida*

Saprófitas

- 25 *Polyporus sarwintzi*

Estrato herbáceo

- 13 *Ceratozamia mexicana*
- 14 *Polypodium* sp.
- 15 *Persea* sp. (plántula)

Figura IV.21.- Representación general de la estructura del bosque mesófilo de montaña. (Challenger, 1998).

Estructura y composición de la Selva mediana subperennifolia (selva subhúmeda).

(Las especies con asterisco corresponden a aquellas presentes en la zona de estudio)

Las diferencias en la estructura y composición de la selva mediana subperennifolia y la selva mediana subcaducifolia son muy difíciles de identificar, particularmente durante la temporada de lluvias. Ambas están formadas por árboles con troncos rectos, ramificados en su parte superior, con altura entre 15 y 40 m, con límites normales entre 20 y 30 m. En el estrato más alto (15 a 30 m) formando el dosel de la selva predominan especies como *Brosimum alicastrum*, *Hymenaea courbril*, *Enterolobium cyclocarpum* o *Ficus spp*, *Cedrela odorata**, *Clethra mexicana**, *Cocoloba barbadensis**, *Guarea chichon**, *Pimenta dioica**, *Zuelania guidonia**, *Ceiba petandra**, *Dendropanax arboreus**, entre otras. El estrato arbustivo es variable, ya que en ocasiones está bien desarrollado y a veces no existe. Son comunes las palmas de poca estatura y las especies arbustivas de Rubiaceae (Figura IV.22).

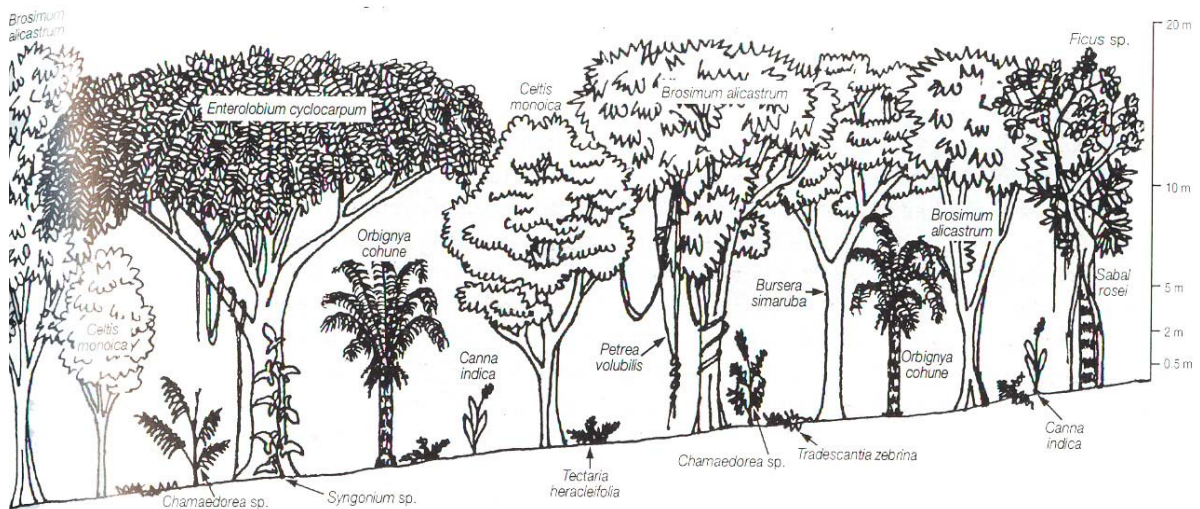


Figura IV.22.- Estructura comparativa de selva mediana subcaducifolia (similar a la s.m. subperennifolia)(Challenger, 1998).

Especies indicadoras de calidad ambiental

Como se ha mencionado, los tipos de vegetación en el área de estudio muestran mayor o menor grado de perturbación, particularmente por la introducción de cafetales a la sombra entre sus copas. Las especies indicadoras de buena calidad ambiental, corresponden a especies de vegetación primaria, como son las que se presentan en la siguiente tabla .

Cuadro IV.15.- Especies indicadoras de alta calidad ambiental en selva mediana subperennifolia.

Árboles	Arbustos
<p>Más frecuentes</p> <p><i>Aphanante monoica</i> (Mirandacelttis monoica) <i>Brosimum alicastrum</i> (ojite,ojosh) <i>Cedrela odorata</i> (cedro) <i>Clethra mexicana</i> <i>Coccoloba barbadensis</i> <i>Cupania dentata</i> (cuisal) <i>Ficus lentiginosa</i> (amate, higuera) <i>Guarea chichón</i> (maja blanca) <i>Hernandía sonora</i> (palo de balsa) <i>Pimenta dioica</i> (pimienta) <i>Trichilia hirta</i> (palo de venado, colorado) <i>Zuelania guidonia</i> (nogalillo, volador, palovolador)</p> <p>Menos frecuentes</p> <p><i>Alchornea latifolia</i> <i>Carpodiptera ameliae</i> <i>Castilla elastica</i> <i>Ceiba pentandra</i> <i>Dendropanax arboreus</i> <i>Ficus tecolutensis</i> <i>Gyrocarpus americanus</i> <i>Hampea integerrima</i> <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> <i>Sapindus saponaria</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Zanthoxylum procerum</i></p>	<p>De las especies primarias que aún permanecen</p> <p><i>Acacia angustissima</i> <i>Callicarpa acuminata</i> <i>Cestrum dumetorum</i> <i>Faramea occidentalis</i> <i>Parathesis melanosticta</i> <i>Piper auritum</i> <i>Pothomorphe umbellatum</i> <i>Psychotria involucrata</i> <i>Vernonia schiedeana</i></p>

Cuadro IV.16.- Especies indicadoras de baja calidad ambiental (perturbación) en selva mediana subperennifolia.

Árboles de vegetación secundaria	Arbustos de vegetación secundaria
<p><i>Adelia barbinervis</i> <i>Annona reticulata</i> <i>Bursera simaruba</i> <i>Ceropia obtusifolia</i> <i>Croton draco</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Guazuma ulmifolia</i> <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> <i>Muntingia calabura</i> <i>Parmentiera edulis</i> <i>Piscidia communis</i> <i>Saurauia scabra</i> <i>Spondias mombin</i> <i>Trema micrantha</i></p>	<p><i>Acacia cornigera</i> <i>Acacia farnesiana</i> <i>Calliandra houstoniana</i> <i>Cestrum sp.</i> <i>Cnidoscolus multilobus</i> <i>Croton niveus</i> <i>Eugenia capuli</i> <i>Hamelia patens</i> <i>Lantana camara</i> <i>Lippia sp.</i> <i>Piper spp.</i> <i>Pisonia aculeata</i> <i>Pluchea odorata</i> <i>Solanum verbascifolium</i> <i>Vernonia deppeana</i></p>

Cuadro IV.17.- Especies indicadoras de alta calidad ambiental en bosque mesófilo de montaña.

Árboles		Arbustos
<i>Clethra mexicana</i>	<i>Podocarpus reichei</i>	<i>Deppea umbellata</i>
<i>Carpinus caroliniana</i>	<i>Podocarpus reichei</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>
<i>Eugenia capuli</i>	<i>Prunus serotina</i>	<i>Gaultheria acuminata.</i>
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Prunus serotina var. capuli</i>	<i>Palicourea galeottiana</i>
<i>Licaria peckii</i>	<i>Quercus affinis</i>	<i>Parathesis melanosticta</i>
<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Quercus corrugada</i>	<i>Rapanea myricoides</i>
<i>Magnolia schiedeana</i>	<i>Quercus germana</i>	<i>Rhamnus sp.</i>
<i>Meliosma alba</i>	<i>Quercus ocotaefolia</i>	<i>Senecio grandifolius</i>
<i>Meliosma alba</i>	<i>Quercus rugulosa</i>	<i>Ternstroemia sylvatica</i>
<i>Ocotea clusiana</i>	<i>Quercus sororia</i>	<i>Vernonia deppeana</i>
<i>Ostrya virginiana</i>	<i>Turpinia occidentalis</i>	
<i>Pinus patula</i>		
<i>Pinus pseudostrabus</i>		

Asimismo se tienen como indicadoras de sitios con alta calidad ambiental, la presencia de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2001. Estas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro IV.18.- Especies raras, amenazadas o en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2001.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA	DISTRIBUCION
Betulaceae	<i>Carpinus</i>	<i>caroliniana</i>		A	no endémica
Palmae	<i>Chamaedorea*</i>	<i>spp</i>	tepejilote	A	no endémica
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>mexicana</i>	helecho arborescente	P	no endémica
Magnoliaceae	<i>Magnolia</i>	<i>schiedeana</i>	magnolia	A	no endémica
Betulaceae	<i>Ostrya</i>	<i>virginiana</i>		Pr	no endémica

Pr = protección especial

P = en peligro de extinción

A= amenazada

* Nota: El género fue encontrado en el campo sin poder determinar la especie. Diversas especies de este género se encuentran enlistadas en la NOM, por lo que habrá que tomar su presencia con reserva.

Donde las categorías se interpretan como:

Sujeta a protección especial (Pr).- Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones asociadas.

Amenazada (A).- Son aquellas especies o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

En peligro de extinción (P).- Aquellas especies cuyas áreas de distribución o el tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural.

FAUNA

Collingham y Huntley, (2000) recomiendan conocer y evaluar el tipo y uso de las comunidades florísticas existentes en una localidad, ya que el grado de perturbación o modificación será el factor determinante de las poblaciones locales de la fauna silvestre asociadas a ellas. Este fenómeno en ocasiones provoca la pérdida y fragmentación del hábitat, barreras artificiales para las especies colonizantes, lo que en gran medida determina que la capacidad de las especies de extenderse sea a través de paisajes y la movilidad por tanto, depende de la heterogeneidad, la disponibilidad de alimento y del grado de aislamiento. Por ello, y con base en lo expuesto en el apartado anterior de vegetación y flora silvestre, dentro del área de estudio se presentaron ambientes compuestos por cafetales, bosque mesófilo de montaña (fragmentado en la mayor parte), áreas de cultivo y pastizal y finalmente, pequeñas áreas de selva mediana subperennifolia, bosque de pino-encino y encinar tropical.

Sin embargo, pese a las modificaciones ambientales que se han suscitado en las zonas de estudio, no significa que sea ésta pobre en cuanto a variedad de especies. La posición geográfica, compleja topografía, inclinación del terreno, humedad y heterogeneidad ambiental de la zona, brindan características propias de los bosques mesófilos de montaña (Rzedowski, 1994), siendo estos tipos de vegetación principales centros de endemismo y riqueza de especies faunísticas (Flores-Villela y Gerez 1994) y por otro lado, tal es el caso de los parajes La Gloria, San José, El Piñal, La Guadalupe, Tacubaya, Cachalixtla, Santa Ciprina, Papatlarillo y Casa Blanca; donde la modificación de la vegetación ha impedido su definición; ya que el uso que actualmente se da en dichos sitios es cafetalero, ganadero y cultivo de cítricos, ejerciendo influencia en la proliferación de especies zoológicas indicadoras de disturbios.

Características regionales de la fauna

Biogeográficamente la mayor longitud del proyecto se encuentra en la región Neártica y una pequeña porción en la región Neotropical; especialmente en la porción más meridional de la provincia biótica Sierra Madre Oriental y en la parte central de la provincia biótica Veracruzana, respectivamente (Álvarez y de Lachica, 1991). El sur de la Sierra Madre Oriental abarca desde Córdoba y Orizaba hacia el norte hasta Martínez de la Torre (Veracruz), apartir de ese punto hacia el oeste pasando por el norte de Puebla hasta la altura de Tulancingo, siguiendo al Noroeste hasta Huejutla, Hidalgo (Figura IV.23); dentro de sus principales características se tiene que por efecto de la sombra orográfica la vertiente hacia el Golfo de México es más húmeda que la queda hacia el altiplano, también es mucho más árido hacia la porción norte de la provincia que en el sur, sobre todo esta mayor humedad es notable en el

extremo sur de la provincia por su cercanía con el eje neovolcanico (Álvarez y de Lachica, 1991) y finalmente, los tipos de vegetación principales comprenden selvas húmedas (altas y medianas) primordialmente, seguidos de bosques de coníferas (*Pinus-Quercus*), después de bosque mesófilo de montaña, y por último matorral xerófilo (Ochoa y Flores, 2006).

La provincia Veracruzana comprende toda la parte media del estado de Veracruz e incluye también toda la parte este de Puebla, San Luis Potosí y Oaxaca. Los tipos de vegetación que barca son desde el manglar, vegetación de dunas, la selva húmeda (alta y mediana), selva seca, bosque de coníferas, encinos, bosque mesófilo de montaña hasta matorral xerófilo (Álvarez y de Lachica, 1991; Ochoa y Flores, 2006).

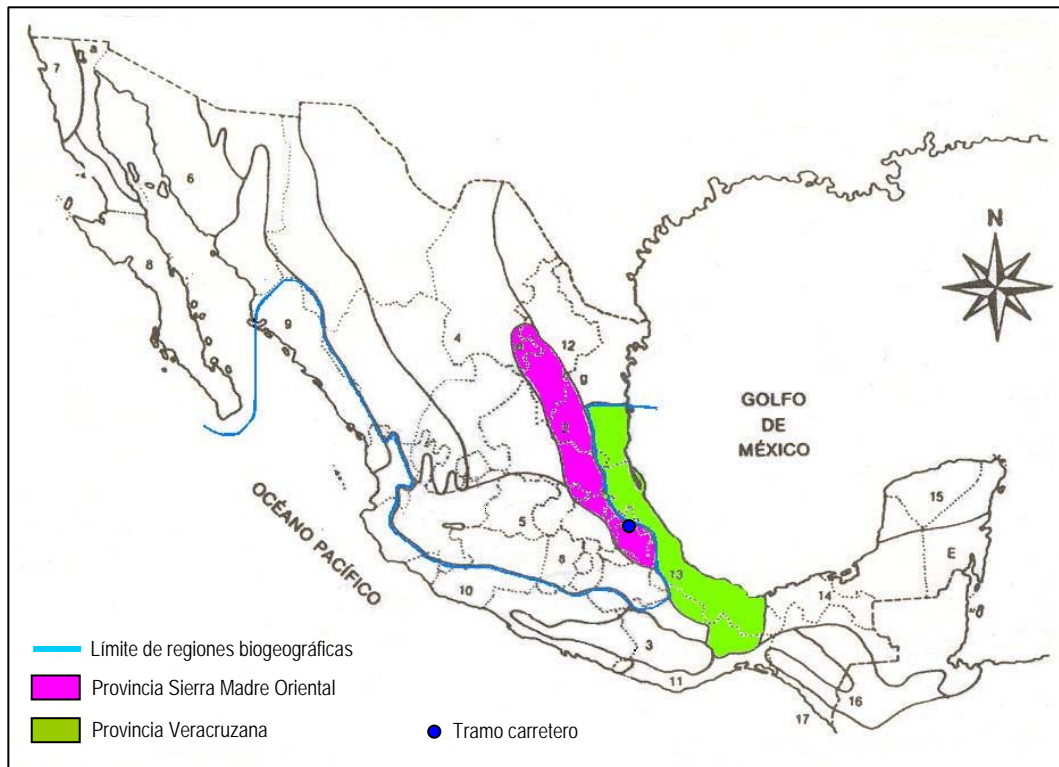


Figura IV.23.- Ubicación del proyecto con relación a las provincias biogeográficas

Por lo anterior, el área de estudio del proyecto de interés, así como el trazo de la carretera a evaluar sus impactos ambientales en el presente estudio, se ubica dentro de una zona considerada transicional, encontrándose taxas faunísticas tanto de regiones neárticas como neotropicales.

En términos generales dentro de la herpetofauna, los anfibios son el grupo de organismos que menos toleran los cambios ambientales, dado que las condiciones para su permanencia en un hábitat son sumamente restringidas y son considerados como especies indicadoras de condiciones ambientales estables o de alteración ambiental. Dentro de las comunidades de vegetación

determinadas a lo largo del o sistema ambiental regional (SAR), se enlistaron alrededor de 6 especies de anfibios (Ver Anexo capítulo VIII: listado faunístico); las más sobresalientes pertenecen a las familias Hylidae, Leptodactylidae y Plethodontidae.

Los reptiles comprenden toda una gama de variación, ya que algunas especies tienen ciertos regímenes ambientales estrictos y en general presentan mayor versatilidad para responder a los cambios ambientales existentes; como es el caso de especies del género *Sceloporus* y *Micrurus* (Pianka, 1967; Sánchez-Trejo *com. per.* 2002). Se pueden encontrar a lo largo del SAR un total de 14 especies (Ver Anexo capítulo VIII: listado faunístico), donde Phrynosomatidae, Colubridae y Viperidae pueden ser las familias más representativas.

Las aves por su parte son el grupo de organismos más evidente dentro de la fauna silvestre, destacan por sus cantos, por la vistosidad de las formas y colores de plumajes, tamaños y por agregarse en colonias y sitios de anidación. Algunos factores como la cobertura, la heterogeneidad de la vegetación, la conservación del hábitat y los requerimientos necesarios para descansar, anidar o reproducirse determinan la abundancia y frecuencia de las especies (Meléndez-Herrada, *com. per.* 2002 y Romero, *com. per.* 2002). La zona de estudio (SAR) puede estar representada por un total de 79 especies (Ver Anexo capítulo VIII: listado faunístico); destacando algunas de ellas como especies más abundantes las pertenecientes a las siguientes familias Cathartidae, Accipitridae, Cracidae, Momotidae, Ramphastidae, Picidae, Turdidae y Mimidae.

Los mamíferos juegan un papel preponderante en el funcionamiento de los ecosistemas, son los encargados de regular las poblaciones de especies tanto de vegetales como de el resto de vertebrados (herpetofauna y ornitofauna), ya sea de manera directa o indirecta. Los hay polinizadores, dispersores de semillas (*e. gr.* coyotes y zorras); mientras que otros ayudan a la aireación del suelo (*e. gr.* tuzas) y otros más son depredadores (*e. gr.* gato yaguarundi). Por sus hábitos generalmente nocturnos son muy difíciles de observar durante el día, exceptuando a especies del género *Sciurus* y *Orthogeomys* por sus hábitos diurnos y evidentes madrigueras. A lo largo del SAR posiblemente pueden existir alrededor de 22 especies (Ver Anexo capítulo VIII: listado faunístico) y destacar como las familias representativas de la zona Didelphidae, Leporidae, Geomyidae, Procyonidae y Mustelidae.

Caracterización de las comunidades de fauna a lo largo del trazo de la carretera

A continuación se presentan las especies faunísticas más probables a lo largo del trazo de carretera de interés; la información al respecto se sistematizó a partir de dos trabajos de campo, el primero en un recorrido de prospección, mismo que arrojó un listado faunístico general para el tramo de

interés, y un segundo, ya exprofeso para la realización del presente estudio, el cual se desarrollo a partir de ocho puntos de verificación (Pv), distribuidos a lo largo de dicho tramo carretero. Asimismo, en los anexos del capítulo VIII de este estudio se presenta la metodología que se empleo para la recopilación en campo de la información faunística (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Trabajo de prospección

Este primer listado se elaboro considerando como transecto a todo el tramo carretero objetivo del presente estudio de evaluación de impacto ambiental. Se registraron especies de los cuatro grupos de vertebrados terrestres (Cuadro IV.19), en colecta directa para anfibios y reptiles, avistamientos de aves e identificación por medio de guías de campo y por último, rastros (madrigueras, huellas y excretas) y entrevistas con lugareños para los mamíferos (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.19.- Especies registrados durante el trabajo de prospección

Anfibios y reptiles	Aves	Mamíferos
<i>Hyla miotypanum</i> <i>Coniophanes imperialis</i>	<i>Coragyps atratus</i> <i>Cathartes aura</i> <i>Acciper striatus</i> <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Columba nigrirostris</i> <i>Aratinga holochlora</i> <i>Amazona albifrons</i> <i>Campylopterus excellens</i> <i>Aulacorhynchus prasinus</i> <i>Pteroglossus torquetas</i> <i>Melanerpes aurifrons</i> <i>Contopus pertinax</i> <i>Cyanocorax mori</i> <i>Regulus calendula</i> <i>Myadestes occidentales</i> <i>Catharus occidentales</i> <i>Turdus infuscatus</i> <i>Melanotis caerulescens</i> <i>Coereba flaveola</i> <i>Quiscalus mexicana</i> <i>Psarocolius wagleri</i> <i>Amblycercus holosericeus</i>	<i>Dasyus novencinctus</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sciurus perotensis</i> <i>Pappogeomys merriami</i> <i>Bassariscus sumichrasti</i> <i>Conepatus leuconotus</i> <i>Nasua narica</i> <i>Procyon lotor</i>

Fauna a lo largo del tramo carretero.

La descripción de la presencia de diferentes especies de fauna encontrados durante los trabajos de campo a lo largo del trazo carretero se realiza con base en una serie de puntos de verificación distribuidos por el tramo carretero. La ubicación de estos puntos se presenta en la figura IV.24.

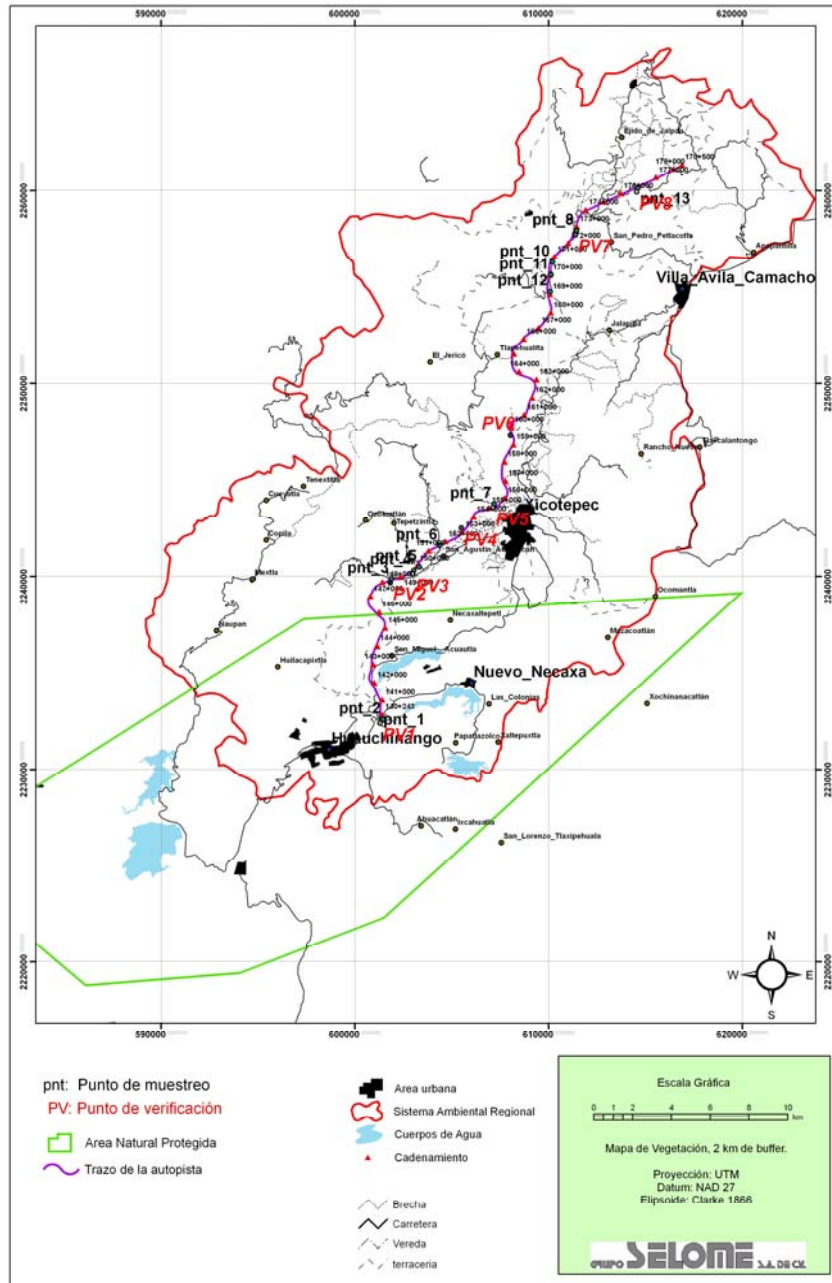


Figura IV.24.- Ubicación de los puntos de verificación de la presencia de diferentes especies de fauna a lo largo del tramo carretero.

Punto de verificación 1 (Pv-1)

Se localiza cerca del kilómetro 140 de la autopista México-Tuxpan Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán (al suroeste de la Presa Tenango), en las coordenadas UTM X=601308 y Y=2232373 y una altitud de 1340 msnm. En cuanto a la vegetación es una zona muy perturbada, con vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña y cafetales de sombra y sol. Cabe destacar que en este

sitio se construirá uno de los túneles de la carretera, mismo que facilitará contar con un corredor o paso natural de fauna silvestre.

Cabe destacar que para este primer punto de verificación (Pv-1) solo se registraron especies del grupo de las aves (Cuadro IV.20), esto a través del avistamiento e identificación con guías de campo (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.20.- Especies registradas para el punto de verificación 1 (Pv-1)

Reptiles	Aves	Mamíferos
No encontrados en trabajo de campo	<i>Quiscalus mexicana</i> <i>Myiozetetes similis</i> <i>Wilsonia citrina</i> <i>Thraupis abbas</i> <i>Dendroica fusca</i> <i>Bubulcus ibis</i> <i>Passer domesticus</i> <i>Hirundo fulva</i>	No encontrados en trabajo de campo

Punto de verificación 2 (Pv-2)

Este punto de verificación se situó cerca en el kilómetro 147+500 de la autopista México-Tuxpan, Tramo Nuevo Necaxa-Tehuacán (al Noroeste del embalse de la presa Nueva Necaxa), en las coordenadas UTM X=601830 y Y=2239667 y a 1169 msnm. En cuanto a la vegetación también es una zona muy perturbada, con vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña, pastizales inducidos y cultivos. En este segundo punto de verificación (Pv-2) se registraron una especie de reptiles y tres de aves (Cuadro IV.21). Su registro fue por captura directa en el caso de la herpetofauna y de avistamientos e identificación con guías de campo para las aves (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.21.- Especies registradas para el punto de verificación 2 (Pv-2)

Reptiles	Aves	Mamíferos
<i>Sceloporus variabilis</i>	<i>Quiscalus mexicana</i> <i>Egretta thula</i> <i>Coragyps atratus</i>	No registrados en visita de campo

Punto de verificación 3 (Pv-3)

Se localiza cerca del kilómetro 148+500 de la autopista México-Tuxpan, Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán, también al noroeste de la presa Nueva Necaxa (coordenadas UTM X=602999 y Y=2240105) y a una altitud de 1157 msnm. La vegetación predominante es de tipo secundaria de selva mediana subperennifolia y el cruce de algunos escurrideros (vegetación riparia). Aquí hay que señalar que la carretera contempla la construcción de puentes y alcantarillas en los escurrideros.

Igual que en el punto de verificación anterior (Pv-2), en este Pv-3 se registraron especies tanto de reptiles como de aves (Cuadro IV.22); también su registro fue por captura directa en el caso de la herpetofauna y de avistamientos e identificación con guías de campo para la ornitológica (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.22.- Especies registradas para el punto de verificación 3 (Pv-3)

Reptiles	Aves	Mamíferos
<i>Sceloporus variabilis</i> <i>Eleutherodactylus leprus</i>	<i>Bubulcus ibis</i> <i>Quiscalus mexicana</i> <i>Buteogallus anthracinus</i> <i>Catharus occidentales</i> <i>Myiozetetes similis</i> <i>Wilsonia pusilla</i> <i>Hirundo fulva</i> <i>Vireo philadelphicus</i> <i>Columba flavirostris</i> <i>Tyrannus melancholicus</i> <i>Melanerpes hypopolius</i> <i>Coragyps atratus</i>	-

Punto de verificación 4 (Pv-4)

Este cuarto punto de verificación (Pv-4) se localiza cerca del kilómetro 152 de la autopista México-Tuxpan Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán (al oeste de Xicotepec); en las coordenadas UTM X=605500 y Y=2242500 y a una altitud de 900 msnm. La vegetación predominante es pastizal inducido y vegetación secundaria de selva.

En este punto de verificación 4 se registraron por primera vez individuos de especies del grupo de los mamíferos, además de especies ornitológicas (Cuadro IV.23); su registro fue por avistamientos e identificación con guías de campo para las aves y métodos indirectos (entre vistas y rastros) para los mamíferos (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna). Así mismo cabe mencionar que dichos registros son semejantes para los puntos de verificación 7 y 8.

Cuadro IV.23.- Especies registradas para el punto de verificación 4 (Pv-4)

Reptiles	Aves	Mamíferos
-	<i>Buteo lineatus</i> <i>Coragyps atratus</i> <i>Columbina inca</i> <i>Saltator coerulescen</i> <i>Amblycercus holosericeus</i> <i>Wilsonia citrina</i> <i>Wilsonia pusilla</i> <i>Mniotolita varia</i> <i>Sialia mexicana</i> <i>Cyanocorax morio</i> <i>Columba nigrirostris</i>	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Procyon lotor</i> <i>Dasypus novencinctus</i>

Punto de verificación 5 (Pv-5)

El punto de verificación 5 (Pv-5) se localiza cerca del kilómetro 155 de la autopista México-Tuxpan, Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán, al noroeste de Xicotepec, muy cerca del Pv-4 pero con otras condiciones de vegetación y usos del suelo; en las coordenadas UTM X=607135 y Y=2243575 y a una altitud de 993 msnm. La vegetación presente a los alrededores del sitio de interés es Bosque mesofilo de montaña (muy conservada en cañadas) y cafetales de sombra.

En este tramo se construirá otro tunel y varios puentes, por lo que la afectación sobre los desplazamientos de la fauna seran menores.

En el punto de verificación se registraron por primera vez individuos de especies de los tres grupo de vertebrados terrestres (reptiles, aves y mamíferos) (Cuadro IV.24); el registro de reptiles fue por captura directa, para las aves por avistamientos e identificación con guías de campo y finalmente, para mamíferos por metodos indirectos (entrevistas y rastros) (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.24.- Especies registradas para el punto de verificación 5 (Pv-5)

Reptiles	Aves	Mamíferos
<i>Seceporus grammicus</i> <i>Oxybolis aeneus</i> <i>Porthidium sp.</i> <i>Spilotes pullatus</i>	<i>Pitanyus sulphuratus</i> <i>Wilsonia pusilla</i> <i>Carduelis psaltria</i> <i>Carpoducus mexicanus</i> <i>Amazilia cyanocephala</i> <i>Eugenes fulgens</i> <i>Selasphorus platycercus</i> <i>Tiaris olivacea</i> <i>Dendroica petechia</i> <i>Sporophila torquelo</i> <i>Mniotolita varia</i> <i>Cyanocorax morio</i>	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Procyon lotor</i> <i>Dasypus novencinctus</i> <i>Mephitis macroura</i> <i>Nasua narica</i> <i>Sciurus ocelatus</i>

Reptiles	Aves	Mamíferos
	<i>Polioptila caerulea</i>	

Punto de verificación 6 (Pv-6)

El sexto punto de verificación (Pv-6) se localiza en el kilómetro 160 de la autopista México-Tuxpan Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán, al norte de Xicotepec, las coordenadas UTM son X=608042 y Y=2247299 y a una altitud de 769 msnm. La vegetación presente es Bosque mesofilo de montaña y cafetales.

Igual que en el punto de verificación anterior (Pv-6) se registraron individuos de especies de los tres grupo de vertebrados terrestres (Cuadro IV.25). El registro de reptiles fue por captura directa, para las aves por avistamientos e identificación con guías de campo y finalmente, para mamíferos por entre vistas con lugareños (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.25.- Especies registradas para el punto de verificación 6 (Pv-6)

Reptiles	Aves	Mamíferos
<i>Micrurus latifasciatus</i>	<i>Cyanocorax morio</i> <i>Amblycercus holosericeus</i> <i>Icterus dominicensis</i> <i>Myiarchus tyrannulus</i> <i>Ortalis vetula</i> <i>Melanerpes auritrons</i> <i>Carduelis atriceps</i> <i>Polioptila caerulea</i>	<i>Peromyscus aztecus</i> <i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Dasyus novencinctus</i> <i>Mephitis macroura</i> <i>Nasua narica</i> <i>Didelphis virginiana</i>

Punto de verificación 7 (Pv-7)

El punto de verificación 7 (Pv-7) se localiza en el kilómetro 175 de la autopista México-Tuxpan, Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán, las coordenadas UTM son X=611384 y Y=2257710 a 698 msnm. La vegetación presente es de encinar tropical perturbado.

Se comento que este punto tuvo los mismos registros que el punto de verificación 4 (Cuadro IV.26). El registro para las aves fue por avistamientos e identificación con guías de campo y para los mamíferos por entre vistas y rastros como huellas o escretas (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Cuadro IV.26.- Especies registradas para el punto de verificación 7 (Pv-7)

Reptiles	Aves	Mamíferos
-	<i>Buteo lineatus</i> <i>Coragyps atratus</i> <i>Columbina inca</i> <i>Saltator coerulescen</i> <i>Amblycercus holosericeus</i> <i>Wilsonia citrina</i> <i>Wilsonia pusilla</i> <i>Mniotilta varia</i> <i>Sialia mexicana</i> <i>Cyanocorax morio</i> <i>Columba nigrirostris</i>	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Procyon lotor</i> <i>Dasypus novencinctus</i>

Punto de verificación 8 (Pv-8)

Este último punto de verificación se localiza en el kilómetro 178+500 de la autopista México-Tuxpan Tramo Nuevo Necaxa-Tihuatlán, en el límite del municipio Tlacuilotepec, Puebla, las coordenadas UTM son X=614547 y Y=2259923, a una altura sobre el nivel del mar de 635 m. La vegetación presente es pastizal inducido con elementos de vegetación secundaria de selva.

Se registraron las mismas taxa que en los puntos de verificación 4 y 7 (Cuadro IV.26). De igual manera los métodos de obtención de la información fueran las mismas: avistamientos e identificación con guías de campo para las aves y entre vistas y rastros para los mamíferos (Ver Anexo capítulo VIII: metodología de fauna).

Riqueza específica y abundancia relativa de las especies

Hay que iniciar señalando que tanto en el SAR como en el trazo de la carretera el grupo mejor representado es el de las aves (Figura IV.25), seguido del de la mastofauna y en último lugar, la herpetofauna. En el caso del número de taxas de reptiles y mamíferos, estos últimos están mejor representados por que en las entrevistas con los lugareños fueron mejor identificados, que la herpetofauna.

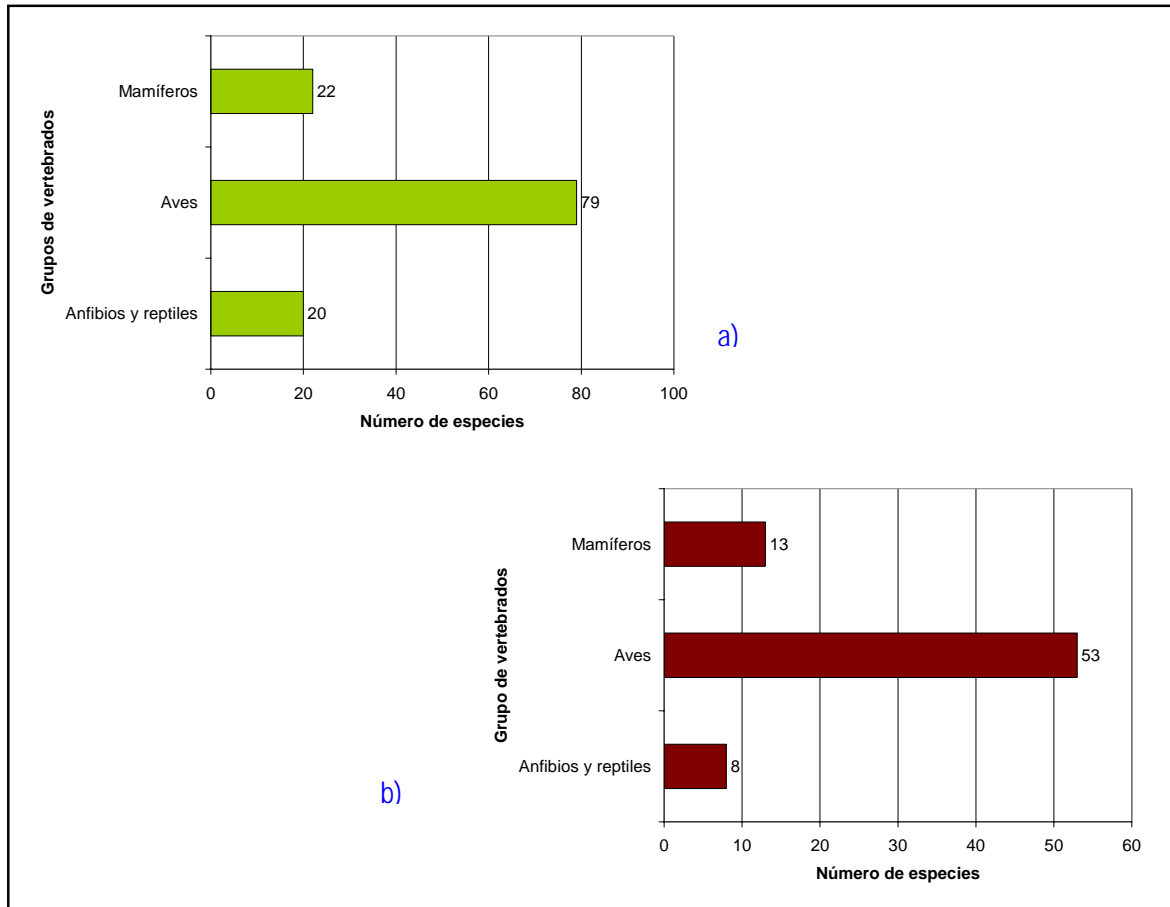


Figura IV.25.- Número de especies (a) a nivel del SAR y (b) cerca del tramo de carretera de interés

En la figura IV.26 se observa el número de especies por cada uno de las taxas a nivel de familia, de igual forma agrupadas por la representación en el SAR y a lo largo del tramo de carretera. A nivel regional las familias más representativas son las de las aves Trochilidae y Emberizidae y en el tramo de carretera de interés, la familia Emberizidae.

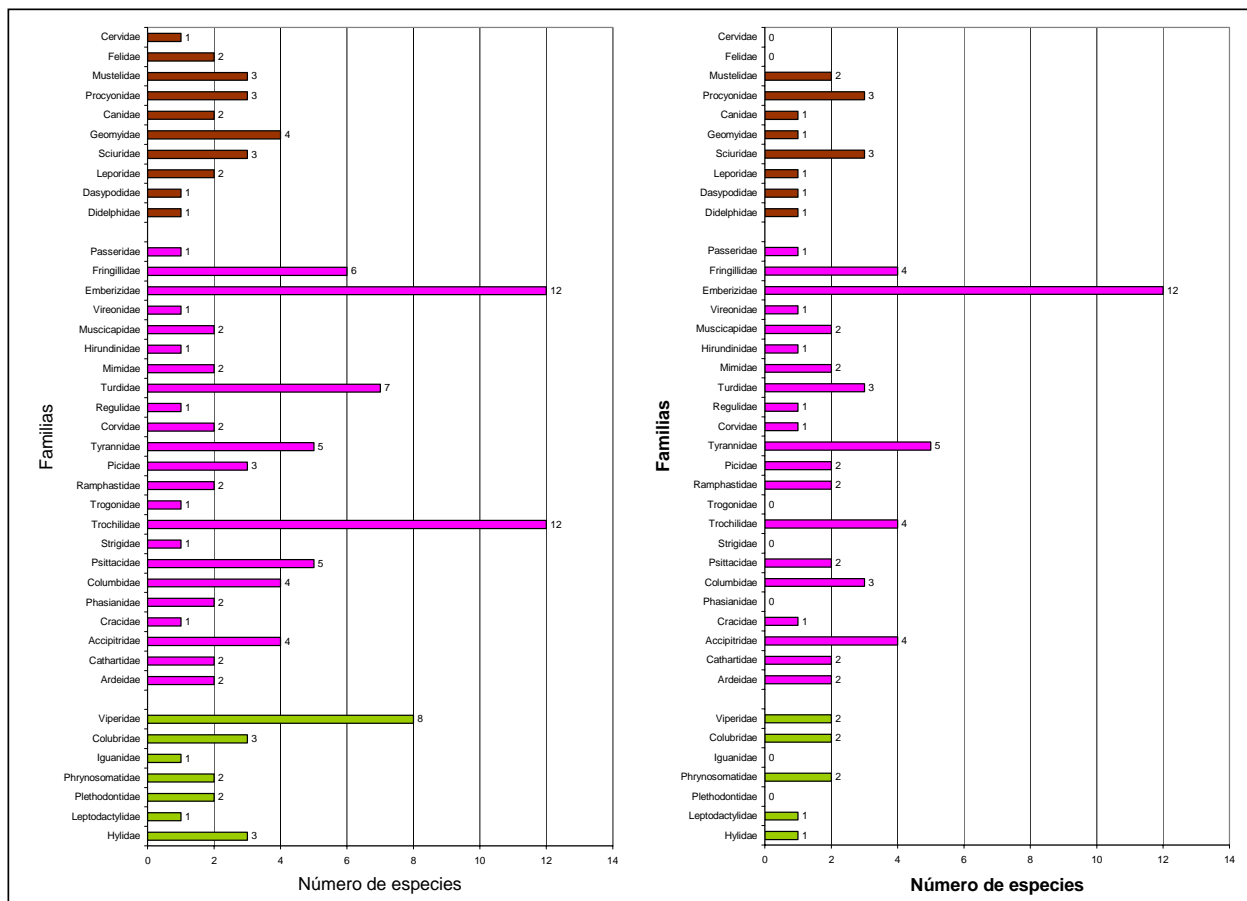


Figura IV.26.- Número de especies en cada familia (a) nivel del SAR y (b) en el tramo de carretera

Por otro lado, para obtener los datos de abundancia relativa para cada especie, se recurrió a la metodología empleada para calcular la abundancia para cada grupo zoológico. Esta metodología se presenta en los Anexos del capítulo VIII, especialmente en lo referente a la: metodología utilizada para desarrollar este apartado de fauna (Lazcano-Barrero *et al.*, 1992; González-García, 1992 y Bibby *et al.*, 1992).

Como resultado tenemos que para todo el sistema ambiental regional, según la abundancia, las taxas raras y comunes son las más representativas, mientras que las especies abundantes son mucho menos (Figura IV.27); ya para las especies registradas cerca del tramo de carretera objeto del presente estudio el comportamiento general es el mismo, pero las especies abundantes no están tan distantes con respecto a los grupos comunes y raras (figura IV.27). Asimismo, en los anexos del capítulo VIII, especialmente en el listado faunístico se podrá observar la abundancia para cada especie registrada para el SAR.

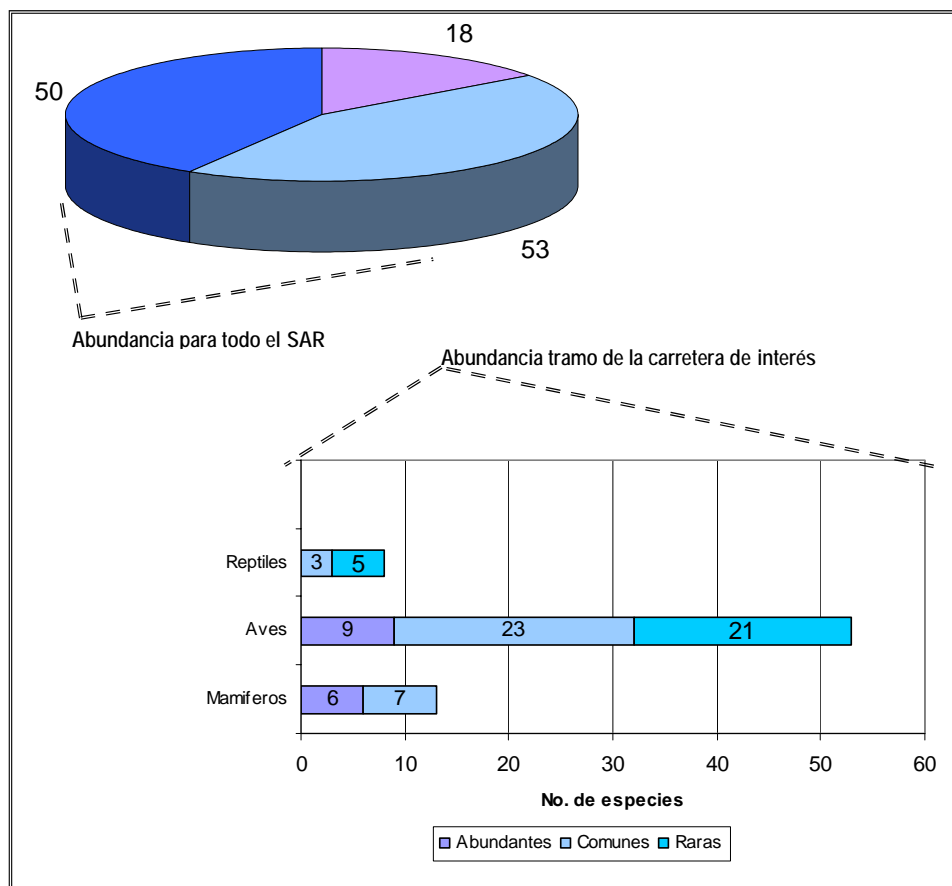


Figura IV.27.- Abundancia de los diferentes grupos de vertebrados en el área de estudio y tramo de carretera

Especies faunísticas de valor cinegético y comercial

Especies con valor cinegético

Con el propósito de contribuir a la conservación de la biodiversidad y hacerla compatible con las necesidades de producción y desarrollo socioeconómico se estableció el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre –SUMA- las cuales se integran en Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre –UMA´s-, Proyectos en Áreas de Manejo Sustentable de la Vida Silvestre –PAMS- y Centros de Conservación e Investigación de la Vida Silvestre –CIVS- (SEMARANT, 2002).

Las UMA´s pueden ser definidas como unidades de producción o exhibición en un área delimitada, claramente bajo cualquier régimen de propiedad, privada, ejidal, comunal o pública (SEMARANT, 2002); las mismas se clasifican en *extensivas* e *intensivas*. Las primeras, también llamadas de vida libre, tienen animales silvestres totalmente libres en el predio, además de que se alimentan y resguardan bajo las condiciones naturales y sólo ocasionalmente se les proporciona alimento o cobijo, en estos casos no se tiene una certeza completa del número de ejemplares contenidos sólo estimaciones a partir de muestreos. Una UMA intensiva es cuando el manejo se efectúa bajo condiciones controladas en instalaciones, regularmente cerradas con un control cercano de los ejemplares existentes.

Para el estado de Puebla se tienen registradas 45 UMA´s, todas dadas de alta ante la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT (Figura IV.28) (SEMARNAT, 2003). Las UMA´s de nombre “La Concordia” (clave de registro: DGVS-CR-IN-0741-PUE/01) y “Proyecto Balan” (Clave de registro: INE/CITES/DGCERN/CR-IN-0004-PUE), destacan por su cercanía al proyecto, el primero en el municipio de Jalpan y el segundo, en Huachinango; ambas UMA´s tienen como finalidad general el de “manejo y conservación”, en la ficha de cada UMA´s no se señala si son de tipo extensiva o intensiva.

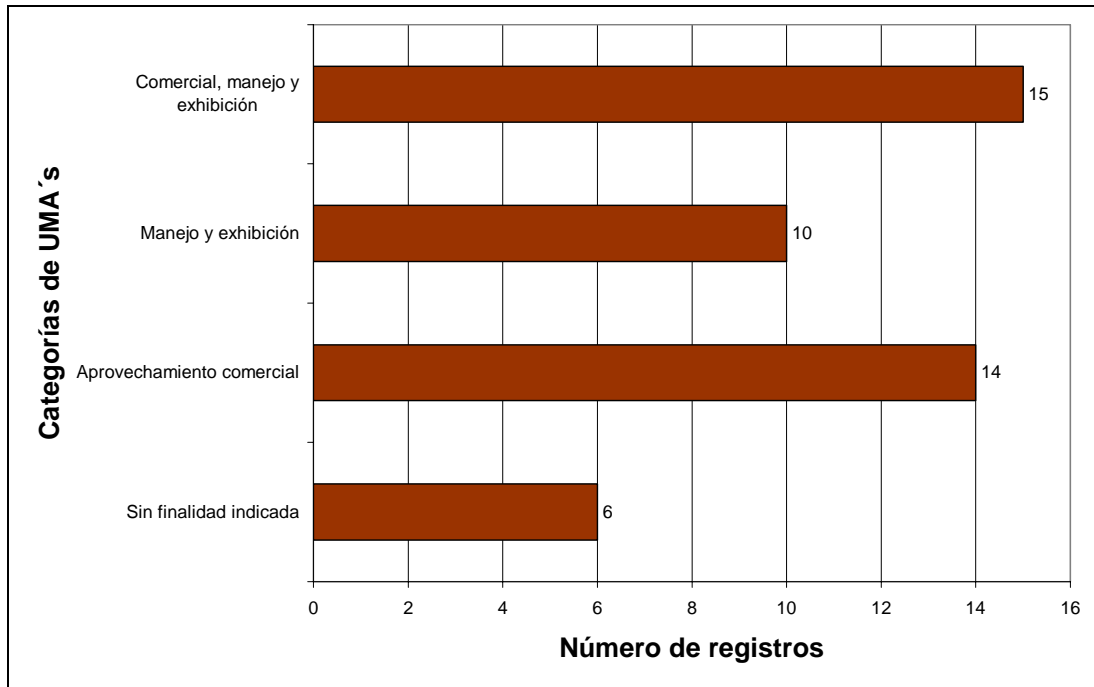


Figura IV.28.- Distribución de las UMA's del estado de Puebla de acuerdo a su finalidad, el manejo implica investigación, conservación y/o preservación como mascotas

Especies comerciales o con usos potenciales

La utilización e importancia económica y comercial de las especies de fauna silvestre no es nueva, es una actividad que se ha presentado desde tiempos muy remotos y establece una relación directa con el ser humano. Los distintos usos que se le dan a cada especie varían de un lugar a otro. Particularmente, en México, se tiene como consumidores a los cazadores, pescadores, campesinos, indígenas, industriales, coleccionistas y científicos (Miranda, 1993). La fauna también presenta un valor estético, el cual esta vinculado con los diferentes tipos de vegetación.

Existen básicamente dos formas de utilizar la fauna silvestre, la primera como animales muertos -alimento, obtención de productos no comestibles, deporte y la segunda como vivos -mascotas, animales de laboratorio y de exhibición- (Miranda, 1993). En el cuadro IV.27 se muestra el uso del que son o pueden ser objeto las especies encontradas a lo largo del tramo de la carretera; cabe mencionar que cuatro de estas especies no están autorizadas para comercializarse o practicar la caza con ellas.

Cuadro IV.27.- Especies registradas como las más útiles para los pobladores de las regiones aledañas al trazo de la carretera.

Genero / especie	Nombre común	Uso local
<i>Crotalus triseriatus</i>	Víbora de cascabel	Autoconsumo
<i>Micrurus latifasciatus</i>	Coralillo	Venta-piel
<i>Campylopterus excellens</i>	Chupaflores	Captura-Venta
<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibrí	Captura-Venta
<i>Myadestes occidentales</i>	Clarín-jilguero	Captura-Venta
<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín	Captura-Venta
<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato común	Captura-Venta
<i>Coereba flaveola</i>	Reinita	Captura-Venta
<i>Turdus rufopalliatus</i>	Primavera chivito	Captura-Venta
<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	Captura-Venta
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Pico de canoa	Captura-Venta
<i>Columba nigrirostris</i>	Paloma	Captura-Venta
<i>Columba speciosa</i>	Paloma escamosa	Captura-Venta
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	Autoconsumo
<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	Autoconsumo
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo castellano	Autoconsumo
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo	Autoconsumo
<i>Orthogeomys hispidus</i>	Tuza	Autoconsumo
<i>Pappogeomys merriami</i>	Tuza	Autoconsumo
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Autoconsumo
<i>Mazama americana</i>	Temazate	Autoconsumo
<i>Nasua Larica</i>	Tejón	Autoconsumo

Nota: Los datos de uso local fueron proporcionados por los mismos pobladores de cada región cercanos a los sitios de estudio a lo largo del tramo

Especies dentro de alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2001

Para el presente estudio se encontraron 35 especies (Cuadro IV.28) catalogadas con alguna categoría de riesgo dentro de la 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 (SEMARNAT, 2003). Las mismas que representan el 29% del total de las especies registradas para el SAR y se reportan 17 especies con algún estatus (un reptil, 15 aves y un mamífero) para el tramo de carretera que comprende el presente proyecto.

Cuadro IV.28.- Listado de las especies faunísticas con un estatus de protección según la norma NOM-059-SEMARNAT-2001

Nombre científico	Nombre común	Estatus de protección
-------------------	--------------	-----------------------

Nombre científico	Nombre común	Estatus de protección
Anfibios y Reptiles		
<i>Hyla mixomaculata</i>	Rana jaspeada	Amenazada
<i>Hyla nubinicola</i>	Rana de bosque mesófilo	Amenazada
<i>Pseudoeurycea firscheini</i>	Salamandra-Tlaconete	Protección especial
<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	Salamandra-Tlaconete	Protección especial
<i>Sceloporus grammicus*</i>	Lagartija común	Protección especial
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana espinosa	Amenazada
<i>Rhadinaea forbesi</i>	Culebra	Protección especial
Aves		
<i>Accipiter striatus*</i>	Gavilán	Protección especial
<i>Buteogallus anthracinus*</i>	Aguililla negra menor	Protección especial
<i>Buteo jamaicensis*</i>	Aguililla	Protección especial
<i>Buteo lineatus*</i>	Aguililla pecho rojo	Protección especial
<i>Dendrortyx macroura</i>	Gallina de monte	Protección especial
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Codorniz silbadora	Protección especial
<i>Columba nigrirostris*</i>	Paloma	Protección especial
<i>Columba speciosa</i>	Paloma escamosa	Protección especial
<i>Aratinga nana</i>	Perico pechisucio	Protección especial
<i>Aratinga holochlora*</i>	Perico mexicano	Amenazada
<i>Amazona oratrix</i>	Loro coroniamarillo	Amenazada
<i>Campylopterus excellens*</i>	Chupaflor	Protección especial
<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí	Protección especial
<i>Aulacorhynchus prasinus*</i>	Tucán-Pico de canoa	Amenazada
<i>Pteroglossus torquatus*</i>	Tucán-Pico real	Protección especial
<i>Aphelocoma unicolor</i>	Chara unicolor	Amenazada
<i>Regulus calendula*</i>	Reyezuelo	Peligro de extinción
<i>Myadestes occidentales*</i>	Clarín jilguero	Protección especial
<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	Amenazada
<i>Catharus mexicanus</i>	Zorzal corona negra	Protección especial
<i>Turdus infuscatus*</i>	Zorzal negro	Amenazada
<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	Protección especial
<i>Turdus rufopalliatu</i>	Primavera chivito	Protección especial
<i>Melanotis caerulescens*</i>	Mulato común	Protección especial
<i>Psarocolius wagleri*</i>	Papan real	Protección especial
<i>Carduelis atriceps*</i>	Jilguero corona negra	Protección especial
Mamíferos		
<i>Orthogeomys lanius</i>	Tuza	Amenazada

Nombre científico	Nombre común	Estatus de protección
<i>Bassariscus sumichrasti</i> *	Cacomixtle	Protección especial

*Nota: *De los listados anteriores estas especies fueron observadas en campo*

IV.2.3 Paisaje

El paisaje dentro del tramo carretero Nuevo Necaxa-Ávila Camacho es complejo debido a los procesos geomorfológicos que lo estructuran. La zona de estudio se establece en las estribaciones del eje volcánico transmexicano y la Sierra Madre Oriental por lo que los principales procesos que modelan el paisaje son volcánicos y tectónico-estructurales (Shoeneberger et al., 2000; Ferrusquía-Villafranca, 1998). El proceso dominante es el levantamiento y plegamiento, de tipo anticlinal y sinclinal, de la corteza terrestre, característico de la Sierra Madre Occidental, el cual expone diferentes capas de materiales minerales predominantemente sedimentarios (calizas, pizarras, areniscas, lutitas). En el caso del proceso volcánico está relacionado con la presencia de corridas de lava de diferente composición química (basaltos, dacitas y riolitas), depósitos de ceniza volcánica y tobas (ácidas) (INEGI, 1998; SPP, 1980). Estos materiales presentan diferentes grados de intemperismo (bajo a fuerte) el cual se ve incrementado hacia las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y las llanuras costeras del Golfo de México. El proceso tectónico ocasiona que se establezca un gradiente altitudinal de 1600 a 400 msnm a lo largo del tramo carretero. Morfológicamente dentro de este gradiente se establecen unidades de sierra con laderas y paredes de caída con laderas abruptas, lomeríos altos con laderas fuertemente inclinadas y piedemontes coluviales y aluviales (Shoeneberger et al., 2000). Estas características morfológicas son dominantes dentro de la zona de estudio. En menor proporción se establecen lomeríos medios a bajos, suaves con laderas moderadamente inclinadas. Este rasgo se establece en la porción final del trazo y que se encuentra limitando con los lomeríos y llanuras costeras del Golfo de México. Otro rasgo importante es el clima, en este caso el sitio de estudio se encuentra influenciado por un gradiente climático donde las condiciones van de templadas semifrías al inicio del trazo, hacia semicálidas húmedas hacia el final del mismo (García, 1988). Tanto el relieve, el gradiente altitudinal y el clima son condiciones que determinan el establecimiento de las comunidades vegetales, de tal manera que para los sitios altos, en la franja altitudinal de los 1600 a 900 msnm, condiciones semifrías y húmedas, se encuentra asociado el bosque de pino-encino y el bosque mesófilo de montaña, mientras que para las condiciones semicálidas de la porción más baja (600 a 400 m snm), hay una mezcla de vegetación de selva mediana subperennifolia con elementos mesófilos y encinar tropical.

Las condiciones climáticas, morfológicas, geológicas, tipos de vegetación, aunado al tiempo geológico de formación de la zona de estudio, son factores importantes para el proceso de formación y diversidad edáfica en la zona. Podemos mencionar que en la zona se presenta una alta diversidad de suelos. Esto puede asociarse a las condiciones de montaña donde se ha visto que los procesos geomorfológicos influyen de manera importante (Krasilnikov *et al.*, 2005, Birkeland, 1999). La pérdida del suelo domina donde los suelos se encuentran formándose en materiales coluviales frescos o superficies erosionadas frescas (Feldman *et al.*, 1991). En este caso la secuencia de suelo muestra que hay una mayor proporción de suelos altamente desarrollados, dentro de los que se encuentran los Acrisoles, Luvisoles y Alisoles; así como la presencia de suelos de moderado desarrollo como los Phaeozems y Cambisoles y los suelos jóvenes como los Leptosoles y Regosoles. Esta secuencia puede ser empleada como indicadora de estabilidad del paisaje relacionado con el balance pedogenético contra el morfogenético. La presencia de unidades de suelo desarrollados son indicadoras de un proceso de intemperismo muy fuerte de la roca madre, por lo que los materiales que han dado origen al suelo son prácticamente imperceptibles. La posición de estas unidades de suelo en el paisaje, predominantemente en las porciones superiores de las laderas, nos hace suponer que las condiciones permiten su desarrollo, por lo que los rasgos genéticos tienen oportunidad de marcarse. Dentro de estos se encuentran la diferenciación textural de los suelos donde se observan procesos de movimiento de arcillas de un horizonte a otro (Acrisoles, Luvisoles y Alisoles). Otro rasgo importante es el proceso de acumulación y humificación de la materia orgánica en el horizonte superficial, la cual se encuentra asociado a proceso de fijación de carbono edáfico (Porta *et al.*, 2003). La formación de estos suelos también se asocia a fuertes condiciones de pluviosidad, por lo que es común observar al bosque mesófilo de montaña desarrollándose sobre estos suelos.

En el caso de los suelos moderadamente desarrollados como los Phaeozems y Cambisoles, los suelos reflejan que los procesos edafogenéticos son mayores de que los morfogenéticos, más sin embargo hay procesos dentro del paisaje que no permiten su completo desarrollo, como ocurre con los suelos antes citados. Esto puede estar relacionado con el hecho de que son unidades de suelo que se establecen en laderas inestables, donde se presenta el continuo rejuvenecimiento de los suelos por aporte de sedimentos. En estos sitios se observan procesos de neoformación de arcillas "in situ" o que han sido donadas, que confirieren a estos suelos una moderada estabilidad.

Finalmente en el caso de los suelos de desarrollo incipiente (Leptosoles y Regosoles) estos se encuentran sujetos a una mayor presión por parte de los procesos morfológicos relacionado con zonas dinámicas, donde los procesos pedogenéticos ocurren en menor dinamismo que los morfogenéticos.

En cuanto al recurso hídrico, este se encuentra bien representado en la zona, sobre todo porque hay escurrimiento superficiales de tipo perenne que alimenta de manera regular los vaso de

agua como la presa Necaxa y Tenango; así como se encuentran dentro de los principales ríos, que disectan la zona, el Aseseca y el San Marcos que forman parte de la cuenca hidrológica Tuxpan-Nuatla la cual se reporta con altos volúmenes de agua. En cuanto a la calidad, si bien de manera general, no se reporta contaminación (CNA, 2003) se observó en el campo que hay diferentes afluentes que se encuentran bajo presión antrópica, donde hay presencia de aguas negras de uso doméstico, que al parecer por el momento no representan ninguna fuente de contaminación fuerte, pero que de continuar en estas condiciones, en el corto plazo se verán incrementados sus niveles de contaminación.

Desde el punto de vista de uso de suelo, la zona se encuentra predominantemente bajo manejo de cafetal a la sombra y al sol; así como bajo pastizal cultivado, y en menor proporción bajo cultivos de subsistencia (maíz y frijol). Una porción importante de la vegetación natural ha sido deforestada para dar cabida al pastoreo extensivo. Esto ha conllevado que aumente la vulnerabilidad del sitio a la erosión, ya que en diversos puntos del área de estudio se observan evidencias de erosión en pedestales, surcos y cárcavas. Estos aún se observan en niveles bajos de erosión, más las condiciones del suelo y las fuertes pendientes del terreno hacen pensar que en el corto y mediano plazos, la erosión puede aumentarse considerablemente a lo largo de todo el SAR.

Un elemento importante de uso del suelo en la zona y que mantiene la fisonomía del sistema es el cultivo de café a la sombra. Este tipo de cultivo se ha considerado como de bajo riesgo y bajo impacto de los recursos naturales (Stever, 1999), ya que es considerado un sistema de producción que mantiene la estructura y composición de las comunidades vegetales, y funciona como refugio y hábitat para las comunidades animales (Perfecto y Snelling, 1995). En todo nuestro país se reportan 14 zonas productoras de café asociadas a zonas de conservación de ecosistemas naturales, lo que demuestra el bajo impacto del establecimiento de esta actividad en diversos tipos de ecosistemas (Moguel y Toledo, 2005).

El análisis general muestra que actualmente, a pesar de la tendencia de cambio en el uso del suelo, el sistema ambiental es suficientemente resiliente, ya que a pesar de la presión antrópica impuesta, éste ha tendido a mantener sus condiciones. Esto se encuentra evidenciando de manera importante por la secuencia de unidades de suelo; así como por otros rasgos como son la composición de especies vegetales y animales en la zona. De manera particular, la baja evidencia de erosión en el sitio muestra que la estabilidad de los terrenos se mantiene, en tanto estos cuentan con una cobertura vegetal de alguna índole. No obstante la pérdida de ésta aumenta la vulnerabilidad de la zona. Esto resulta particularmente importante en los sitios bajo condiciones de sierras y lomeríos con laderas abruptas, donde la pendiente del terreno puede incrementar la pérdida de suelo por erosión al quedar descubierto de un horizonte vegetal. Es importante resaltar el papel que juegan los agroecosistemas cafetaleros en la zona. Estos sirven como parches o corredores biológicos importantes para la movilidad

de la fauna en el territorio, fusionando de alguna manera sitios de vegetación natural sin perturbación con sitios bajo distinto grado de afectación por actividad humana. Desde el punto de vista paisajístico, toda la zona es muy atractiva debido a la presencia de grandes cañadas con densa vegetación asociada a caseríos o fincas cafetaleras, donde se pueden observar los movimientos y cobertura por niebla, y en ocasiones el flujo de ríos y cascadas, haciendo que diversos puntos a lo largo de la carretera proyectada, tendrán un valor paisajístico adicional.

IV.2.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Contexto Regional

De acuerdo con INEGI, la región socioeconómica a la que pertenece el sitio para la realización del proyecto se encuentra en el estrato 3, en una escala de 1 a 6 de menor a mayor nivel de bienestar (2006).

En el ámbito estatal las regiones que lo integran son las siguientes: I Sierra Norte II Sierra Nororiental III Valle de Serdán, IV Angeleópolis, IV Atlixco y Matamoros, VI Mixteca, VII Tehuacán y Sierra Negra. El proyecto se asienta integralmente en la Región Sierra Norte, que comprende 35 municipios de los 222 de la entidad. Ocupa una superficie de 5 904 km². La densidad poblacional es de 106.4 hab/km². De las 1 626 localidades que la comprenden el 98.5 % son rurales y 1.48 % son urbanas. El grado de marginación está catalogado como Muy Alto.



Figura IV.29.-Regiones del estado de Puebla. Ubicación aproximada del Área de Estudio en la Región Sierra Norte

Para la zona donde se pretende la ejecución del proyecto, la dependencia intraregional queda establecida directamente a partir de la ciudad de Puebla de donde deriva a Huauchinango y Xicotepec, que son los centros más importantes del área de estudio, a su vez concentradores de servicios a donde acuden los poblados rurales de su área de influencia como se muestra a continuación:

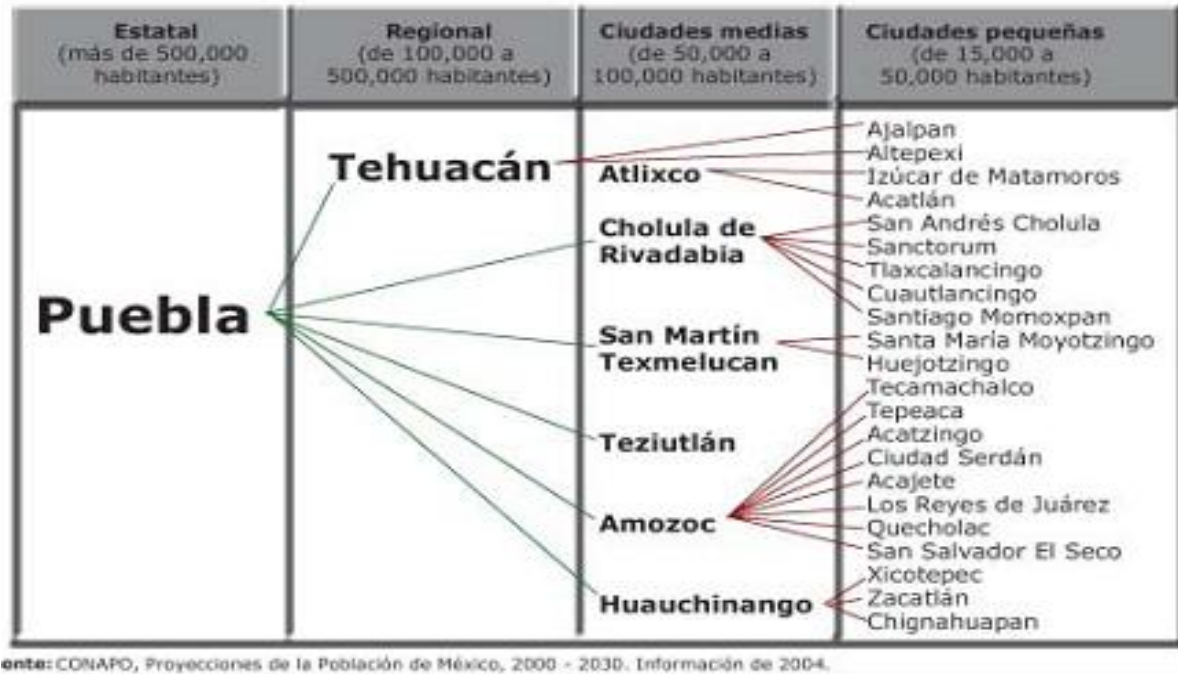


Figura IV.29.- Interrelación de localidades del SAR con Sistema de Ciudades regional

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) establecida para el proyecto incluye la superficie parcial de diez municipios de la Sierra Norte: Tlaxco, Tlacuilotepec, Jalpan, Xicotepec, Pahuatlán, Naupan, Juan Galindo, Zihuatehutla, Tlaola y Huahuchinango, todos en el estado de Puebla. El trazo del proyecto cruza sólo territorio de los municipios de Tlacuilotepec, Jalpan, Huahuchinango y Xicotepec. De este último es del que más superficie se ocupa, como se muestra en la siguiente Figura.

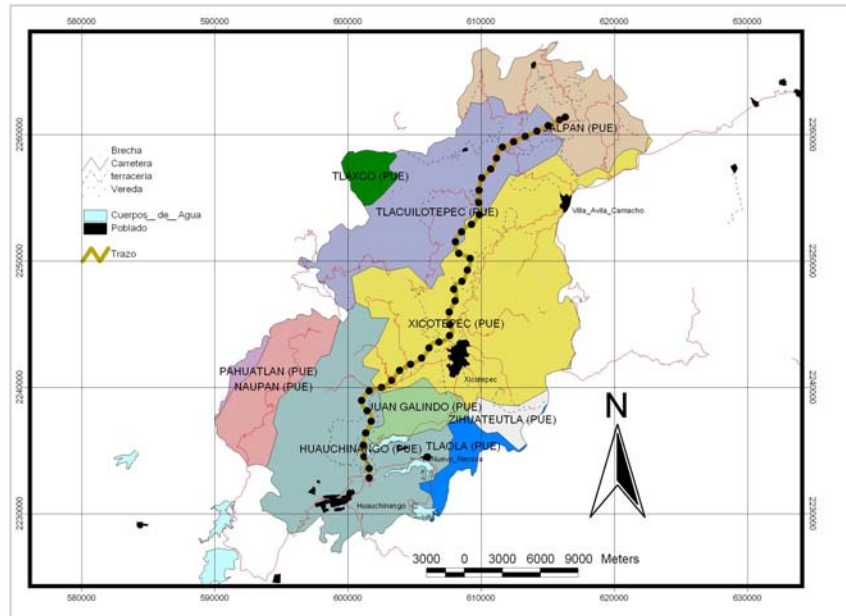


Figura IV.30.- Ubicación del proyecto en Sistema Ambiental Regional y municipios involucrados

Dinámica poblacional

De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000, efectuado por el INEGI, el comportamiento de la dinámica poblacional en los municipios involucrados en el SAR es la siguiente

Cuadro IV.29.- Ritmo de crecimiento poblacional de municipios del SAR

Municipio	Año						
	1990	1995	2000	2005	Tasa 1995-2000	Tasa 2000-2005	Densidad Hab/Km ²
Tlaxco	6126	5743	6271	5324	1.77	-2.84	69.23
Tlacuilotepec	16345	16183	17754	16798	1.88	-0.98	116.04
Jalpan	11661	12082	13257	12070	1.87	-1.64	66.61
Pahuatlán	16356	17783	18326	18209	0.60	-0.11	228.08
Xicotepec	57914	64815	70164	71454	1.59	0.32	247.75
Naupan	8900	9519	9613	9748	0.19	0.25	99.14
Juan Galindo	6709	8513	9301	9616	1.78	0.59	208.26
Zihuatehuitla	11846	10983	13535	12227	4.26	-1.77	76.32
Tlaola	15309	15822	18233	19010	2.87	0.74	68.13
Huahuchinango	69864	75169	83537	90846	2.13	1.49	519.67
TOTAL	213 020	238 607	261 991	267 307			

Fuente: INEGI ,Censo 2005; INAFED, 2006

Nota: En sombreado verde municipios por donde cruza el trazo de la carretera propuesta

De acuerdo al último conteo INEGI 2005, se aprecia un fuerte decremento en el ritmo de crecimiento en los municipios involucrados, incluso en el municipio de Huauchinango, que fue el que aumento más su población en números absolutos con una tasa de crecimiento de 1.49

Población de localidades cercanas al trazo del proyecto

La densidad poblacional a lo largo del trazo es baja, cómo se observa en el cuadro IV.31, excepto en los tramos cercanos a Huauchinango y Xicotepec. Las principales localidades ubicadas en una franja de 1 km a cada lado del eje carretero se enlistan a continuación. Destaca por mayor tamaño poblacional Xicotepec (cabecera municipal), aunque sólo se encuentra parcialmente incluido su extremo oeste en la franja supuesta.

Cuadro IV.31.- Principales localidades aledañas al eje carretero

Localidad	Municipio	Población 2000
Cuaucuilá	Huauchinango	2781
Michuca	Huauchinango	291
Patelocaya	Huauchinango	925
Alseseca	Huauchinango	249
Cuetzalingo	Xicotepec	19
Cuautlita	Juan Galindo	517
Xicotepec de Juárez	Xicotepec	35385
San Agustín (Atlihuacán)	Xicotepec	2002
El Zoquital	Xicotepec	39
Loma Larga	Xicotepec	45
Las Pilas	Xicotepec	674
Tepapetlaxco	Xicotepec	194
Tlapehualita	Xicotepec	423
Tacubaya	Xicotepec	316
Nuevo Tenancingo	Tlacuilotepec	483
Plan de Ayala	Tlacuilotepec	877
San José	Tlacuilotepec	111
Los Tulipanes	Jalpan	9
La Gloria	Jalpan	227
TOTAL		47567

Nota: Sin considerar Xicotepec, la suma de población es de 12 182 habitantes

Grupos Étnicos

Se estima que en el estado de Puebla viven 820,039 personas (17.7% de la población estatal) adscritas a alguno de los principales grupos étnicos de la entidad el náhuatl, el totonaca, el choco, el mixteco, el mazateco y el otomí. Las 835 comunidades indígenas reconocidas se localizan principalmente en la zona norte, en el suroeste (la denominada Mixteca poblana) y en la parte oriental, limítrofe con el estado de Hidalgo.

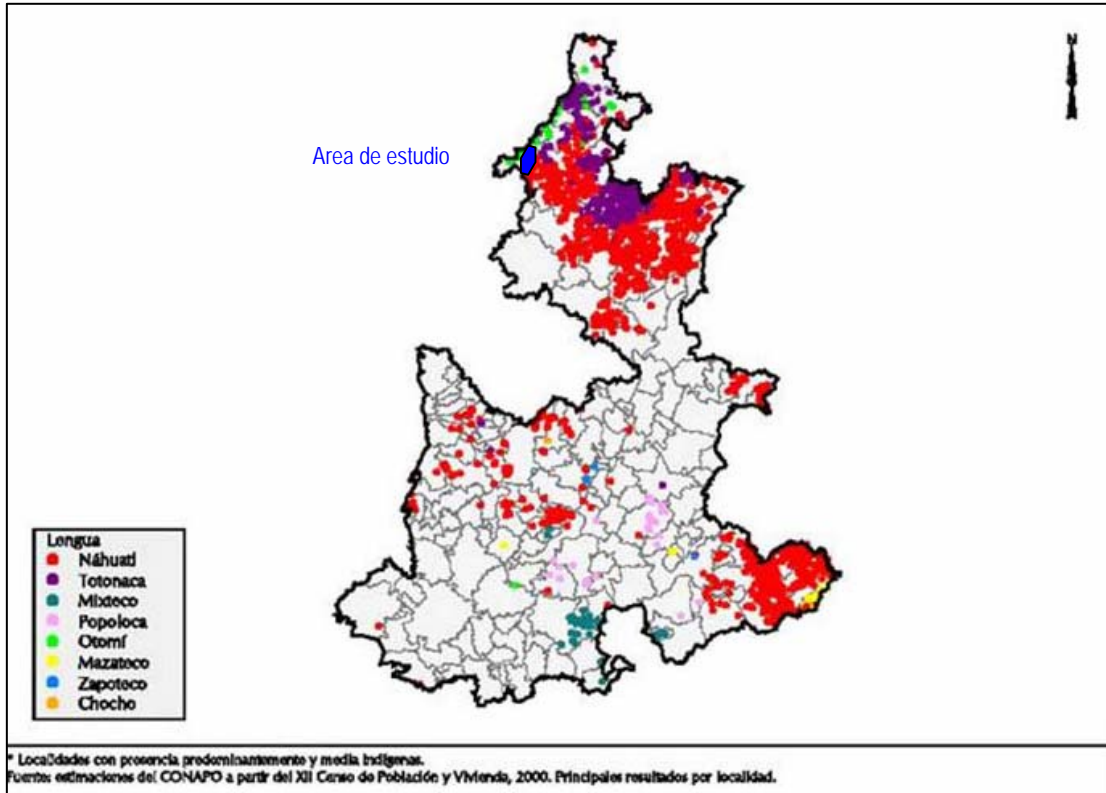


Figura IV.31.- Ubicación aproximada del área de estudio en la zona norte de Puebla

De acuerdo a la reciente actualización de las Regiones Indígenas de México elaborada por el CDI (2006), la región de la Sierra Norte de Puebla y Totonacapan se extiende por los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo, y se encuentra entre las tres más pobladas. La región está ocupada principalmente por los grupos nahua y totonaco, con porcentajes superiores al 40 por ciento de la población indígena; cada uno de ellos representa 53.1 y 44.1 por ciento, respectivamente.

La trayectoria del proyecto se asienta principalmente en municipios con presencia indígena es decir, que aunque predomina la población indígena también existe población mestiza. Sólo Huauchinango corresponde a un municipio catalogado con predominancia indígena (al menos 40 por ciento)

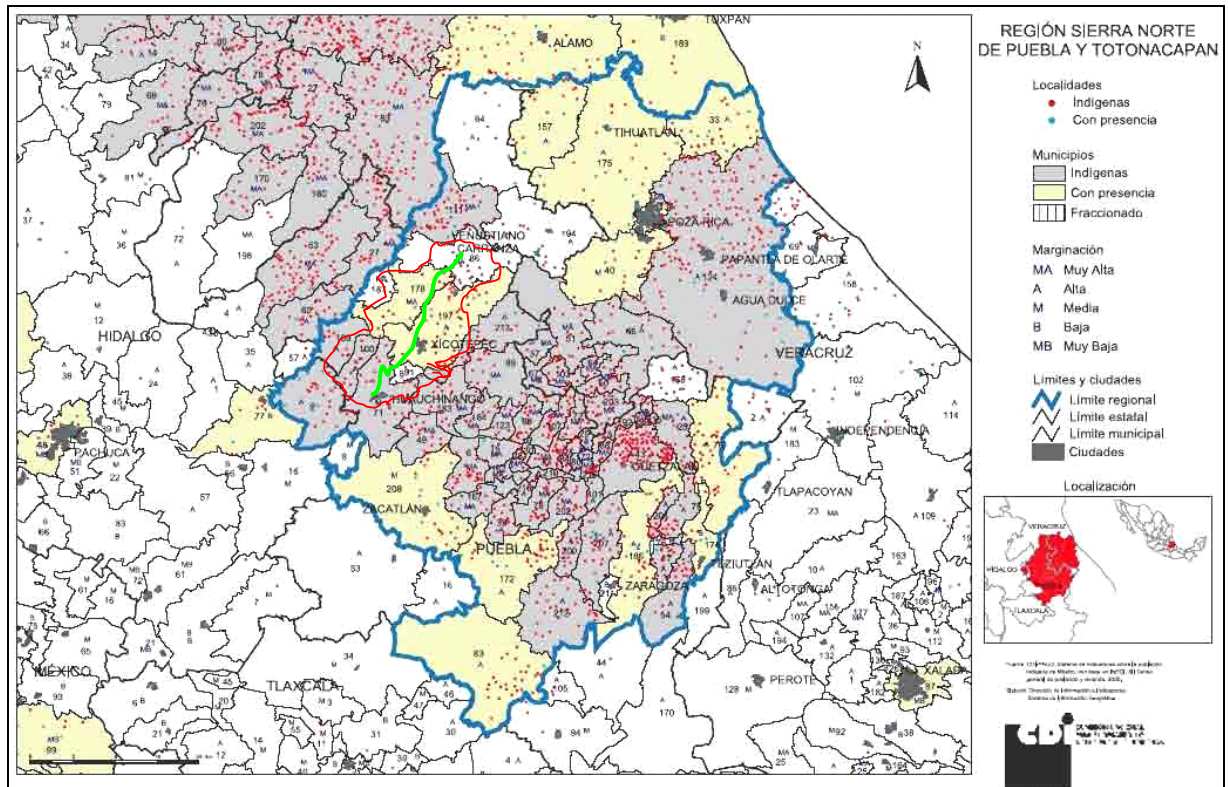


Figura IV.32.- Ubicación aproximada de la trayectoria propuesta (línea verde) en la Región Indígena Sierra Norte de Puebla y Totonacapan

En los municipios involucrados en el SAR la presencia indígena se distribuye también irregularmente, de donde resulta que el municipio con mayor población de habla indígena es Naupan y el menor es Tlaxco; no existiendo relación con su concentración en centros mayores de 2 500 habitantes.

Cuadro IV.32.- Población indígena en municipios del SAR

Municipio	Habitantes 2005	De 5 y más años que hablan lengua indígena %	Lengua predominante
Tlaxco	5324	4.33	Otomi
Tlacuilopec	16798	22.87	Totonaca
Jalpan	12070	10.07	Náhuatl
Pahuatlán	18209	49.63	Náhuatl
Xicotepec	71454	5.45	Náhuatl
Naupan	9748	93.08	Náhuatl
Juan Galindo	9616	12.83	Náhuatl
Zihuatehuitla	12227	34.01	Totonaca
Tlaola	19010	64.30	Náhuatl
Huauhuchinango	90846	25.17	Náhuatl
TOTAL	267 307		

Nota: En sombreado verde municipios por donde cruza el trazo de la carretera propuesta

La introducción de la actual infraestructura carretera en la zona en 194 (carretera estatal No. 130) ha modificado a través del tiempo la distribución de centros de población en el desarrollo de actividades económicas y el acceso a servicios, por lo que necesariamente a influido en la vida de las etnias presentes, que sin embargo se mantienen identificadas plenamente con sus usos y costumbres tradicionales. Dadas estas circunstancias, no se prevé que existan modificaciones significativas en los actuales estilos de vida de los pueblos indígenas establecidos a lo largo de la nueva vialidad propuesta.

Urbanización

Aunque a nivel estatal se observa un predominio del fenómeno de urbanización, incluso con zonas concentradoras conflictivas, (el 68.3% de la población habita en las localidades urbanas) a nivel regional existe un fuerte desequilibrio ya que existen regiones con altos índices de urbanización, mientras otros son rurales en un alto porcentaje. Las regiones predominantemente rurales son las correspondientes a: Sierra Nororiental, Sierra Norte y la Mixteca, que se componen de 108 municipios y 1.4 millones de habitantes (27.2%).

En los municipios del área de estudio se manifiesta también este desequilibrio como se muestra en la distribución porcentual de comunidades urbanas mayores de 2 500 habitantes, según criterio de CONAPO (Cuadro IV.33), ya que sólo en Xicotepec, Juan Galindo y Huauchinango existe población en centros relativamente urbanizados, coincidiendo las localidades más concentradoras, con su cercanía a la carretera 130 a Poza Rica.

Cuadro IV.33.- Población de municipios del SAR concentrada en localidades mayores a 2 500 habitantes

Municipio	Población 2005	Residentes en localidades de 2 500 y más habitantes %
Tlaxco	5324	0.0
Tlacuilotepec	16798	0.0
Jalpan	12070	0.0
Pahuatlán	18209	33.4
Xicotepec	71454	64.6
Naupan	9748	0.0
Juan Galindo	9616	80.0
Zihuatehuitla	12227	0.0
Tlaola	19010	32.3
Huahuchinango	90846	71.1
TOTAL	267307	

Cabe hacer notar que no existe relación de la presencia indígena con su concentración en centros mayores de 2 500 habitantes, ya que por ejemplo, el municipio de Huachinango tiene la mayor presencia de población indígena.

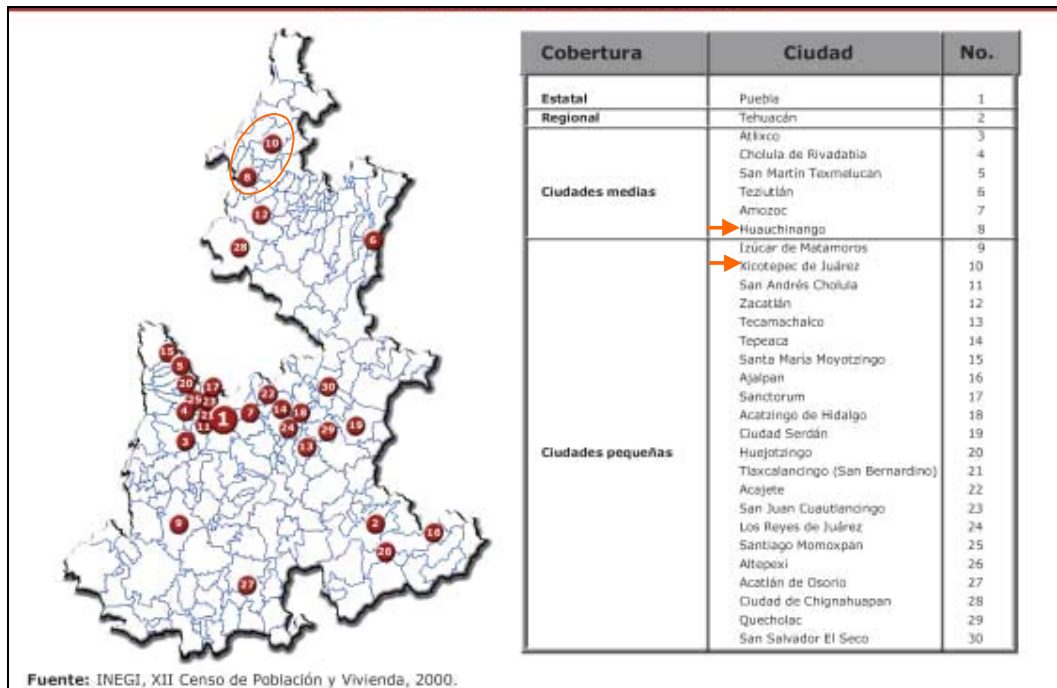


Figura IV.32.- Centros con categoría de ciudad en el área de estudio

Así, los únicos centros de población con categoría de ciudad pequeña (de 15 a 50 000 habitantes) en la zona donde se ubica el proyecto, son Xicotepec de Juárez y Huachinango. Los centros urbanos y rural-urbanos más importantes del área de estudio son

Cuadro IV.34.- Localidades urbanas y rural-urbanas más importantes del SAR y distancia al sitio del proyecto

Localidad	Municipio	No. de habitantes 2000	Distancia al sitio del proyecto km
Huachinango (Cab. Municipal)	Huahuchinango	46671	2.2
Nuevo Necaxa (Cab. Municipal)	Juan Galindo	7698	4.2
Villa Avila Camacho	Jalpan	9367	6.3
Xaltepuxtla	Tlaola	2883	6.7
Naupan	Naupan	1427	8.2
Apapantilla	Jalpan	2129	9.4
Tlaxco	Tlaxco	1424	8.9
Xicotepec de Juárez (Cab. Municipal)	Xicotepec	35385	0.750
TOTAL		108984	

Ver plano con delimitación de SAR y centros de población cercanos al área del proyecto en capítulo VIII

Marginación

El grado de marginación determinado para la Región Sierra Norte en el año 2000 es de Muy Alto. Más de las dos terceras partes de las localidades que componen la región tiene un grado de marginación Alto o Muy Alto; únicamente la sexta parte de la población vive en condiciones de muy baja marginación.

En el ámbito municipal el grado de marginación y los principales indicadores socioeconómicos son los siguientes:

Cuadro IV.35.- Marginación en municipios del SAR (2005)

Municipio	Habitantes 2005	Índice de marginación	Grado de marginación	Lugar estatal*	Lugar nacional**
Tlaxco	5324	0.77577	Alto	51	541
Tlacuilopec	16798	1.02110	Alto	32	392
Jalpan	12070	0.88811	Alto	42	479
Pahuatlán	18209	0.77063	Alto	52	545
Xicoteppec	71454	-0.1265	Medio	158	1306
Naupan	9748	0.80393	Alto	48	524
Juan Galindo	9616	-1.0736	Bajo	212	2086
Zihuatehutla	12227	0.97356	Alto	34	423
Tlaola	19010	1.20124	Muy Alto	25	305
Huahuchinango	90846	-0.38897	Medio	187	1538
TOTAL	267307				

Nota: Nacional 2439 Municipios

Estatal: 217 Municipios

El área donde se asentará el proyecto muestra diversos grados de marginación, donde los que corresponden a Huachinango y Juan Galindo son los de menos marginación, lo cual se explica por su situación geográfica, establecimiento de industrias y vías de comunicación que le ha permitido el desarrollo de actividades económicas, integración regional y acceso a servicios.

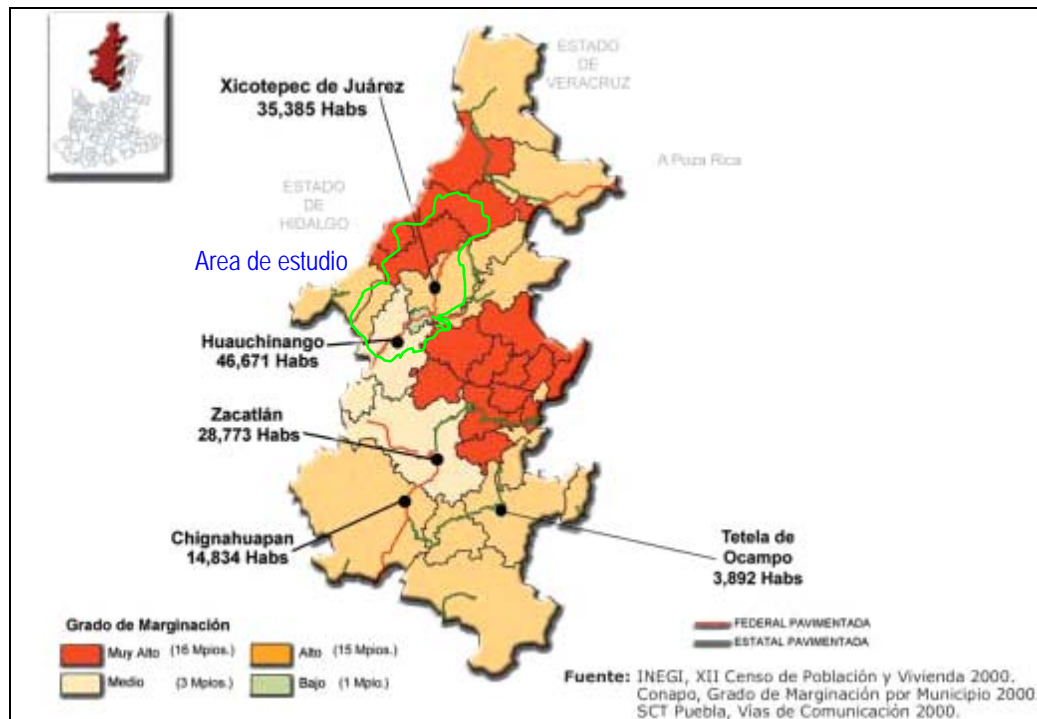


Figura IV.33.- Ubicación de municipios por grado de marginación en la Región Sierra Norte.
(Delimitación aproximada del área de estudio)

Migración

En el ámbito estatal para el año 2000, se tiene una tasa de inmigración del 0.6 y una tasa de emigración del 0.7. Por lo que la tasa neta de migración es del -0.1. Esto es que existe un mayor número de personas que salen del estado ya sea en busca de mejor empleo o mejorar su calidad de vida.

El saldo migratorio intermunicipal es la diferencia entre los inmigrantes, los que llegan a determinado municipio y los emigrantes, o los que lo abandonan, al interior de una misma entidad. Al jerarquizar el saldo absoluto de los municipios, se tiene que en la entidad hay cinco municipios de fuerte atracción. En primer lugar está el municipio de Puebla, ya que entre quienes llegaron y se fueron, esta unidad administrativa ganó 2 492 habitantes. Siguen Amozoc, Cuautlancingo, San Andrés Cholula y Tehuacán, con ganancias de población mayor a mil personas. Por otro lado Cuetzalan del Progreso, Lafragua, Atlixco, Zacapoaxtla y Chalchicomula de Sesma son municipios de fuerte expulsión, ya que figuran entre los que más habitantes pierden. En estas categorías no se encuentran involucrados ningún municipio del SAR cuyo saldo migratorio se muestra a continuación.

Cuadro IV.36.- Situación migratoria en municipios del SAR

Municipios	Población total		Diferencia	Emigrantes	Inmigrantes	Saldo migratorio
	1995-2000	2000-1995	2000			
Huauchinango	75 169	83 537	8 368	1 182	1 137	-45
Jalpan	12 082	13 257	1 175	264	363	99
Juan Galindo	8 513	9 301	788	178	160	-18
Naupan	9 519	9 613	94	54	48	-6
Pahuatlán	17 783	18 326	543	102	81	-21
Puebla	1 222 569	1 347 721	125 152	11 712	14 204	2 492
Tlacuilotepec	16 183	17 764	1581	222	162	-60
Tehuacán	190 468	226 258	35 790	2 702	3 713	1 011
Tlaola	15 822	18 233	2 411	175	99	-76
Tlapacoya	5 914	6 502	588	106	81	-25
Tlaxco	5 743	6 271	528	77	77	0
Xicotepec	64 815	70 164	5 349	872	933	61
Zihuateutla	10 983	13 535	2 552	254	121	-133

Es de hacer notar que el área donde se asentará el proyecto corresponde a municipios en equilibrio y sólo Tlacuilotepec corresponde a débil expulsión lo que da un indicador del desarrollo de la zona, muy posiblemente relacionada con la accesibilidad por vías de comunicación y presencia de cultivos de alto rendimiento que requieren mano de obra numerosa, incluso de jornaleros de estados vecinos.

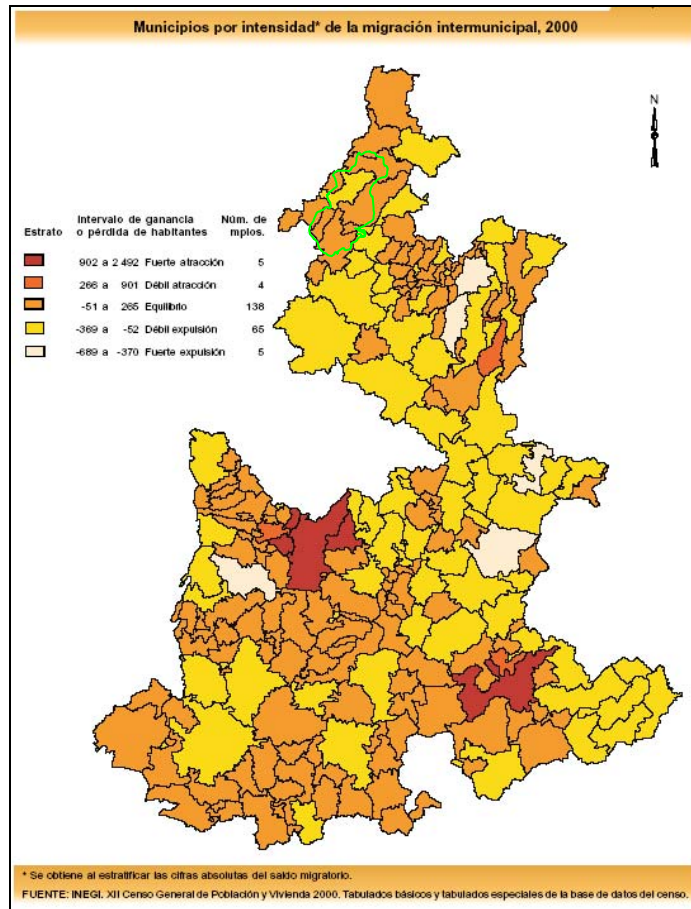


Figura IV.34.- Categoría migratoria de municipios en el estado y SAR (Delimitación aproximada del área de estudio)

Con relación a la migración intermunicipal se tiene que el municipio de Puebla es receptor de 25.3 % de los 56 033 inmigrantes intraestatales. Los municipios de Tehuacán, San Pedro Cholula, Cuautlancingo, Amozoc, San Andrés Cholula, Teziutlán, San Martín Texmelucan y Huauchinango en conjunto, reciben a 16 718 inmigrantes, quienes representan 29.8% del total.

En la zona de estudio principalmente en los municipios de Huauchinango y Xicotepec, hay migración temporal de jornaleros. La migración es propiciada por la presión demográfica sobre la tierra; y se distingue por ser intra e interregional. Los municipios donde se encuentran grandes fincas agrícolas son centros de atracción de jornaleros de los municipios de Xicotepec, Zihuateutla y Jopala. Estos municipios cuentan con una población flotante, sobre todo en temporada de café, proveniente de Veracruz, Oaxaca, Hidalgo y Tlaxcala. (CDI UNAM, 2006) octubre consulta. Con relación a Huauchinango además se considera que el principal factor de atracción es que es un centro con oferta educativa en la región norte del estado.

De la migración internacional se deduce un total de 72 717 emigrantes internacionales de Puebla tienen como destino principal los Estados Unidos de América, con motivos fundamentalmente laboral.

Con las cifras del censo se sabe que, del mes de enero de 1995 a febrero de 2000, los poblanos que han salido del país representan 1.4 % de la población total de la entidad, esa proporción es muy cercana a la registrada en el ámbito nacional, de 1.7 por ciento.

Desde principios de los años 80 los migrantes internacionales de Puebla han ido en aumento. En el territorio estatal se reconocen zonas con tradición migratoria hacia el extranjero, gente que procede principalmente de la Mixteca.

Además de ser en su gran mayoría jóvenes, los migrantes internacionales también son, mayoritariamente, originarios de localidades menos urbanizadas (condición que se da en el área de estudio) 70.8% de los migrantes fueron referenciados en asentamientos menores de 15 000 habitantes, la mitad de ellos en asentamientos con menos de 2 500 habitantes, y la otra mitad en poblados más grandes, de 2 500 a menos de 15 000 habitantes.

Si se considera que el sector agropecuario, el cual se asienta casi en su totalidad en zonas rurales, es el que menos perspectivas económicas ofrece, entonces resulta congruente que la mayoría de los migrantes internacionales provengan de localidades con esa característica.

La ejecución del proyecto no afectará significativamente la actual dinámica migratoria. Para la ejecución del proyecto se contratará a trabajadores de las localidades cercanas, por lo que será un impacto temporal benéfico por generación de empleo. No se provocará ningún fenómeno de atracción migratoria al sitio. A mediano plazo la introducción de la infraestructura carretera contribuirá al desarrollo regional, contribuyendo al arraigo de la población en sus localidades.

DESARROLLO SOCIAL

Servicios Públicos en la Región Sierra Norte

En la Región Sierra Norte la cobertura de servicios básicos es la más deficiente con relación a las demás regiones del estado (7), pues ocupa el cuarto lugar en drenaje, el sexto lugar en seguridad social y electrificación, y el séptimo lugar en agua potable. Además, en materia de salud, cuenta con 0.92

médicos por mil habitantes, esto la ubica por debajo de la media estatal que es de 1.12, concentrando sólo la décima parte de los médicos de todo el estado. PED

Vivenda y servicios

En los municipios involucrados en el SAR la calidad de la vivienda por predominancia de materiales puede catalogarse como baja, básicamente existentes en municipios con población predominantemente rural, aunque estas características no son homogéneas en la zona, así se distingue el municipio de Juan Galindo por su alta cobertura de servicios y calidad de vivienda. Huauchinango por su tamaño involucra ambas situaciones (rural-urbana). Un indicador del nivel de la región lo da el hecho de que mientras en el municipio de Puebla el porcentaje de viviendas con piso de tierra es de 2.19, en todos los municipios, excepto el de Juan Galindo, este porcentaje es mayor a 18 por ciento, incluso de 54.3 en el caso de Tlaola.

Cuadro IV.37.- Servicios en viviendas de municipios del SAR (2005)

Municipio	Total	Con energía eléctrica (%)	Con agua entubada (%) ^a	Drenaje (%) ^b	Ocupantes por vivienda	Ocupantes en viv con piso de tierra
Huauchinango	20 184	97.9	81.2	67.7	4.4	20.33
Jalpan	2 642	91.0	45.6	55.1	4.5	28.15
Juan Galindo	2 315	98.1	96.1	88.4	4.0	4.83
Naupan	2 020	96.5	86.9	74.8	4.8	28.92
Pahuatlán	4 113	91.2	79.6	63.5	4.4	24.97
Tlacuilotepec	3 709	92.1	45.9	39.3	4.5	44.83
Tlaola	3 874	95.4	70.5	51.4	4.9	54.3
Tlaxco	1 208	85.3	57.0	25.6	4.4	19.05
Xicotepec	15 433	96.9	74.0	78.9	4.6	18.81
Zihuateutla	2 529	92.2	59.4	57.4	4.8	38.62

Vías y medios de Comunicación

La parte norte del estado está comunicada por la carretera federal No. 130 que sale por las pirámides de Teotihuacán rumbo a Tulancingo, Hidalgo, entra en territorio poblano por Huauchinango, en donde sigue hacia el noreste y comunica a las localidades de Xicotepec de Juárez, Petlacotla y Piedras Negras con Poza Rica, Veracruz. La carretera federal libre No. 129 da acceso a la zona centro-noreste; parte de la ciudad de Puebla y liga a Amozoc, Nopalucan, Oriental, Libres, Zaragoza y Teziutlán con el vecino estado de Veracruz-Llave.

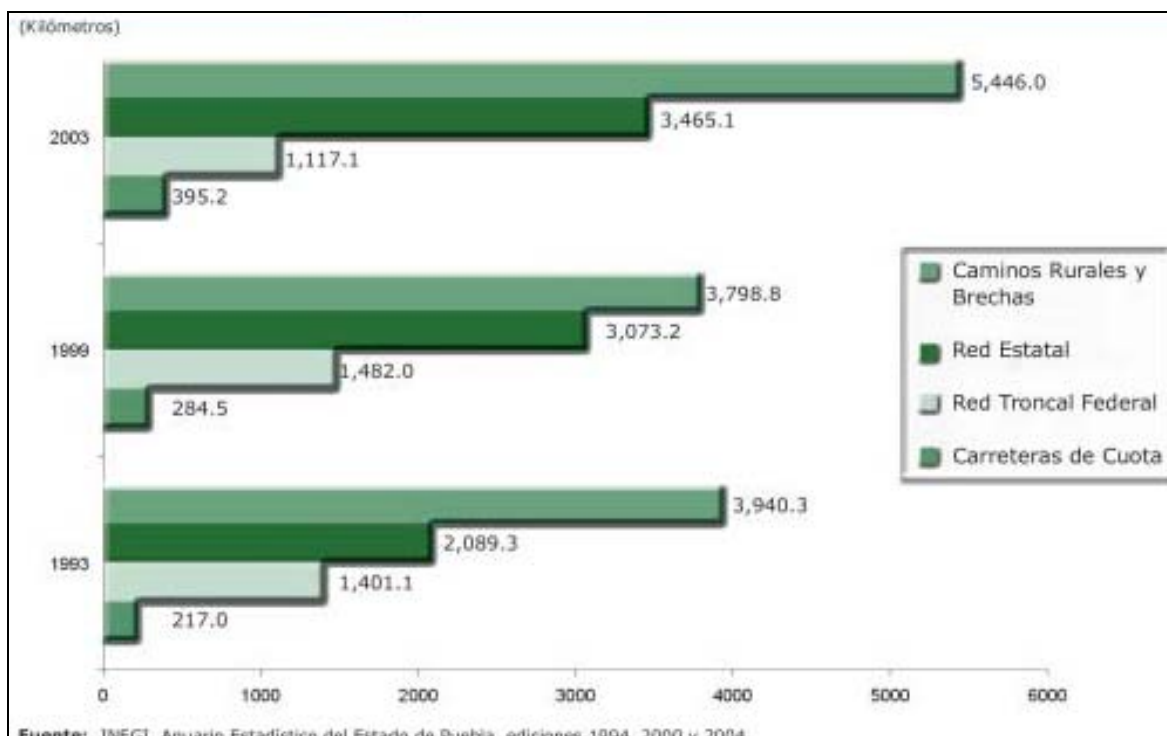


Figura IV.35.- Infraestructura vial en la Región Sierra Norte

Cuadro IV.38.- Oficinas postales por municipio de adscripción 2002

Municipio	Total	Administraciones	Sucursales	Agencias	Expendios	Otros
Huauclilla	27	1	1	3	2	20
Xicotepetlac	12	1	1	9	0	1
Total	1,063	54	21	519	69	398

Cuadro IV.39.- Aeropuertos, aeródromos y longitud de pistas de aterrizaje por municipio en el 2002

Municipio	Aeropuertos	Longitud de pista (metros)	Aeródromos	Longitud de pista (metros)
Total	2	NA	3	NA
Amoxoc	0	0	1	300
Atlixco	0	0	1	850
Huejotzingo	1	3,600	0	0
Tehuacan	1	2,000	1	1,149

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Puebla del año 2003

Educación

La oferta en infraestructura educativa en la zona de estudio la concentran Huahuchinango y Xicotepec muy por encima del los demás municipios involucrados en el SAR. Huahuchinango cuenta incluso con una Normal Superior, con una población escolar de 300 alumnos. De igual manera el municipio de Juan Galindo tiene también baja tasa de analfabetismo (11.5 %)

Cuadro IV.40.- Escuelas y personal docente por nivel educativo en el 2002

Cve	Municipio	Preescolar		Primaria		Secundaria		Prof. medio		Bachillerato		Total	
		Esc.	Prof.	Esc.	Prof.	Esc.	Prof.	Esc.	Prof.	Esc.	Prof.	Esc.	Prof.
071	Huahuchinango	60	158	67	434	31	342	3	63	12	182	173	1,179
086	Jalpan	25	29	36	90	10	35	0	0	2	11	73	165
091	Juan Galindo	6	19	5	49	2	9	1	11	2	39	16	127
100	Naupan	12	18	15	53	8	26	0	0	2	10	37	107
109	Pahuatlán	25	40	25	115	11	45	0	0	7	33	68	233
178	Tlacuilotepec	31	40	38	104	16	48	0	0	2	6	87	198
183	Tlaola	21	34	27	100	10	34	0	0	1	2	59	170
187	Tlaxco	7	9	19	44	5	15	0	0	2	16	33	84
197	Xicotepec	60	116	70	361	28	204	2	32	13	90	173	803
213	Zihuateutla	22	28	23	87	12	37	0	0	3	10	60	162
Estado		3,965	8,336	4,478	26,851	1,819	15,807	149	2,080	756	9,167	11,167	62,241

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Puebla, del año 2003.

a/ Incluye personal directivo con grupo

b/ La cuantificación de escuelas esta expresada mediante los turnos que ofrece un mismo plantel y no en términos de planta física.

Salud

La infraestructura existente cubre en parte los servicios de salud que requieren los habitantes en el área urbana; se presta a través de hospitales generales de la Secretaría de Salud (SSA), clínicas del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y unidades médico-familiares del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); en el área rural a través de puestos periféricos del ISSSTE, centros de salud y unidades familiares del Seguro Social.

Cuadro IV.41.- Escuelas y personal docente por nivel educativo en el 2002

Municipio	Total	Seguridad Social				Asistencia Social					
		IMSS	ISSSTE	ISSSTEP	PEMEX	HNP a/	IMSS O. b/	SSA	HU-BUAP c/	DIF	CRM d/
Huachinango	20	1	1	1	1	0	3	13	0	0	0
de consulta externa	17	1	0	1	0	0	3	12	0	0	0
de hospitalización general	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Jalpan	5	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0
de consulta externa	5	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0
Juan Galindo	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
de consulta externa	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Naupan	6	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
de consulta externa	6	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
Pahuatlán	8	0	1	1	0	0	3	3	0	0	0
de consulta externa	8	0	1	1	0	0	3	3	0	0	0
Tlacotepec de Benito Juárez	6	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0
de consulta externa	6	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0
Tlaola	7	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0
de consulta externa	7	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0
Tlaxco	4	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
de consulta externa	4	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
Xicotepec	14	1	2	2	0	0	3	6	0	0	0
de consulta externa	13	1	2	2	0	0	2	6	0	0	0
Zihuateutla	7	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0
de consulta externa	7	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0

DESARROLLO ECONÓMICO

Economía en la Región Sierra Norte

La economía de la región Sierra Norte se basa en la actividad agropecuaria, irradiando su influencia a estados vecinos, ya que un alto porcentaje de los excedentes de producción agropecuaria y forestal son absorbidos por los estados de Hidalgo y Veracruz.

Los principales cultivos de temporal son el café, maíz, naranja, avena, forraje, cebada, manzana, chile verde, plantas de ornato y durazno. En las escasas áreas de riego predomina el maíz y el frijol.

La región Sierra Norte es de las más sobresalientes del estado en cuanto a actividades ganaderas, destacando la producción del ganado bovino y ovino, lo que representa una importante área de oportunidad para la región.

El sector agropecuario muestra problemas por una fuerte presencia del cultivo de café, agua contaminada por beneficios cafetaleros y descargas de drenaje sanitario, deforestación acelerada por la tala excesiva y el uso inadecuado del suelo, bajos rendimientos agrícolas y escasa competitividad, manejo inadecuado de huertas, excesivo intermediarismo, deficiente manejo del ganado ovino y bovino, además de mala calidad genética de las especies. Adolece de un programa para el establecimiento de praderas, y hay limitaciones de mercados. (Gobierno del Estado de Puebla, 2006)

Con casi 2 mil unidades económicas, la participación del sector industrial en la economía de la región es muy limitada, al concentrarse tres cuartas partes de esas unidades en 6 municipios. Por el valor de producción, destacan la incipiente industria manufacturera, los productos alimenticios, bebidas y tabaco, y la industria de la madera y sus productos. La actividad comercial y de servicios está compuesta por alrededor de 10 mil unidades económicas, entre las que destaca el comercio al menudeo, que concentra casi tres cuartas partes del valor económico de la rama respectiva. No cuenta con ningún centro de acopio, ni rastros Tipo Inspección Federal, y dispone de 4 centros receptores de productos básicos, 18 mercados públicos y 37 tianguis tradicionales.

Principales Sectores, Productos y Servicios en el ámbito municipal

Agricultura

La actividad predominante de la zona de estudio es la agricultura, aunque con altos rendimientos sólo se da el caso del cultivo de café en Xilotepec, Zihuateutla y Tlacuilotepec, principalmente, además de maíz, cítricos y plantas de ornato, esto último en los municipios de Juan Galindo y Huauchinango. También hay explotación forestal en Zihuateutla y Xicotepec principalmente.

Cuadro IV.42.- Principales cultivos (2005)

	Sup. Cosechada ha	% Respecto al estado	Vol. de la producción Toneladas	% Respecto al estado
Plantas de Ornato	485	100.0	970.000	100
Café	46,656	63.0	237 130	68.0
Maíz	77 882	16.00	134 306	16.00
Naranja	8 447	50.00	77 329	36.0
Pasto Forraje	765	100.0	23 160	100.0

Fuente: Nota Datos Región Sierra Norte

Sector Pecuario

El sector pecuario es practicado en toda la zona extensivamente

Cuadro IV.43.- Producción pecuaria en distritos cercanas al SAR 2002

Distrito y Municipio	Bovino a/	Porcino	Ovino b/	Caprino c/	Equino d/	Aves		Colmenas e/
						Gallináceas f/	Guajolotes	
1 Huauchinango	194 345	40 160	52 040	7 270	24 620	982 430	19 735	6,794
Ahuazotepec	1 710	1 690	4 230	450	1 220	81 450	700	250
Chiconcuautla	978	2 000	1 200	480	660	26 160	1 100	50
Honey	1 624	5 280	2 680	540	1 050	21 850	780	600
Francisco Z. Mena	35 960	6 100	5 330	200	4 100	61 460	1 050	524
Hermenegildo Galeana	615	1 000	350	125	110	11 180	650	604
Huauchinango	4 435	4 200	4 130	1 380	2 000	300 000	2 550	630
Jalpan	11 485	750	3 290	100	820	71 150	650	100
Jopala	10 250	900	1 050	85	1 120	13 420	1 200	242
Juan Galindo	175	540	200	90	35	4 580	550	50
Naupan	1 610	1 000	1 470	750	900	26 400	700	284
Pahuatlán	2 185	2 150	2 610	1 280	1 150	31 500	1 150	600
Pantepec	22 578	1 760	2 300	130	2 220	41 230	1 600	200
San Felipe Tepatlán	660	520	275	130	275	15 500	650	196
Tlacuilotepec	15 500	1 350	2 000	260	265	46 800	860	252
Tlaola	1 430	1 640	680	100	1 210	32 920	1 150	252
Tlapacoya	4 500	1 210	1 830	90	1 200	31 110	665	258
Tlaxco	7 620	950	3 220	80	720	18 940	570	252
Venustiano Carranza	45 970	3 580	10 200	425	2 650	61 350	960	500
Xicotepec	15 430	2 540	4 120	325	1 915	61 450	1 250	850
Zihuateutla	9 630	1 000	875	250	1 000	23 980	950	100

Industria

Las principales actividades industriales se concentran en Huauchinango, Juan Galindo y Xicotepec. En Huahuchinango destaca la industria extractiva que se desarrolla con la explotación de barita, además del caolín, el sílice, calcita, arcillón.

En la industria de la transformación, encontramos producción de alimentos, bebidas, confecciones, construcción, imprenta, fabricación de muebles y productos de madera, de hule, de metal mecánica y cuero.

Además, es importante mencionar la generación y distribución de energía eléctrica que está en función de la hidrología del municipio. El sistema está formado por 4 plantas: Patlos, Texcapa, Tepexi, y Necaxa; la capacidad instalada es de 125 kilowatts por hora, suministrando energía eléctrica hacia el Distrito Federal, Huauchinango, Zacatlán, etc.

Por lo tanto, constituye una de las zonas con mayores posibilidades de potencial hidroeléctrico, un buen aprovechamiento de éste significaría una mayor producción, tiene gran importancia en el desarrollo de la región.

Piscicultura

La actividad pesquera se da en poca escala en los cuerpos de agua de la Cuenca Necaxa

Turismo

Este es un sector que se encuentra en pleno desarrollo y con gran potencial por los atractivos naturales, en especial en su vertiente de ecoturismo. En la región la Secretaría de Turismo del Gobierno de Puebla ha establecido la Ruta de la Flor (Tetela de Ocampo, Chignahuapan, Zacatlán, Huahuchinango, Juan Galindo, Xicotepec de Juárez y Pahuatlán). Falta oferta de infraestructura hotelera, sin embargo se presenta la siguiente en la zona de interés.

Cuadro IV.44.- Establecimientos de Hospedaje por Categoría en el 2002

Municipio	Total	Cinco Estrellas	Cuatro Estrella	Tres Estrellas	Dos Estrellas	Una Estrellas
Huauchinango	9	0	1	3	3	2
Juan Galindo	3	0	0	0	1	2
Pahuatlán	2	0	0	1	0	1

Comercio

La actividad comercial se desarrolla en toda la zona, pero las localidades concentradoras son Xilotepec y Huahuchinango.

Población Económicamente Activa (PEA) por Sector

La actividad económica de municipio por sector, de acuerdo al INEGI, se distribuye de la siguiente forma:

Cuadro IV.45.- Población Económicamente Activa por sector económico en municipios del SAR (2000)

	Sector Primario %	Sector Secundario %	Sector Terciario %
Huauchinango	33.1	23.3	40.4
Juan Galindo	13.8	46.0	37.2
Naupan	73.4	73.4	16.9
Tlacuilotepec	88.7	3.2	5.3
Jalpan	85.9	4.4	8.7
Tlaxco	86.8	4.1	8.1
Pahuatlán	58.1	20.7	17.0
Xicotepec	39.3	21.0	37.9
Zihuateutla	86.0	4.0	6.9

Fuente: Gob. Edo de Puebla, INEGI

De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa e inactiva de los municipios del SAR se presenta de la siguiente manera:

Cuadro IV.46.- Población Económicamente Activa e Inactiva en municipios del SAR (2000)

Municipio	Población total	P.E.A	Ocupada	Desocupada	Población económicamente inactiva	No especificada
Huauchinango	56 183	27 280	27 025	255	28 755	148
Juan Galindo	6 568	2 789	2 764	25	3 760	19
Naupan	6 128	3 300	3 288	12	2 806	22
Pahuatlán	11 758	6 218	6 203	15	5 498	42
Puebla	986 280	514 783	506 589	8 194	467 920	3 577
Tlacuilotepec	11 690	6 563	6 560	3	5 084	43
Tlaola	11 521	6 788	6 780	8	4 694	39
Tlaxco	4 249	2 729	2 729	0	1 489	31
Xicotepec	46 945	25 949	25 812	137	20 874	122
Zihuateutla	8 743	4 900	4 887	13	3 828	15
Total	3,470,879	1,683,233	1,665,521	17,712	1,775,313	12,333

Fuente INAFED, 2005

Posibilidad de conflictos

No se prevé ningún tipo de conflicto, por la ejecución del proyecto, antes bien es una demanda recurrente de la comunidad, autoridades y sectores productivos previstos en la planeación regional.

Entre los indicadores del desarrollo económico y social se encuentra el grado de integración y articulación entre los municipios. Los puntos de origen y destino de la carretera muestran gran dinamismo económico y poblacional. En la región el crecimiento poblacional esperado es el siguiente:

Cuadro IV.47.- Crecimiento poblacional esperado por municipio.

Municipio	Año		
	2000	2012	2030
Tlaxco	6 271	7 691	8 869
Tlacuilotepec	17 754	21 375	24 225
Jalpan	15 685	15 685	19 549
Pahuatlán	18 326	19 413	18 836
Xicotepec	70 164	83 248	93 837
Naupan	9 613	11 731	13 333
Juan Galindo	9 301	10 254	10 671
Zihuatehutla	13 535	16 161	18 133
Tlaola	18 233	22 275	25 784
Huahuchinango	83 537	95 006	101 096

Uno de los factores promedio que influyen en el potencial productivo de cualquier región es el sistema de transporte de mercancías y pasajeros. Éste se constituye como un elemento estratégico para el desarrollo económico del estado y, desde este punto de vista, determina en parte los costos de producción y distribución de los bienes y servicios. Es un factor fundamental para impulsar la economía y por ende de la integración y bienestar de la comunidad al dar acceso a los servicios.

ATRATIVOS CULTURALES

Huachinango

Monumentos históricos arquitectónicos: El templo Parroquial, cuyas cúpulas son inmensas; el Palacio Municipal y varias casas del Centro.

Históricos: Busto del General Lázaro Cárdenas, José Santos Degollado, Rafael Cravioto Pacheco y Benito Juárez.

Museos: El municipio cuenta con casa de cultura y biblioteca municipal. Fiestas, danzas y tradiciones

Fiestas Populares: Se celebra anualmente la "Feria de las flores"

Artesanías: Bordado de blusas con puntada de relleno y tendido, construcción de cestos con varas de jonote, fabrican el papel amate, en telares de cintura o de pedal se hacen fajas, faldas de enredo, jorongos, chales, quechquemetl; se manufactura calzado, fabricación de mosaicos; del carrizo se fabrican floreros, fruteros y maceteros

Centros turísticos

El cerro de Zempoala, que se encuentra en la cabecera municipal. La Presa de Necaxa o Presa de Tenango se localiza a 10 kilómetros del municipio; el Arbol del Tizoc que se encuentra en Tenango de las Flores a una distancia aproximada de 14 kilómetros; además hay un criadero de truchas en Teopancingo a una distancia aproximada de 15 kilómetros.

Jalpan

Monumentos históricos

Arquitectónicos: Templo parroquial en honor de San Bartolo construido en el siglo XVI.

Fiestas, danzas y tradiciones: Fiestas Populares: El 24 y 25 de agosto fiestas patronales en honor de San Bartolo, misas, rezos, peregrinaciones, procesiones, quema de juegos pirotécnicos, juegos mecánicos, bandas de música, danzas autóctonas y baile popular.

Tradiciones y costumbres: Se conmemora a los muertos el 1 y 2 de noviembre con ofrendas florales y alimentos

Música: Se toca la música de huapangos

Artesanías: Se hacen labores de alfarería, talla de madera y tejidos de lana.

Tlaxco

Monumentos Históricos

Arquitectónicos: Templo parroquial dedicado a San Agustín, data del siglo XIX.

Fiestas, Danzas y Tradiciones:

Fiestas populares: El 28 de agosto es la fiesta dedicada a San Agustín, se celebra con bailes, carreras de caballo, peleas de gallos, juegos pirotécnicos, procesiones y bailes populares y se conmemora la Semana Santa.

Tradiciones y costumbres:

El 1º y 2 de noviembre, celebración de Todos Santos y Fieles Difuntos, con ofrendas y visitas al cementerio.

Música: Huapangos.

Gastronomía Alimentos: Mole poblano, pipián, tamales y tlacoyos Bebidas: Chocolate y café

Centros Turísticos: Existe una fosa de agua para nadar la cual se encuentra a 20 minutos de distancia de la cabecera municipal. Además en la localidad de Cuaxtla se encuentran cavernas y cuevas sin explorar a una distancia aproximada de 20 km.

Pahuatlan

Monumentos históricos

Arquitectónicos: El templo parroquial de Santiago Apóstol, del siglo XVI, ubicado en la cabecera municipal.

Escultóricos: Estatua del General Leandro Valle.

Museos: En el municipio cuentan con casa de la cultura donde se encuentran pinturas y literatura sobre el municipio de Pahuatlán.

Fiestas, danzas y tradiciones: Fiestas Populares: 25 de junio, fiesta Patronal de Santiago Apóstol, Conmemoración Solemne de Semana Santa con misas, rezos, procesiones, juegos pirotécnicos y danzas iniciando con la de los "Tocotines" o "Voladores" la cual se baila al son de una flauta de carrizo llamada chirimia y un pequeño tambor, "Quetzalines", "Tejedores" y "Huehues". Actúan las bandas de música en la cabecera municipal.

Entre los principales atractivos encontramos el 28 de enero una fiesta cívica en memoria del General Lechuga, danzas Acatlaxquis y palo volador donde uno de los participantes se viste de la Malinche.

Tradiciones y costumbres: Se conmemora el 1 y 2 de noviembre a los "muertos", con ofrendas y arreglos florales. Los matrimonios son concertados por los padres. En San Pablito y aunque se casan por la Iglesia, se realizan otras ceremonias ancestrales. El brujo cura "mal de ojo", "comido de agua", "espanto", "tocado por el diablo", "frío" "calor". También se lleva a cabo "la ceremonia o danza del maíz".

Música: La música que es característica en dicho municipio es el huapango.

Artesanías: Se manufacturan toquillas para sombrero; vistosos collares; se hacen bordados a mano y tejidos de lana, se confeccionan cestos de carrizo; se realizan trabajos de lapidación; de talabartería, de tallado de madera y alfarería. Además se elabora el papel ámate que ha dado fama al municipio.

Xicotepec

Monumentos históricos

Arquitectónicos: Iglesia de San Juan Bautista de tipo Gótico construida en el siglo XVI

Arqueológicos: El Adoratorio-Observatorio de Xochipila, construcción prehispánica, de forma apilonada y dos columnas, de 5 metros de altura por 11 de diámetro, para subir a la cúspide cuenta con una escalinata de 7 metros de longitud.

Este santuario indígena se mantuvo pese a las prohibiciones eclesiásticas. En Latinoamérica sólo existen dos centros ceremoniales como este, el otro se localiza en Perú.

Históricos: estatua de Don Benito Juárez y monumento a Venustiano Carranza.

Museos: Cuentan con el Museo Casa de Carranza

Fiestas, danzas y tradiciones

Fiestas Populares: el 24 de junio día de San Juan Bautista con danzas autóctonas día y noche y el 12 de diciembre; se festejan con danzas de "Moros y cristianos" "tocotines" y "negros"

Leyendas: La de Xicotepec, que relata el origen de la Xochipila.

Tradiciones y costumbres: Se invoca a la Xochipila, el martes, para "trabajos negros" y el viernes para hechicería "blanca o buena"

La costumbre de arrojar flores al "pescado de mil colores" para saber sobre las cosechas. Por 1940 se dejó de practicar ésta ceremonia; se conmemora la Semana Santa y el día de Muertos. Del 21 al 30 de marzo se lleva a cabo la feria del café con exposiciones agrícola, ganadera, artesanal, industrial y comercial; del 8 al 13 de abril se celebra la feria de primavera y una exposición regional, y el 24 de noviembre se celebra la fiesta de San Juan, con numerosas danzas

Artesanías: Se manufactura calzado y fornituras para caballo, muebles de madera y mimbre, garzas en madera, blusas bordadas y cerámica en frío.

Trajes Típicos: Se acostumbra el traje de charro y vestido de china poblana.

Gastronomía

Alimentos: Se prepara el pollo y chorizo ahumado, a las brazas, la salsa macha, el chile con huevo, los molotes y cecina de la sierra.

Bebidas: Se elabora el vino de frutas.

Centros turísticos: El centro ceremonial de la Xochipila.

Tlacuilotepec

Monumentos Históricos

Arquitetónicos: Templo parroquial en advocación a Cristo Rey, construido en el siglo XVII ubicado en la Cabecera Municipal.

Fiestas Populares: La Semana Santa se conmemora con feria local, danza de los aztecas o voladores; misas, procesiones; juegos pirotécnicos; el 24 de Agosto fiesta patronal a Cristo Rey, fiesta a San

Bartolomé Apóstol lo celebran con misas, rezos, procesiones, carreras de caballos, quema de juegos pirotécnicos y jaripeos.

Tradiciones y costumbres: Celebran Todos Santos y Difuntos con ofrendas y arreglos florales.

Artesanías: Se hacen trabajos de alfarería, canastas y bordados.

Gastronomía: Alimentos: Mole poblano, tamales, barbacoa, pazcalc, y pipián. Dulces: Conservas de frutas Bebidas: Café y aguardiente.

Centros Turísticos: Existe el Cerro de Piedras con pinturas totonacas en la cabecera municipal.

Zihuatehutla

Monumentos históricos

Arquitectónicos: Iglesia parroquial en advocación al Sagrado Corazón de Jesús, siglo XX; datan del siglo XVI, las ruinas de una iglesia, ubicadas en la cabecera municipal.

Arqueológicos: Las zonas arqueológicas de Acatlán, Tecuantla y Tenquito de Tecorral, con el estado de Veracruz a una distancia de la cabecera límite municipal de 20 kilómetros.

Fiestas, danzas y tradiciones

Fiestas Populares: La celebración principal, es el día de Corpus Christi o al Santo Patrón San Manuelito, que es variable, en el mes de mayo y junio, se realiza con danzas, "Charros", "Quetzales", "El Colorado", "Negritos", "Tejoneros", "San Miguelito", "Santiagueros", misas, peregrinaciones y juegos pirotécnicos.

Tradiciones y costumbres: La Semana Santa se celebra con tradicional veneración; el 1 y 2 de noviembre es la celebración de Todos Santos y Difuntos, ofrendas y visitas al cementerio. Y del 24 al 31 de diciembre la fiesta del pueblo.

Música: Música de viento

Artesanías: Bordado de blusas

Traje Típico: La mujer usa falda larga, blusa blanca con adornos y ceñidor; el hombre viste calzón y camisa de manta, sombrero de palma, huaraches de correa y machete de cinta.

Gastronomía: Alimentos: Mole poblano y tamales de frijol.

Dulces: Conservas de yuca. Bebidas: Chagüiro (aguardiente).

IV.2.1 Factores abióticos

IV.2.1.1. Clima

Debido a la situación geográfica de la región, el clima depende de los vientos alisios provenientes del Golfo de México que van cargados de humedad y, al ascender sobre la Sierra, alcanzan su nivel máximo de condensación, formando nubes que provocan altas precipitaciones. Estas condiciones originan una asociación de tipos climáticos.

La zona de estudio se encuentra influenciada por dos tipos climáticos, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), Huauchinango, Puebla tiene un tipo climático Cb(fm)(e)g, que es considerado como semifrío húmedo, con verano fresco y largo; con oscilación extrema de la temperatura y marcha de temperatura tipo ganges. Hacia el final del tramo carretero, delante de Xicotepec de Juárez, Puebla, el tipo climático es más cálido, clasificado como A(Cb)(fm)(e)gw'', que se define como semicálido húmedo, con verano fresco y oscilación de temperatura extrema, con marcha de temperatura tipo ganges y canícula. Ambos tipos climáticos han influenciado el establecimiento de las comunidades vegetales, por lo que en las zonas semifrías se encuentran establecidas las comunidades de pino-encino y bosque mesófilo de montaña, sobre todo en las porciones altas y cañadas de la sierra. En tanto que el semicálido húmedo se encuentran asociadas las comunidades de selva mediana subperennifolia y encinar tropical (Figura IV.2).



a)



b)

Figura IV.2.- Comunidades vegetales asociadas a los tipos climáticos semifrío húmedo y semicálido húmedo; a) bosque mesófilo de montaña y b) selva mediana subperennifolia, respectivamente.

Debido a las diferencias climática a lo largo del trazo carretero, se optó por caracterizar el clima dentro del SAR considerando la información de tres estaciones, dos correspondientes a los climas extremos a lo largo de la carretera, y una a la zona intermedia, con condiciones de transición entre un tipo climático y el otro. De esta manera, para la porción de la carretera en la zona templada-fría se consideró la estación meteorológica del municipio de Huauchinango (20° 11' N; 98° 03' W) que se encuentra a una altitud de 1,472 msnm y cuyos registros datan de 1961-1990. Además se emplearon los datos de la estación meteorológica de Xicotepec de Juárez (20° 17' y 97° 57') cuya altitud es de 1155 msnm cuyo periodo de registro es de 29 años. Finalmente, como representativa de condiciones climáticas más cálidas y húmedas, se consideró una estación climática cercana a Poza Rica de Hidalgo, ya en el estado de Veracruz, por ser la más próxima a esta porción del trazo.

De acuerdo con la información de las normales climáticas, para la zona de influencia de la estación meteorológica de Huauchinango, al inicio del tramo carretero en cuestión, la temperatura media anual es de 17.4° C, siendo enero el mes más frío (12.8° C) y mayo el mes más caliente (20.9° C). La precipitación anual se establece en 1,947.9 mm y la evaporación total anual es de 2.7 mm. El periodo de lluvias se establece de junio a septiembre y el periodo de secas en los meses de noviembre a mayo.

La zona de Xicotepec (1,155 msnm), en la porción intermedia del tramo, tiene un registro de temperatura media anual de 18.7° C, donde febrero es el mes más frío (14.5° C) y mayo el mes más caliente, con 21.9° C; la precipitación anual es de 3,117.1 mm. El periodo de lluvias se establece de julio a septiembre, en tanto que el periodo de secas es de noviembre a abril. De acuerdo con las graficas ombrotérmicas, para la región de Xicotepec (figura IV.3.b) el periodo de humedad presenta mayor regularidad entre los meses de julio a septiembre con una baja. En el caso de Huauchinango las condiciones de humedad presentan mayor variación en sus valores promedio mensuales con respecto al mes de junio, mientras que para los meses agosto y septiembre la diferencia en la precipitación es menor. (figura IV.3.a).

El tercer diagrama ombrotérmico corresponde a una estación meteorológica que si bien se localiza a cierta distancia del área del proyecto, corresponde a las características climáticas (muy cálidas) que imperan en el trazo entre el kilómetro 175+000 al 178+000. Por ello, y ante la falta de datos de alguna estación más cercana, se consideraron los datos de esta estación como representativos para el área del proyecto. En este sentido, se puede señalar que en este tramo del proyecto predomina un

clima tipo Ax'(w1)(e) w''; correspondiente a un clima muy cálido, subhúmedo con lluvias en verano e invierno y extremosa oscilación de temperaturas medias mensuales, con presencia de canícula en verano. Este clima promueve el desarrollo de una vegetación de encinar tropical y selva mediana subperennifolia, como se señala en apartados más adelante.

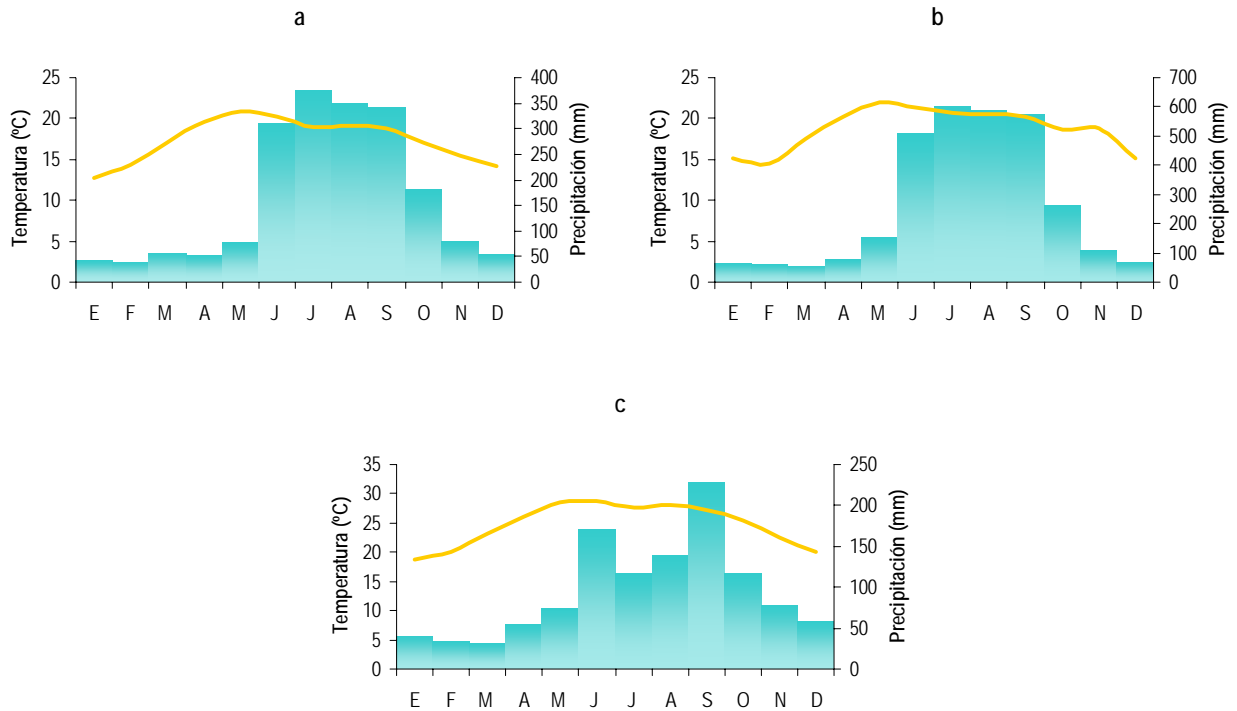


Fig. IV.3.- Gráficas ombrotérmicas que influyen el tramo de la autopista México-Tuxpan entre los km 140+100 al 178+500. Estaciones meteorológicas: (a) Huauchinango, (b) Xicotepec de Juárez, Pue. (c) Poza Rica de Hidalgo, Ver..

En toda la zona de estudio se presenta niebla y tormentas eléctricas, estas últimas ocurren durante los meses de junio y septiembre, con un promedio de seis días al mes. La niebla se presenta durante 35 días al año, entre los meses de octubre a marzo, con un promedio de cuatro días por mes. Otro evento, evidente en el tramo carretero es la incidencia de heladas que van de 4 a 16 días y se establecen entre los meses de noviembre a febrero (INEGI, 1987). En el caso de eventos de sequía, la zona de estudio puede presentar eventos anormales de secas (DO) y sequía moderada (D1), de acuerdo al monitor de sequía de América del Norte (2006).

IV.2.1.2. Geología y geomorfología en el SAR y a lo largo del trazo

Geomorfología

El inicio del tramo de la carretera se ubica en el límite de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana, en la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. El resto del tramo cruza por el Carso Huasteco de la Sierra Madre Oriental.

La zona de estudio se extiende en la región norte del estado de Puebla, desde Huauchinango hasta Villa Ávila Camacho, donde la mayor porción del territorio se encuentra influenciado por el Carso Huasteco. El SAR se encuentra limitado al norte y noreste por la subprovincia llanuras y lomeríos de la llanura costera del Golfo Norte, y al sureste, sur y oeste, con la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac, perteneciente a la provincia morfotectónica de la Faja Volcánica Transmexicana.

El paisaje se encuentra modelado por procesos morfotectónicos-estructurales y volcánicos, por lo que la subprovincia lagos y volcanes de Anáhuac se caracteriza por la presencia de corridas de lava y domos volcánicos (Bikerland, 1999); así como por cenizas volcánicas. Las unidades geomorfológicas que caracterizan esta subprovincia, predominantemente volcánica, son sistemas de lomeríos medios y altos; así como mesetas volcánicas medias, conformando sierras y cañadas (INEGI, 1984).

Debido a la proximidad de esta subprovincia con las llanuras y lomeríos de la Llanura Costera del Golfo, sus topoformas (llanuras) no son evidentes debido a que se encuentran sepultadas bajo materiales volcánicos (brechas volcánicas básicas y ácidas), que forman una capa intemperizada de 3m o más (Figura IV.4a), integrando mesetas que alcanzan hasta los 500 m de altitud (INEGI, 1984).

Las principales unidades geomorfológicas en la zona transicional del Eje volcánico transmexicano y Sierra Madre Oriental, entre el km 140+100 al 145+000 de la carretera, son sierras con laderas escarpadas y pie de monte (Figura IV.4a). Seguindo de éstas, la porción que pertenece al Carso Huasteco, en el sector oriental de la Sierra Madre Occidental, se forma a partir de movimientos tectónicos-estructurales que levantaron sedimentos marinos expuestos a partir de transgresiones marinas. Las estructuras que se formaron a partir del proceso de modelaje son cordones plegados de abiertos a moderadamente plegados y que originan numerosas sierras alargadas y discontinuas con dirección norte-sur (noreste-sureste). Estas condiciones de relieve se encuentran predominantemente entre Nuevo Necaxa y Xicotepec de Juárez, entre los km 145 y el 155, pero persisten hasta el límite con Vill Ávila Camacho, a la altura del km 168+000. A partir de Villa Ávila Camacho, los restantes 10 km del trazo hasta el km 178+500, se ubican en la porción más baja del conjunto morfotectónico de las sierras

plegadas y entre el límite de la provincia de la planicie costera del Golfo de México. Las condiciones del relieve en esta parte del tramo son menos plegadas y dan origen a lomeríos suavemente modelados. En términos generales se puede señalar que las principales unidades geomorfológicas dentro de la unidad fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en el tramo carretero Nuevo Necaxa- Villa Ávila Camacho, son sierras con laderas escarpadas, lomeríos medios con laderas fuertemente inclinadas, lomeríos bajos suavemente modelados y pie de monte ligeramente inclinado (Figura IV.4).



a)



b)



c)



d)

Figura IV.4.- Principales unidades geomorfológicas y de relieve dentro del tramo carretero México-Tuxpan, tramo Nuevo Necaxa-Villa Ávila Camacho, Puebla; a) Unidades de Sierra con laderas superior escarpada convexa, b) lomeríos medios con laderas fuertemente inclinadas; c) lomeríos bajos suavemente modelados; d) pie de monte entre lomeríos altos y medios.

La distribución de las principales unidades geomorfológicas dentro del área de estudio (SAR) se representan en la figura IV.5.

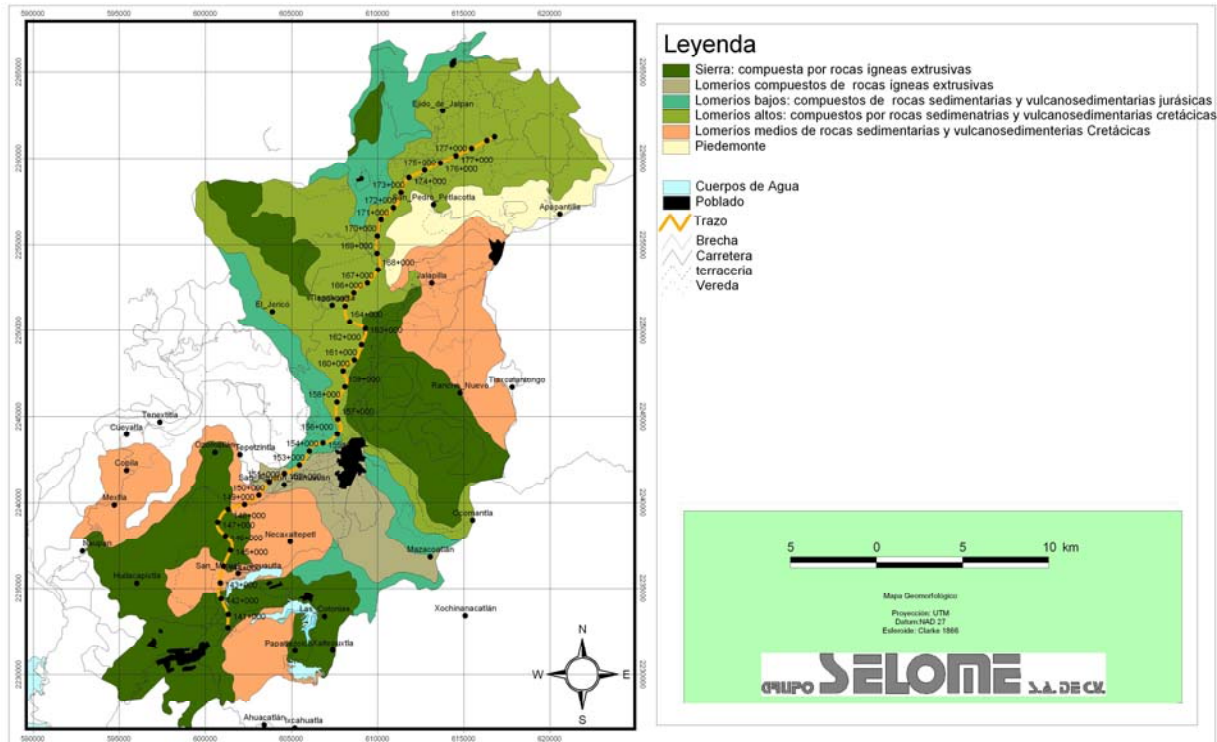


Figura IV.5.- Distribución de las principales unidades geomorfológicas dentro del SAR.

Geología

La Sierra Norte de Puebla y en el Carso Huasteco (Huauchinango, Xicotepec y Ávila Camacho) tuvieron su origen en la era Terciaria temprana, cuando un gran levantamiento formó el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, conocida como orogénesis Laramid. El levantamiento originó que las aguas se depositaron en las partes bajas, como son el Valle de Atlixco, Tepeaca, El Palmar y Valsequillo, principalmente (Ferrusquía-Villafranca, 1998; López, 1982). La geología dentro del SAR se representa en la figura IV.6.

Las rocas dominantes en las estribaciones de la faja transmexicana son del Terciario Superior. La porción de la Sierra Norte de Puebla, entre el km 140+000 y el 142+000 se encuentra compuesta por tobas ácidas asociadas a basaltos de composición dasítica y reolítica, y en algunos casos, los materiales se encuentran fuertemente intemperizados presentándose una tendencia a la formación de caolinita (Figura IV.7.b).

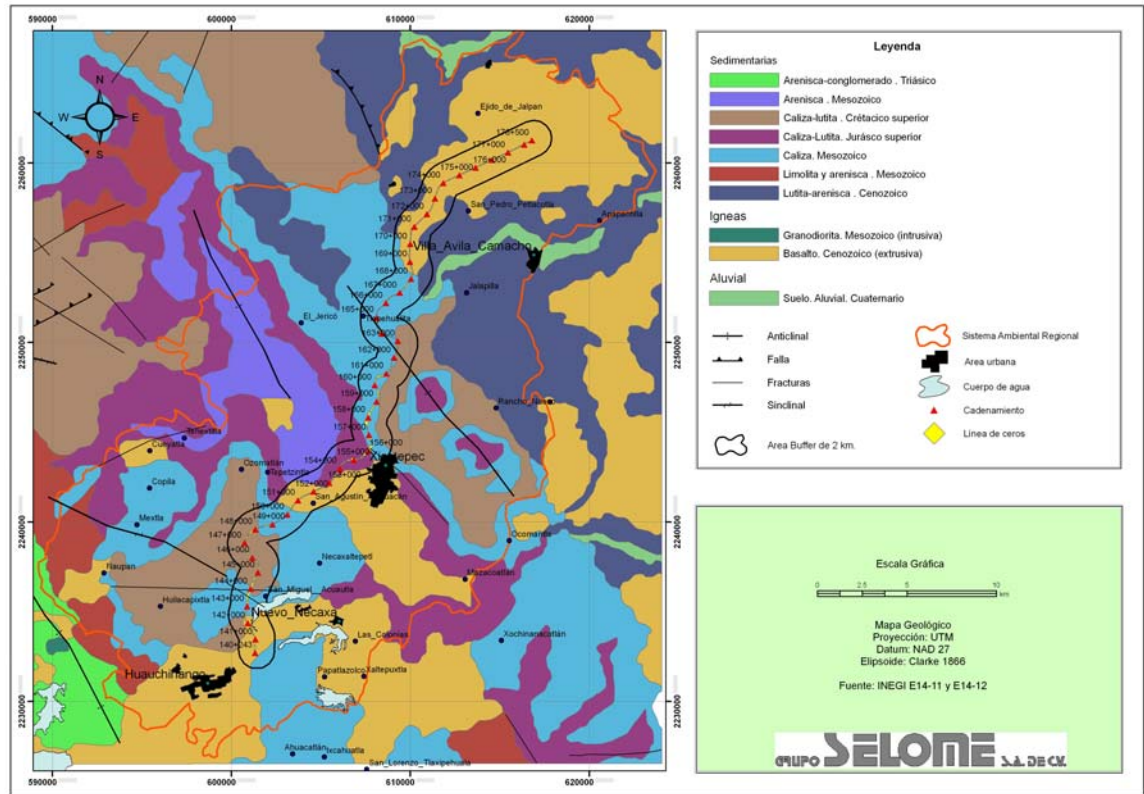


Figura IV.6.- Geología dentro del SAR y a lo largo del trazo de la carretera.

Hacia los siguientes kilómetros del trazo (km 152 al 168), dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental, los materiales pertenecen al mesozoico, y predominantemente son calizas del Cretácico Inferior, acomodadas en gruesas capas, pizarras y calizas intercaladas con lutitas y areniscas; así como rocas sedimentarias marinas del Jurásico. De manera parcial, este material se encuentra sepultado por materiales volcánicos, sobre todo en la zona transicional de la sierra de Huauchinango y Xicotepec. También dentro de esta zona se encuentran sedimentos de origen continental y marinos del Pérmico, los cuales son particularmente abundantes en el municipio de Tihuatlán (INEGI, 1984).

Hacia la región de Villa Ávila Camacho y hasta el final del tramo (del km 168 al 178+500) afloran basaltos del Terciario Superior compuestos por olivinos, piroxenos y andesitas. Estas estructuras se presentan en forma de lavas en bloque o disyunciones prismáticas. Estos pueden presentarse diversos estados de intemperismo desde moderado hasta intenso. Los materiales se encuentran predominantemente plegados (y fallados) en anticlinales y sinclinales.

La secuencia de rocas observada en la provincia de la Sierra Madre Oriental se interpreta como una sedimentación de un mar tropical somero, donde la secuencia de rocas son sedimentos (Figura IV.7.c) e intercalaciones de materiales sedimentarios como lutitas y calizas (Figura IV.7.b). Asimismo en varios cortes se observaron pequeños afloramientos de materiales volcánicos fuertemente intemperizados, y cuyo origen se relaciona con la formación de meseta de San Diego, Veracruz (Medrano com pers.).



a)



c)



b)

Figura IV.7.- Material parental dominante dentro del tramo Carretero de Huauchinango a Ávila Camacho, a) cenizas volcánicas con diferente grado de intemperismo, b) lutitas intercaladas con calizas y areniscas; c) materiales sedimentarios marinos con diferentes grados de intemperismo.

Fallas y fracturas

Las condiciones estructurales de la zona se encuentran asociadas a las sierras occidentales del sector oriental de la Sierra Madre Occidental, por lo que consisten en pliegues abiertos o moderadamente apretados con amplias separaciones, lo que evidencia una fuerza compresiva baja. Debido a esta característica en toda la zona hay una serie de fracturas, que de acuerdo con la carta geológica (figura IV.6), se localizan de la siguiente manera: la primera, en la proximidad de la comunidad de Paltotecoya. Esta fractura de tipo sinclinal lleva un rumbo de noreste-sureste. Otra fractura de tipo normal con rumbo oeste – este se encuentra entre las comunidades de Matlaluca - San Miguel Acuatla – Cuaxicala hacia Necaxaltepec. La ubicación de esta zona de fallas considerando el trazo de la autopista Nuevo Necaxa-Villa Ávila Camacho corresponde a los km 142+500 al 145+000. Otras series de fracturas se encuentran en la comunidad de Xicotepéc de Juárez, cuyo rumbo es de noroeste a sureste, aproximadamente entre los km al 152+ 500 al 162+ 500 del tramo de la autopista Nuevo-Necaxa-Villa Ávila Camacho. Las fracturas son de tipo norma y anticlinal. Además se detectaron en la zona echados de 10 a 80°, que coinciden con la zona de fracturas normales y sinclinales cerca de Nuevo Necaxa. Debido a lo anterior, se considera que estas zonas corresponden a zonas críticas donde se deberán tomar consideraciones especiales debido a la alta posibilidad de inestabilidad en la zona. (INEGI, 1984; SPP, 1984).

Actividad sísmica

En cuanto a la actividad sísmica, toda la zona bajo estudio queda considerada como de actividad media debido a que se encuentra dentro de la zona B, de la Clasificación Sísmica Mexicana (SSN-UNAM, 2000). Esta zona por tanto corresponde a un sitio donde los sismos son poco frecuentes, con aceleraciones de 70% de la superficie terrestre; y de acuerdo con el registro de sismicidad, los movimientos se establecen a una profundidad de hasta 33 km de profundidad de la superficie terrestre (SSN-UNAM, 2000).

IV.2.1.3. Suelos

Las unidades de suelo de acuerdo con los reportes de la cartografía INEGI (1999) son los Cambisoles, Feozems, Regosoles, Leptosoles y Vertisoles, para una escala de 1:250,000. No obstante, a escala detallada, y mediante el trabajo en campo, a lo largo del trazo se determinaron predominantemente, Acrisoles, Luvisoles, en menor proporción, Phaeozems, Cambisoles y Leptosoles (Figuras VI.8 y VI.9). La presencia de esta amplia diversidad de suelos se debe a la complejidad del relieve, condiciones climáticas y al material parental, esto sobre todo se presenta en zonas montañosas como la que nos atañe, donde los procesos geomorfológicos influyen en su desarrollo (Krasilnikov *et al.*, 2005; Birkeland, 1999). De manera general los procesos dentro de las secuencias de suelos en el paisaje muestran que hay una pérdida de materiales y los suelos se desarrollan sobre materiales coluviales frescos o superficies erosionadas frescas (Feldeman *et al.*, 1991). Dentro del sitio de estudio las condiciones geomorfológicas dominantes fueron una sierra compuesta por laderas escarpadas con fuerte pendiente, hasta de 100%, donde las secuencias de suelos encontradas fueron: para la zona de Nuevo Necaxa, Andoseles a Acrisoles (Figura IV.10.a) sobre materiales parentales de cenizas volcánicas, basaltos y riolitas mezclados con lutitas y calizas. Para la zona de Xicotepec se encontró una gran complejidad estructural y de tipo de suelos con las secuencias Acrisoles-Phaeozems, Cambisoles, Luvisoles, Leptosoles-Regosoles (Figura IV.10) sobre Lutitas y calizas. Finalmente, para la zona de Villa Ávila Camacho se presentan Acrisoles sobre basaltos y sedimentos aluviales (Figura IV.10.f).

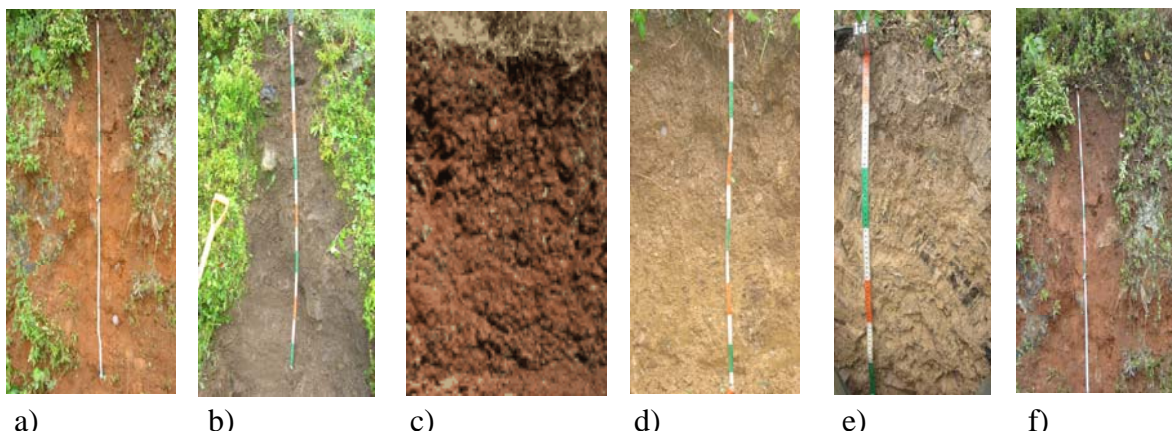


Figura IV.10.- Secuencia de suelos dentro del tramo carretero Huauchinango a Ávila Camacho, Pue., a) Acrisoles, b) Phaeozems, c) Cambisol, d) Luvisoles, e) Leptosoles, f) Acrisoles .

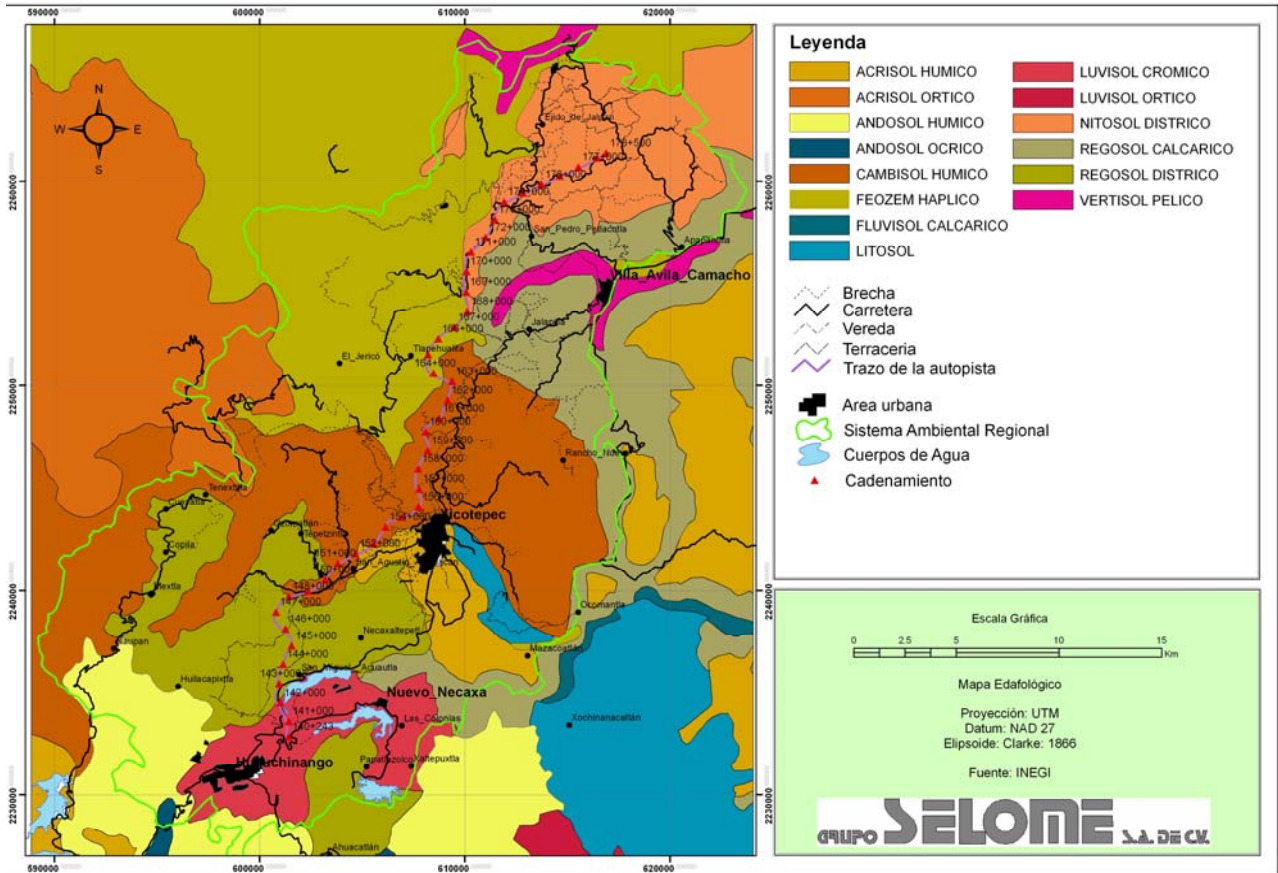


Figura IV.8.- Distribución de los principales tipos de suelos en el SAR.

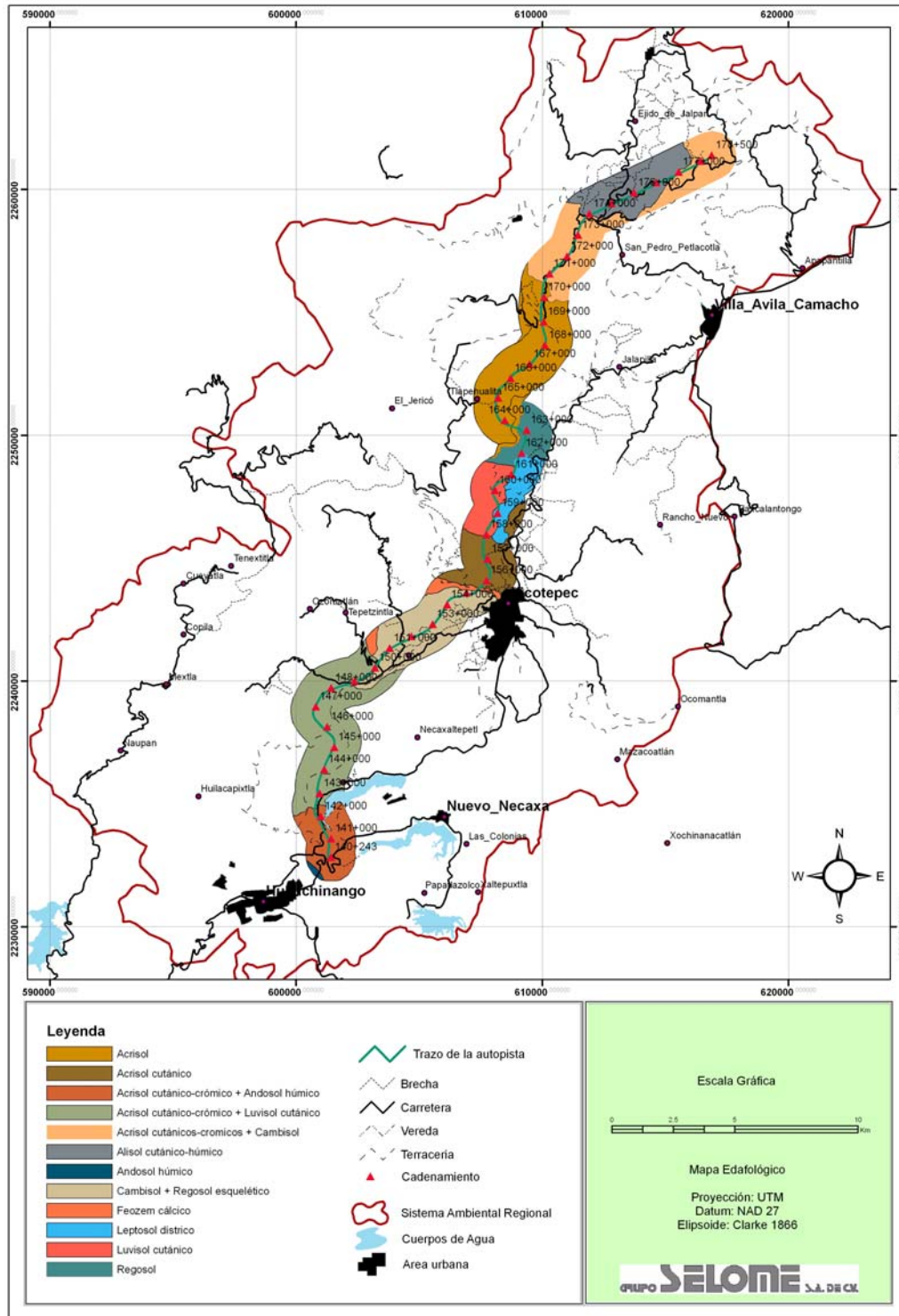


Figura IV.9.- Distribución de los principales tipos de suelos a lo largo del trazo carretero, en una zona buffer de 2 km a cada lado del eje de la carretera proyectada.

La descripción de las características de los principales tipos de suelos a lo largo del trazo carretero se presenta en los siguientes cuadros:

Cuadro IV.2.- Descripción morfológica de un Acrisol cutánico-crómico de San Miguel Acuatla, Puebla, localizado entre 601659 y 2235814 con una altitud de 1484 msnm.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-18	Color pardo oscuro (7.5YR 3/4), fuertemente ácido (pH 4.4), textura franco arcilloso, bloques subangulares y granular de pequeños a medianos, raíces medianas comunes, gruesas pocas y finas, limite claro e irregular
AE	18-24	Color café muy fuerte (7.5YR 4/6 y 7.5YR 5/6), fuertemente ácido (pH 4.6), textura arcillosa estructura en bloques subangulares, cutánes pequeños en las caras de los agregados, baja pedregosidad (5%), pocas raíces, limite claro e irregular.
Bt ₁	24- 62	Color amarillo rojizo (5YR 5/6), fuertemente ácido (pH 4.4), textura arcillosa, bloques subangulares medianos y pequeños moderados con alta estabilidad, cuánes gruesos y abundantes en poros y agregados, Pedregosidad de 20% dominada por saprolitas, raíces muy pocas.
BC1	62 - 114	Color amarillo rojizo (5YR 5/8), fuertemente ácido (pH 4.5), textura arcillosa, bloques subangulares grandes y pequeños moderados y alto desarrollo, cutánes en las caras de los agregados, predregosidad de 30 al 40% dominada por saprofita, pocas raíces, límites irregular.
BC2	114 - 169	Color amarillo rojizo (5YR 5/8), café amarillento (10YR 6/8) y negro (10YR 2/1), fuertemente ácido (pH 4.4), estructura subangular medianos moderados altamente estables, cutánes delgados en las caras de los agregados, pedregosidad del 40 al 50%,.

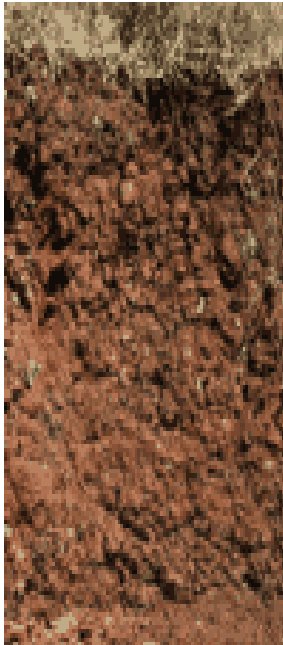


Cuadro IV.3.- Descripción morfológica de un Acrisol cutanico-crómico en la comunidad de Cuittlalcalco, Puebla, localizado entre 601830 y 2239667 con una altitud de 1169 m snm



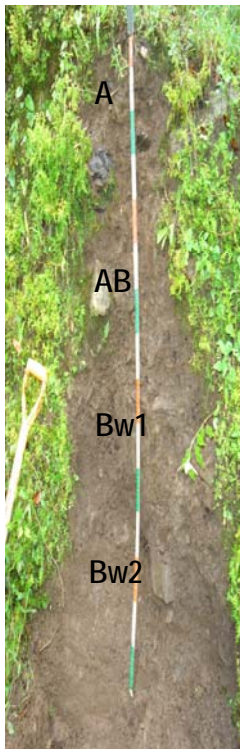
<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Descripción</i>
A	0-33	Color café oscuro (10YR 4/3 a 7.5YR 4/4), fuertemente ácido (pH 5.5), textura franco arcilloso, bloques subangulares y granular de pequeños a medianos moderados altamente estables, poros muchos finos a medianos vesiculares in ped y exped, alta densidad de raíces, limite claro uniforme.
AE	33-67	Colores café fuerte (7.5YR 4/4), fuertemente ácido (pH 4), textura franco arcillo limoso, bloques subangulares medianos a pequeños moderados con alta estabilidad cutánes pequeños en las paredes, baja pedregosidad (5%) dominada por saprolitas. Muchos poros finos a medianos intersticiales in ped, límite claro y uniforme.
Bt1	67-86	Color café fuerte (7.5YR 5/6), fuertemente ácido (pH 4), textura arcillosa, bloques subangulares medianos a grandes moderados con alta estabilidad, cutánes gruesos y abundantes que se encuentran dentro y fuera de los agregados y en poros, pocos poros grandes vesiculares y poros abundantes pequeños a medianos intersticiales in ped y exped, raíces escasas, limite claro y uniforme.
Bt2	86-121	Color café fuerte (7.5YR 5/8), fuertemente ácido (pH 4), textura franco arcilloso, bloques subangulares medianos a grandes fuertes con moderadamente estables, cutánes abundantes y gruesos, poros pocos grandes vesiculares in ped y pocos poros medianos intersticiales in ped y exped, densidad de raíces baja, límites claro uniforme.
BC	121-150	Color café fuerte (7.5YR 5/8), fuertemente ácido (pH 4) textura franco arcillo-limoso, bloques subangulares grandes moderados con alta estabilidad, cutánes abundantes moderados con menor contenido de cutánes continuos moderados, concreciones suaves de hierro, pocos poros grandes vesiculares ex ped y pocos poros pequeños intersticiales ex ped., nulas raíces.

Cuadro IV.4.- Tabla de descripción morfológica de un Cambisol esquelético en Cuetzalingo, Puebla localizado entre 607700 y 2242981 con una altitud de 868 msnm.



<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Descripción</i>
Ap	0-15	Color café muy pálido (10YR 8/3), ligeramente ácido (pH 6), textura franca, estructura granular pequeños y medianos moderados estabilidad media, pedregosidad del 15%, raíces muy abundantes, límite claro uniforme.
Bw	15-24	Color café oscuro (10YR 5/3), ligeramente ácido (pH 6), textura franca, bloques subangulares de medianos a pequeños moderados y estabilidad media, pedregosidad 40%, muchos poros medianos a grandes interesticiales, poros comunes pequeños vesiculares, mediana densidad de raíces, límite difuso uniforme.
BC	> 24	Color café oscuro (10 YR 5/4), ligeramente ácido (pH 6), textura franco arcillosa, bloques subangulares pequeños moderados y estabilidad media, pedregosidad 70%, muchos poros medianos interesticiales y vesiculares, abundantes poros pequeños interesticiales, raíces medianas.

Cuadro IV.5.- Descripción morfológica de un Phaeozem cálcico entre las comunidades de Xicotepec-Los Pinales Puebla, localizado entre **607137** y **2243582** con una altitud de 995 msnm



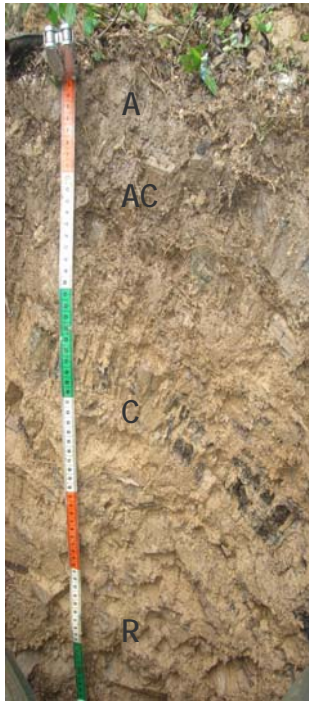
Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-14	Color café amarillento muy oscuro (10YR 3/2), moderadamente alcalino (pH 8), textura franco arcilloso, bloques granular medianos a grandes fuertes con alta estabilidad, CaCO ₃ bajo (0.5 a 2%), pedregosidad 15%, abundantes poros medianos a pequeños intersticiales in ped y abundantes poros medianos y pequeños vesiculares in ped, alta densidad de raíces, limite difuso e irregular.
AB	14-105	Colore café amarillento muy oscuro (10YR 3/2), moderadamente alcalino (pH 8), texto franco arcilloso, bloques subangulares medianos moderados con alta estabilidad, CaCO ₃ bajo (0.5 a 2%), pedregosidad de 50% , abundantes poros medianos intersticiales in ped, abundantes poros pequeños, vesiculares ex ped, pocos poros grandes cilindricos ex ped, densidad media, densidad media de raíces, limite difuso e irregular
Bw1	105-120/135	Color café amarillento muy oscuro (10YR 3/2), moderadamente alcalino (pH 8), textura arcillosa, bloques subangulares pequeños a medianos moderados y granulares pequeños moderados con estabilidad alta, pedregosidad de 5%, CaCO ₃ altos (10 a 25%), muchos poros pequeños y medianos intersticiales in ped y muchosporos pequeños y medianos cilindricos in ep, alta densidad de raíces, densidad media, limite difuso y quebrado..
Bw2	120/135-150	Color café amarillento muy oscuro (10YR 3/2), moderadamente alcalino (pH 8), textura arcillosa, bloques subangulares medianos y grandes moderados con estabilidad alta, pedregosidad de 5%, CaCO ₃ altos (10 a 25%), pocos poros pequeños intersticiales in ped y ex ped, densidad media.

Cuadro IV.6.- Descripción morfológica de un Luvisol cutánico entre las comunidades de Pilas-Tepapatlaxco, Puebla, localizado entre 608014 y 2247560 con una altitud de 763 m snm



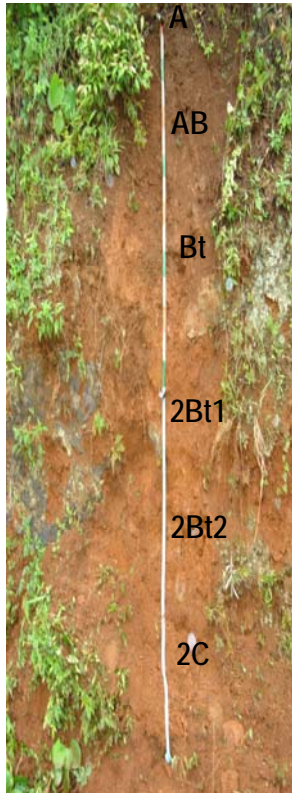
<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Descripción</i>
A	0-29/48	Color café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y café oscuro (10YR 3/3), ligeramente ácido (pH 5), textura franco arcilloso, granular medianos fuertes y bloques subangulares pequeños débil estabilidad alta, pedregosidad 25%, pocos poros grandes cilíndricos ex ped, muchos poros grandes a pequeños vesiculares ex ped y abundantes poros pequeños interesticiales ex ped, baja densidad, densidad de raíces alta, límite gradual quebrado.
AB	29/48- 63	Color café oscuro (10YR 3/3), ligeramente ácido (pH 5), textura franco arcillosa, bloques subangulares medianos moderados con alta estabilidad, cutánes delgados quebrados, pedregosidad 25%, pocos poros grandes cilíndricos ex ped e in ped y muchos poros medianos y pequeños interesticiales in ped y ex ped, densidad aparente media, densidad baja de raíces, límite difuso e uniforme.
Bt ₁	63-90	Color café amarillento oscuro (10YR 4/6), ligeramentente ácido (pH 5), textura arcillosa, bloques subangulares medianos a grandes moderados con alta estabilidad, cutánes gruesos continuos, pedregosidad 15%, muchos poros medianos cilíndricos ex ped e in ped, densidad aparente media, nula densidad de raíces, límite difuso y uniforme.
Bt ₂	90-118	Color café amarillento oscuro (10YR 4/6), ligeramentente ácido (pH 5), textura arcillosa, bloques subangulares grandes a medianos moderados con alta estabilidad, cutánes gruesos continuos, pedregosidad 15%, pocos poros medianos y pequeños cilíndricos ex ped e in ped, pocos poros medianos y pequeños vesiculares in ped y pocos poros pequeños interesticales in ped y ex ped, densidad aparente media, nula densidad de raíces, límite difuso y uniforme.

Cuadro IV.7.- Descripción morfológica de un Leptosol distrito entre las comunidades de las Pilas-Tepapatlaxco, Puebla, localizado entre 608072 y 2247416 con una altitud de 804 m snm



<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Descripción</i>
A	0-11	Color café amarillento (10YR 3/2) ligeramente ácido (pH 5), textura arcillo limosa, estructura granular pequeña a mediana moderada altamente estable, muchos poros grandes y pequeños interesticiales y vesiculares ex ped, pedregosidad del 35%, raíces pocas abundantes, densidad media, limite difuso uniforme.
AC	11-22	Color café oscuro (10 YR 5/3), fuertemente ácido (4.5), textura arcillo limosa, bloques subangulares medianos a grandes moderados de medianamente estables, muchos poros grandes y medianos vesiculares, pocos poros interesticiales pequeños in ped y ex ped, pedregosidad 45%, densidad media, baja densidad de raíces, densidad aparente media, limite difuso uniforme.
C	22-53	Color café amarillento oscuro (10 YR 4/4), fuertemente ácido (pH 4.5), textura arcillo limosa, bloques subangulares pequeños y medianos moderados de estabilidad media, muchos poros grandes interesticiales, muchos poros medianos y pequeños vesiculares ex ped, pedregosidad 65%, densidad media, nula densidad de raíces, limite
R	53-80	

Cuadro IV.8.- Descripción morfológica de un Alisol cutanico-humico entre las comunidades de Xicotepec-Los Pinales Puebla, localizado entre 607137 y 2243582 con una altitud de 995 msnm.



<i>Horizonte</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Descripción</i>
A	0-10	Color café muy fuerte (10YR 2/2), ligeramente ácido (pH 5), textura arcillosa, bloques subangulares pequeños moderados con alta estabilidad, muchos poros interesticiales ex ped y muchos poros grandes tubulares ex ped, densidad aparente alta, alta densidad de raíces, abundantes poros medianos a pequeños interesticiales in ped y abundantes poros medianos y pequeños vesiculares, alta densidad de raíces, limite claro y quebrado.
AB	10-40	Colore café rojizo oscuro (5YR 3/2 y 5YR 3/3), ligeramente ácido (pH 5), texto arcillosa, bloques subangulares pequeños y medianos moderados con alta estabilidad, cutánes delgados en las paredes de los agregados, pedregosidad de 25%, muchos poros grandes y pequeños interesticiales ex ped y muchos poros grandes tubulares ex ped, densidad aparente alta densidad de raíces, limite difuso e uniforme.
Bt	40-80	Color café rojizo (5YR 4/4), fuertemente ácido (pH 4), textura arcillosa, bloques subangulares pequeños a medianos moderados con estabilidad alta, cutánes difusos delgados en poros, pedregosidad de 5%, poco poros grandes a medianos tubulares ex ped y comunes poros pequeños intersticiales ex e in ped. Densidad aparente alta, alta densidad de raíces, limite claro y quebrado.
2Bt	80-170	Color café rojizo (5YR 4/4) a rojizo amarillento (5YR 4/6), fuertemente ácido (pH 4), textura arcillosa, bloques subangulares medianos y grandes moderados con estabilidad baja, cutánes delgados y moderados en la cara de los agregados, pedregosidad de 25%, muchos poros medianos tubulares ex ped e in ped, densidad baja, limite difuso y uniforme.
2Bt2	170-230	Color rojo (2.5YR 4/6), fuertemente ácido (pH 4.5), textura arcillosa, bloques subangulares medianos y grandes moderados con moderada estabilidad, cutánes delgados continuos en la cara de los agregados, pedregosidad del 15%, muchos poros grandes tubulares ex ped y pocos poros pequeños interesticiales ex ped e in ped, densidad aparente muy baja, limite difuso y uniforme.
C	> 230	Roca intemperizada

Características de los suelos en el SAR.

Los Acrisoles se caracterizan por presentar un horizonte B grueso con un alto contenido de arcillas, mayor al horizonte que le subyace, con evidencias de procesos de iluviación así como la presencia de cutánes gruesos (Deckers, 1989). Los suelos que se establecen en las laderas de las cañadas entre el km 141 a 151 del tramo carretero Nuevo Necaxa a Ávila Camacho fueron predominantemente Acrisoles. Estos se desarrollan sobre una corteza de intemperismo predominantemente de lutitas-arcillosas. Los Acrisoles cutánico-crómico se caracterizan por presentar horizonte orgánico de color pardo claro, moderadamente profundos (Deckers, 1989), se establecen sobre laderas con vegetación de tipo mesófila y en laderas bajas, donde se dan procesos de acumulación de sedimentos, km 153 en la comunidad de Cuaheyatla. En los sitios de pastizales el horizonte orgánico oscuro del Acrisol cutánico-crómico presenta menor grosor, km 146 (ver cuadros IV.2, IV.3).

La porosidad de los Acrisoles es predominantemente alta formada por macroporos en la superficie y microporos en las horizontes profundos. El volumen total de poros del suelo es mediano en todo el perfil; la presencia de una textura pesada, una densidad media; contenido y porcentaje de materia orgánica aproximado de 1% disminuye el espacio poroso total. En el horizonte Bt se presenta un movimiento lento de agua que causa una baja capacidad de aireación. La cantidad de agua disponible para las plantas es baja, en tanto que la capacidad de retención de agua por el suelo contra la fuerza de gravedad (Sibe et al., 1996) es mediana. La capacidad de pérdida del agua moderada así como los solutos en la solución lo hace moderadamente susceptible a cambios de temperatura lo cual beneficia a los cultivos en temporada de heladas; aunque tiene una tendencia a aumentar su temperatura lentamente (Siebe et al., 1996).

Los Cambisoles son suelos con moderado volumen total de poros, debido a la textura media, una buena estructuración y densidad de baja a moderada. Estas características además propician una moderada aireación y disponibilidad de agua para las plantas. El suelo tiene capacidad de retención de humedad de media a baja por lo que los solutos asociados a la solución tienen una mayor movilidad. Estos suelos se establecen sobre la corteza de intemperismo después del proceso de la pérdida de los acrisoles por procesos de erosión geológica. En los sitios sobre laderas fuertemente inclinadas, dentro del km 157 al 159, se presenta una zona influenciada por materiales coluviales y aluviales. Estos suelos son caracterizados como Cambisoles esqueléticos; se caracterizan, los primeros por presentar de 40 a 90% de gavas y fragmentos de rocas gruesas se caracterizan por tener roca continua y dura de 20 a 100 cm de profundidad (Deckers, 1989). En estos sitios se establecen cafetales asociados a vegetación secundaria y cafetales en zona cumbral de las montañas (Cuadro IV.4).

Los Phaeozems (INEGI, 1989) se establecen en las cañadas húmedas que se encuentran cubiertos de de vegetación mesófila y bajo uso de suelo de cafetal a la sombra. Estos suelos se caracterizaron por un horizonte superficial de textura franco arcillosa con bloques subangulares de tamaño medio y desarrollo moderado, el color en húmedo es café oscuro. El horizonte B es grueso con textura arcillosa con bloques subangulares gruesos y fuerte desarrollo con un color en húmedo de 10YR 3/2 (Cuadro IV.5). Los Phaeozems presentan alta porosidad y una buena disponibilidad de agua.

Los Leptosoles se caracterizan por tener roca continua y dura de 20 a 100 cm de profundidad; así como Leptosoles dístricos que presentan una saturación de bases menor a 50%, con un contacto lítico (Deckers, 1989). En estos sitios se establecen cafetales asociados a vegetación secundaria y cafetales en zona cumbral de las montañas (Cuadro IV.7). Esto suelos se encuentran limitados en su desarrollo por el material parental son suelos que presentaron un alto contenido horizonte superficial oscuro debido a la acumulación de material orgánico en la superficie. El volumen total de poros es de alta a media, con una alta capacidad de aireación haciendo que se de un mayor movimiento del agua en el suelo y mayor mineralización de la materia orgánica (Siebe et al., 1996; Buckman y Brady, 1991).

Suceptibilidad a la erosión

El grado de erosionabilidad de los Acrisoles y Cambisoles de la región es de media a baja, esto se debe a que el horizonte superficial presenta una textura franca a franca arcillosa, lo cual le confiere una estabilidad y estructura de los agregados de media. No obstante la conductividad hidráulica es de media a baja, lo cual aumenta la susceptibilidad a la erosión en estos suelos bajo condiciones de alta precipitación. Motivo de ello, en los sitios con Acrisoles se encontraron fuertes evidencias de erosión en surcos, terrazas y cárcavas, en menor proporción, debido al pastoreo y aumento de la susceptibilidad a la erosión por la pérdida de cobertura vegetal. Los sitios con una mayor susceptibilidad a la erodabilidad son los sitios que presentan un manejo intensivo agrícola o pastizales (Siebe et al., 1996).

Asimismo, debido a los altos contenidos de arcilla en los horizontes subsuperficiales de la mayoría de los suelos en el área de estudio, se estima que la susceptibilidad a la pérdida de material al remover la cobertura vegetal puede ser muy alta. Particularmente si el desmonte y despalme se realizan durante las temporadas de lluvia. Esta condición deberá tomarse en cuenta al momento de realizar las obras de construcción de la carretera.

IV.2.1.4. Pendiente del terreno

La gran complejidad geológica y geomorfológica del área de estudio ha traído como consecuencia una gran variabilidad en la inclinación del terreno. El área de estudio se caracteriza por ser un sistema de sierras y cañadas con fuertes pendientes, de más de 36° que restringen la penetración antrópica en diversos puntos (figura IV.11). Las pendientes son particularmente fuertes entre las localidades de Huauchinango y Jalapilla, Ozomatlán a Cueyatla hacia el Oeste, y de Ocomantla a Rancho Nuevo hacia el Este. Como zonas de baja pendiente (<15°) dentro del SAR podemos señalar la zona al sur de Xicoteppec, la zona inmediata a Nuevo Necaxa y Huauchinango, y la zona al norte de Villa Ávila Camacho.

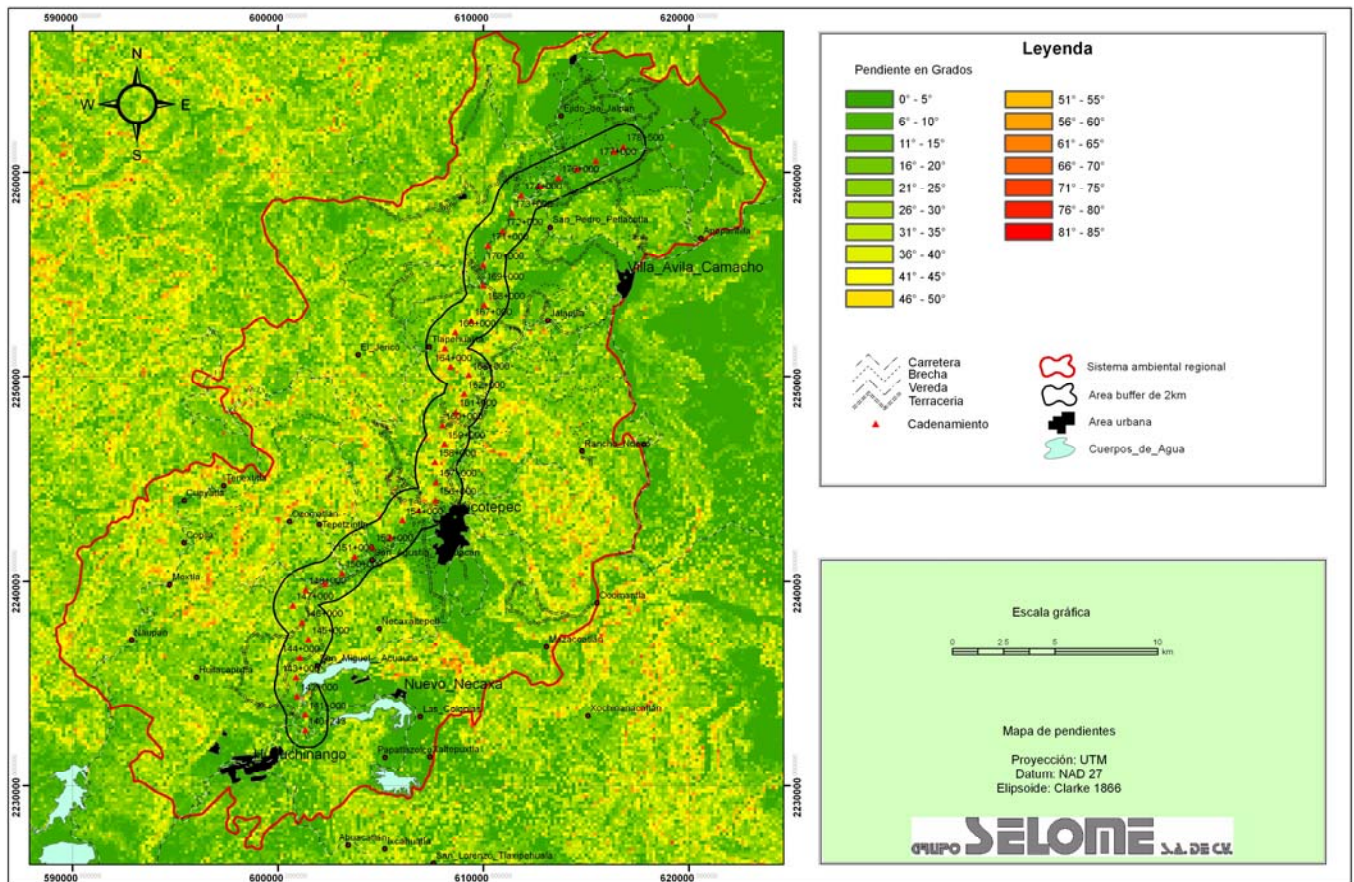


Figura IV.11.- Distribución de pendientes dentro del Sistema Ambiental Regional.

A lo largo del trazo de la carretera propuesta se pueden identificar tres zonas principalmente (figura IV.12): una con muy fuertes pendientes, entre los kilómetros 154+000 al 169+000, con pendientes que incluso superan los 50°; una zona con moderadas pendientes 143 al 154, y algunas zonas con pendientes bajas <10° (zonas planas), como las que se observan entre los kilómetros 140 a 142, el 150 al 154, y el 170 al 178.

De forma particular, la zona de fuertes pendientes representa una zona donde los procedimientos constructivos de la carretera deberán tomar particulares consideraciones para prevenir importantes deslizamientos de material durante la construcción de terraplenes y cortes.

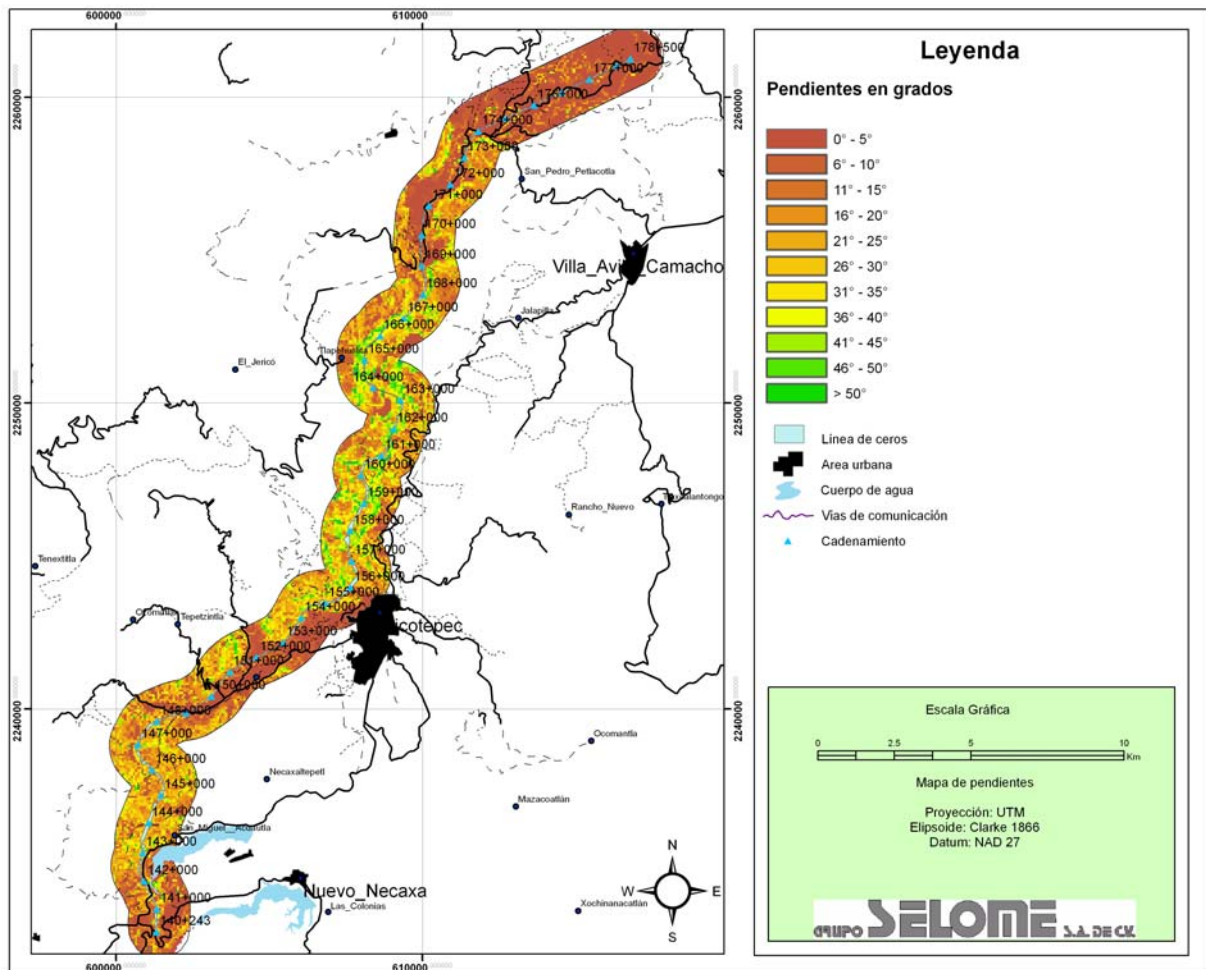


Figura IV.12.- Distribución de pendientes en una zona buffer de 2 km a lo largo del eje de la carretera propuesta.

IV.2.1.5. Hidrología superficial y subterránea

Superficial

El proyecto se encuentra dentro de la región hidrológica Tuxpan-Nautla (RH-27 de acuerdo a INEGI, 1984). Las condiciones del relieve de la región hidrológica propician un coeficiente de escurrimiento alto, aproximadamente de 6,597 mm³. La región hidrológica se extienden dentro de la Sierra Madre Oriental; su límite sur esta constituido por el parteaguas de las estribaciones meridionales de la Sierra Norte, que se extiende hacia los poblados de Libres, Cuyuaco, Zaragoza y Teziutlán; su límite sur se extiende sobre la vertiente noreste de la caldera de los Humeros. El otro límite es la planicie costera del Golfo de México, en su porción norte, por lo que la región hidrográfica se extiende hacia el estado de Veracruz y hacia el estado de Hidalgo (INEGI, 1984).

Las cuencas que conforman la región hidrológica son la de Tecolutla, Cazones y Tuxpan. En la cuenca del Tecolutla se encuentran las microcuencas de los río Necaxa (nace al sur de Huauchinango con el nombre de Río Totolapa), Lajajalpan, Tecuantepec y Apulco, además de los arroyos Acatlán, Matzontla, Xoctongo, Hueyatlaco y Chapultepec, este sistema tiene un escurrimiento de 2,285 Hm³. Los ríos secundarios cercanos a las zonas urbanas son empleados como sitios de depósitos de aguas residuales. La cuenca del río Cazones, del que forma el río San Marcos y sus afluentes Teperzintla, Alseseca, Zacatal y otros afluentes menores provocan un gasto de 1,718 hm³. Finalmente, la cuenca del Río Nautla presenta el mayor coeficiente de escurrimiento que va de 10 a 30%, lo cual significa que se da un escurrimiento anual de 6,697 Mm³. Este recurso se encuentra fuertemente relacionado con sistemas de producción acuícola, cultivo de peces comestibles y extracción de langostinos. En cuanto a la presión de disponibilidad de agua sobre el recurso hídrico es considerado como escaso ya que sólo se emplea el 4% de la disponibilidad media de agua (CNA, 2004).

La presencia de una alta humedad en la zona se encuentra relacionada con la alta precipitación provocada por lo vientos húmedos del Golfo de México así como por el efecto de sombra orográficas que acumula la humedad en la ladera de barlovento. Otros fenómenos que aportan humedad a la zona son la presencia de ciclones, en otoño, y los nortes, en invierno, los cuales propician condiciones altas de humedad (UACH-INE,2000).

En el SAR se identifican cuatro escurrimientos superficiales (figura IV.13), el río San Marcos y el Naupan hacia el oeste del trazo, el arroyo Los limones, hacia el este, cercano a Jalapilla; y el Arroyo Sucio hacia el sur de Xicotepec. De acuerdo con las observaciones realizadas en el campo, la zona de estudio presentan un conjunto de ríos de carácter perenne que se encontraran influenciados por la construcción de la carretera México Tuxpan en este tramo de Nuevo Necaxa a Villa Ávila Camacho. Entre estos escurrimientos se pueden mencionar los ríos Alseseca (Figura IV.14.a) y Topetzintla (Figura IV.14.c), entre los km 145+500 al 155+000 y sus arroyos que los alimentan como Alseseca y los de San Agustín (Figura IV.14.b). Así como los escurrimientos que alimentan el río San Marcos.



a)



b)



c)

Figura IV.14.- Recursos Hidrológicos dentro del tramo carretero México-Tuxpan, tramo Nuevo Necaxa-Villa Ávila Camacho, a) río Alseseca, km 147+500; b) cascada y arroyo perenne San Agustín km 155+00; c) Río Topetzintla.

Dado que se trata de una zona con topografía abrupta y grandes cañadas, las escorrentías intermitentes son abundantes, como se observa en la figura IV.13. Asimismo se identifican 3 cuerpos de agua correspondientes a los embalses (presas) de la zona de Nuevo Necaxa, de las que salen varios canales de riego hacia oeste, hacia Huilacapixtla, Naupan y Mextla.

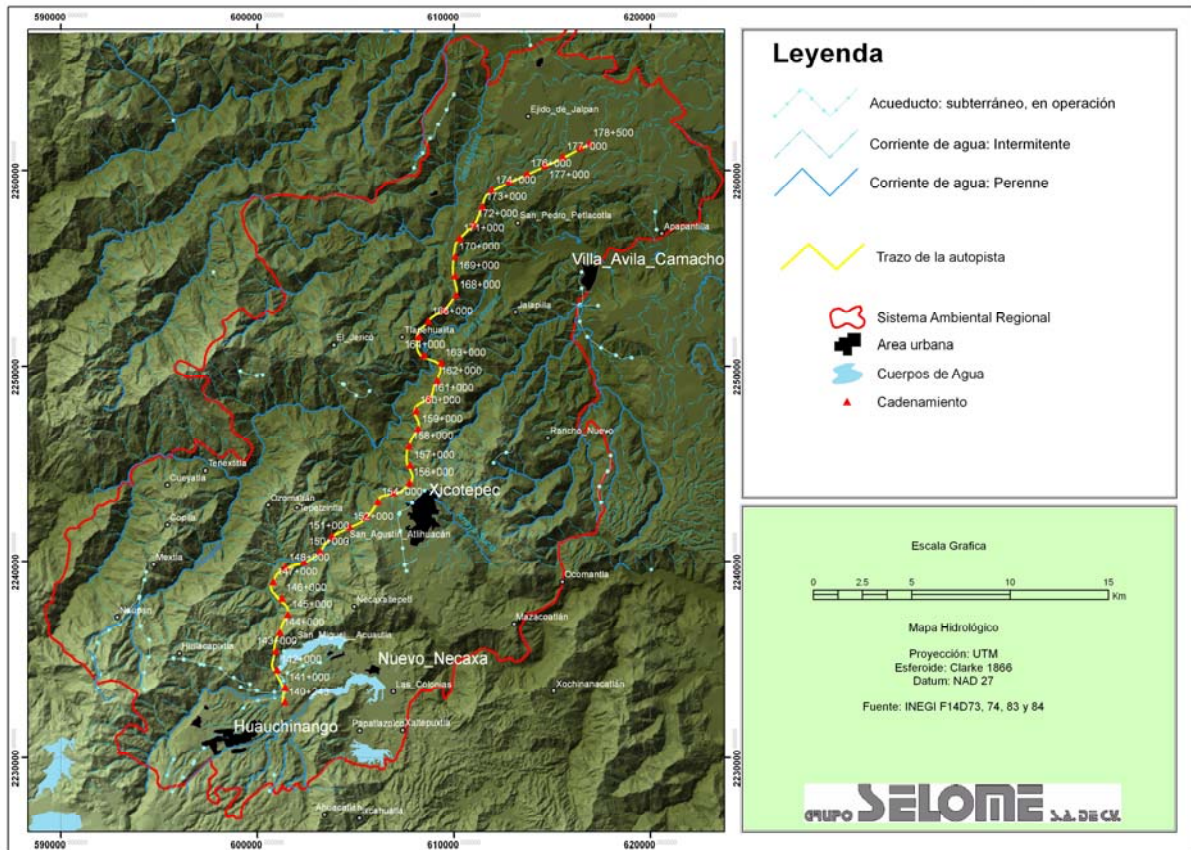


Figura IV.13.- Escorrentía y cuerpos de agua en el SAR.

Calidad del agua

La zona de estudio es considerada como no contaminada y cuenta con agua de buena calidad ya que se reportan valores menores a 6 mg l^{-1} de DQO y de 6 a 30 mg l^{-1} de DBO_5 , respectivamente. Esto indica que la mayor parte de la calidad de agua conserva sus condiciones naturales aunque hay algunos afluentes superficiales que presentan una baja concentración de materia orgánica o con presencia de agua tratada. Esto sobre todo se observa en los afluentes cercanos a las comunidades mayores como son en Huauchinango y Xicotepec. (San Agustín Atiuacán y Cuahuexano) cuyos arroyos son de carácter perenne. En cuanto a los registros que reportan la DQO muestran que la mayor parte de los escurrimientos en el SAR no presentan contaminación, ya que los valores de DQO son menores de 20 mg l^{-1} (CNA, 2004)

Subterránea

En cuanto al agua subterránea, la zona de estudio cuenta con 22 acuíferos. De manera particular para la zona de la región Tuxpan–Nautla éstos no están sujetos a una presión de explotación sobre el recurso, ni a riesgo de sobreexplotación y/o salinización. Debido a esto la zona no se encuentra bajo algún estatus de veda, ya que su riqueza de flujos superficiales y las condiciones climáticas húmedas en la zona brindan suficiente aporte de agua en todo el SAR. No obstante, en lo referente a recarga, la zona de estudio se ubica en una zona catalogada como de permeabilidad media a baja, siendo esta última condición la que mayor prevalece en la zona. Esto se encuentra relacionado con el tipo de material. Los materiales son considerados como consolidados con posibilidades bajas de infiltración ya que se trata de rocas sedimentarias de origen marino y continental, con un alto contenido de arcillas en espesores considerables en los suelos, y con posibilidades medias de infiltración (presencia de basaltos y calizas potencialmente kársticas) (UACH-INE, 2000).

IV.3. Diagnóstico regional sobre los recursos naturales y la conservación ambiental

El diagnóstico de los diferentes componentes del sistema muestran un grado de degradación de moderado a bajo. Las unidades de relieve como laderas, zonas cumbreles, interfluvio y pie de monte se encuentran moderadamente afectados por disturbios anteriores como son carreteras, brechas, torres de luz, conductos de gas, agricultura y pastoreo. Esto ha conllevado a una ligera desestabilización de estas unidades y cuya evidencia es el movimiento de sedimentos y roca relacionado con el aumento del intemperismo sobre el material parental expuesto; sobre todo en los materiales de tipo sedimentario como las calizas, arenisca y lutitas.

En cuanto al recurso edáfico, de acuerdo con la secuencia de suelos identificada se refleja un gradiente y predominio de suelos evolucionados (Acrisoles, Luvisoles y Alisoles), sobre suelos de desarrollo intermedio (Phaeozems y Cambisoles) o suelos jóvenes con desarrollo bajo e incipiente (Leptosoles y Regosoles). Esto evidencia que los procesos de formación del suelo son dominantes por encima de los procesos de rejuvenecimiento, pérdida por erosión o pobre desarrollo; por lo que la tendencia es a que dominen los procesos pedogenéticos sobre los morfogenéticos. Esto es evidencia de una alta estabilidad en la zona actualmente; relacionada con los procesos climáticos, geológicos, vegetación y antrópicos.

Un punto importante de mencionar es que el grado de conservación de una gran parte de la zona de estudio se debe a la conservación intencional de la vegetación arbórea y arbustiva en sitios con agroecosistemas cafetaleros, predominante en el área de estudio. Este aprovechamiento es respetuoso de la cobertura vegetal, lo que ha permitido una mayor conservación del sistema en diversos puntos a lo largo del SAR. En contra parte, y como ocurre en otras zonas de nuestro país, el aprovechamiento más agresivo constituye el desmonte selectivo de árboles y arbustos para abrir potreros y campos de cultivo en posiciones del relieve muy abruptas.

En cuanto a las condiciones climáticas prevalecientes en la región, se observaron dos variantes con cambio gradual entre condiciones de clima semifrío y húmedo, con condiciones cálidas húmedas. No se puede determinar el efecto del cambio climático a lo largo del tiempo de manera directa, sin embargo de manera general se estima que ha ocurrido un cambio en las condiciones microambientales del SAR en los pasados 20 años asociado con la pérdida de cobertura vegetal arbórea por apertura de pastizales y áreas de cultivo, incrementando la incidencia de radiación y con ella una mayor pérdida de humedad y mayor presencia de eventos climáticos extremos en todo el SAR. Sin embargo, para esta zona no se tienen registros climáticos que permitan asociar o evidenciar estos cambios, e históricamente se reporta la presencia de bosque mesófilo y comunidades de pino encino en las partes

altas, asociados con selvas medianas y altas, y encinar tropical en las partes bajas, lo que se considera para pensar que si bien ha existió un cambio microclimático a nivel local, el clima en el SAR es el componente con el menor impacto evidente.

En el caso del sistema hidrológico superficial y subterráneo, la alta pluviosidad en la zona y la presencia de escorrentías y cuerpos de agua son suficientes para satisfacer la demanda existente, por lo que no se ha reportado un fuerte presión por el recurso, sobre todo que es una de las zonas pertenecientes a la cuenca hidrográfica Tuxpan-Nautla la cual presenta importantes flujos de agua. En este caso el sistema hidrológico es joven, por lo que la disección de los arroyos esta siendo en profundidad. Esto conlleva, que los fluvios se encuentren asociados a barrancas (interfluvios). Las características morfológicas de los interfluvios indican condiciones abruptas en la topografía que han apoyado la conservación de la zona y pueden asociarse a la presencia de vegetación que estabiliza de manera importante la zona la conservación del suelo y la infiltración de agua en la zona.

De acuerdo con los informes de la calidad y cantidad de agua no se presenta bajo ningún estatus de veda y no presenta alta presión para su uso. En tanto que los acuíferos son considerados como de baja captación debido al material poco permeable que les sobre yace (suelos con altos contenidos de arcilla en general). En cuanto a la calidad no se presenta ningún tipo de contaminación o intrusión salina, de acuerdo con los datos generados por la CNA (2003). A pesar de esto la evidencia en el campo fue que los arroyos mueven las descargas de aguas residuales de las comunidades como Xicotepec y de las comunidades asociadas al río Alseseca. Esto eventualmente puede derivar en un incremento en los niveles de contaminación del agua en los ríos. Los bajos niveles de contaminación encontrados se asocian al flujo perenne del agua que moviliza los contaminantes y los redistribuye.

IV.4 Unidades ambientales vulnerables

Como principal unidad ambiental vulnerable se puede mencionar las cañadas de fuertes pendientes sobre las que se desarrolla vegetación de bosque mesófilo de montaña. La conservación de este bosque, siendo que solamente cubre el 1% de la superficie nacional, resulta de gran importancia en cualquier punto de nuestro país.

Asimismo, estas fuertes pendientes sobre materiales que geológicamente se encuentra poco consolidado (estratos de calizas y lutitas o limolitas, o cenizas volcánicas) y sobre los que se desarrollan suelos con altos contenidos de arcilla (por iluviación o neoformación), hace suponer que las laderas de sierras y lomeríos altos con fuertes pendientes son unidades altamente vulnerables a la caída de material (derrumbes) al realizar sobre ellas cortes de terreno y despálme del horizonte orgánico.

A lo largo del trazo se refieren algunos puntos que conjuntan ambas condiciones, por lo que se estima que son unidades ambientales vulnerables.

Sitio	Coordenadas	Kilometraje	Descripción
S1	601401 223600	143+500	Sierra con laderas escarpadas con Acrisoles y Luvisoles muy susceptibles a erosión por pérdida del horizonte orgánico del suelo. Presencia de dos fracturas anticlinales y un echado de 10 a 80°, por lo que es elevado el riesgo de derrumbes. Motivo de ello, las obras contemplan la construcción de un túnel en esta unidad, por lo que se deberá tomar particulares precauciones en la estabilidad de la boca y salida del túnel, y al interior del mismo.
S2	601830 2239667	147+500	Sierra y lomeríos con laderas abruptas con Acrisoles cutánicos con una alta susceptibilidad de erosión y movimiento en masa. Sierras y lomeríos en esta zona muy susceptibles a derrumbes, por lo que las obras deberán tomar en consideración estas condiciones para el diseño de las especificaciones de cortes y relleno de material.
S3	602999 2240105	148+850	Lomeríos medios con pie de monte y laderas medias, con Regosoles y Acrisoles. Zona de impacto con el lecho del río por aumento de sedimentos que puedan disminuir el flujo de agua y calidad a mediano plazo. Se considera vulnerable de contaminación del río por sedimentos y material de construcción, por lo que se deberán tomar en consideración medidas protectivas.
S4		152+ 500 al 153+500	Sierra con Acrisoles y donde se reporta la evidencia de una fractura sinclinal. Se considera vulnerable por la inestabilidad del terreno dada por los acrisoles y la fractura.
S5	611369 2257715	155+000 al 156+000	Sierra con laderas escarpadas y pared de caída con Phaeozems y Acioles en cañadas. Laderas son sensibles a un aumento de erosión y movimiento en masa de materiales relacionados con las condiciones abruptas del relieve.
S6	608072 2247416	160+000	Sierra con ladera escarpada y pared de caída donde se desarrollan Leptosoles y Cambisoles. Aumento de intemperismo por exposición del material parental.

IV.5. Diagnóstico y tendencias ambientales de los factores ambientales

El diagnóstico y la tendencia de cambio de la zona muestran de acuerdo con el análisis de sus diferentes componentes, que de continuar el sistema como hasta ahora, seguirá existiendo una pérdida de la vegetación natural para dar mayor cabida a actividades ganaderas. En tanto se mantengan los precios del café, la zona seguirá siendo una importante región cafetalera, que ha demostrado muy bajo efecto sobre las comunidades de flora y fauna. Por consiguiente, si la zona incrementa su uso hacia el desarrollo de cafetales de sol o de sombra, las condiciones ambientales tenderán a conservarse en un estado aceptable, pudiendo incluso recuperarse parte de la vegetación de bosque mesófilo y selva median subperennifolia asociados a plantas de café. No obstante, si se pierde interés en la producción del café (por bajas en el precio o sobreproducción en la región) y en la región se incrementa el desmonte y la inducción de pasto cultivado para potreros, en todo el SAR se observará una fuerte tendencia al detrimento ambiental, pérdida de cobertura vegetal arbórea y arbustiva, incremento de los procesos erosivos, pérdida de infiltración (que de por sí es baja por los altos contenidos de arcilla) e incremento en el flujo subsuperficial del agua y mayor compactación del terreno. Incluso se podrían esperar cambios a nivel microclimático que pueden derivar en una pérdida de las condiciones de humedad en la zona, con consecuencias importantes sobre las comunidades vegetales. Es decir, en el caso de los sitios con agroecosistemas cafetaleros (montaña y lomeríos bajos y medios), la tendencia de cambio de estas zonas es muy fuerte debido a cuestiones relacionadas con la comercialización del café, la cual actualmente sufre una crisis. Esto se encuentra relacionado con su bajo precio en el mercado. Esto conlleva a un cambio fuerte de uso de suelo por cambios hacia actividades con mayor remuneración, con las consecuencias antes mencionadas.

Las unidades del relieve como laderas, zonas cumbreles, interfluvio y pie de monte que se encuentran moderadamente afectadas por disturbios anteriores para el ingreso de obras de infraestructura y actividades productivas. En general se encuentran formadas por material geológico poco consolidado (cenizas volcánicas, estratos de calizas con lutitas y limolitas) y fuertemente intemperizado, sobre el que se desarrollan suelos con alta concentración de arcilla. De continuar la modificación del relieve, el corte y pérdida del material orgánico del suelo con alta estabilidad de agregados, se espera que se presenten mayores riesgos de apertura de cárcavas y escarpes por caída (derrumbe) de materiales en procesos de movimiento en masa ante condiciones de fuerte inclinación del terreno, relacionados con la saturación de las arcillas por agua, lo cual causa un proceso reptación de los materiales.

De manera general los procesos que se considera que ocurrirán en corto plazo, de no considerarse planes de manejo o estabilidad de las unidades de relieve, es una secuencia de eventos como desestabilización y derrumbes que afectan a las comunidades humana, vegetales y animales. Esta predicción se basa a partir de observaciones de los procesos de intemperismo y erosión en la zona y de las observaciones del movimiento de materiales en la construcción del tramo carretero Tejococtal-Nuevo Necaxa. También se hacen tomando en cuenta el tipo de morfología, su posición en el paisaje y sus características morfométricas.

La secuencia de suelos encontrada en la zona como ya se mencionó anteriormente evidencia la estabilidad del sitio debido que el proceso dominante es el pedogénico sobre el morfogénico. Por lo tanto, la tendencia de cambio hacia un deterioro a nivel del SAR se encuentra sujeta al cambio de uso de suelo y pérdida de superficies con cobertura vegetal natural.

En cuanto a las condiciones climáticas prevalecientes en la región, no se tiene claro sus cambios o alteraciones por las condiciones del sistema ambiental. La posibilidad de cambios microambientales se dan por la pérdida de la cobertura vegetal. Para esta zona no se tienen registros de estos cambios con el cambio de uso de suelo. Debido a esto el clima es el componente con el menor impacto, evidente. A pesar de esto se ha observado en agroecosistemas cafetaleros influyen las condiciones microambientales mediante el proceso de regulación de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) (Barradas y Banjul 1988). Desafortunadamente el monitoreo de estos cambios es un asunto complejo y de un alto costo, por lo que en la zona no se encuentran reportes sobre estas alteraciones.

En el caso del sistema hidrológico superficial y subterráneo se reporta con buenas condiciones debido a la baja presión por el recurso. La tendencia de cambio esta asociada al impacto antrópico por desalojo de las aguas negras por parte de las comunidades asociadas a los arroyos y río por lo que es considerado como un importante foco de contaminación a largo plazo.

V. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1 Impactos ambientales identificados

V.1.1 Identificación y descripción de impactos ambientales

La identificación inicial de los impactos ambientales se realizó utilizando un esquema diagramático de causas-efectos en donde en reunión experta se identificaron las principales actividades del proyecto y se fueron incluyendo los impactos asociados a éstas.

Este diagrama se presenta en la figura V.1.

Posterior a dicho diagrama se presenta la descripción de cada uno de los impactos analizados como los efectos derivados de las diferentes acciones del proyecto. Esta descripción inicia con una breve presentación de la actividad evaluada, seguida de la descripción del impacto. Al final de cada impacto se hace referencia a la medida de mitigación que se propone para reducir el efecto negativo esperado. Dichas medidas se presentan en el capítulo VI de este estudio.

Construcción del tramo km 140+243 al 178+500 de la carretera México-Tuxpan

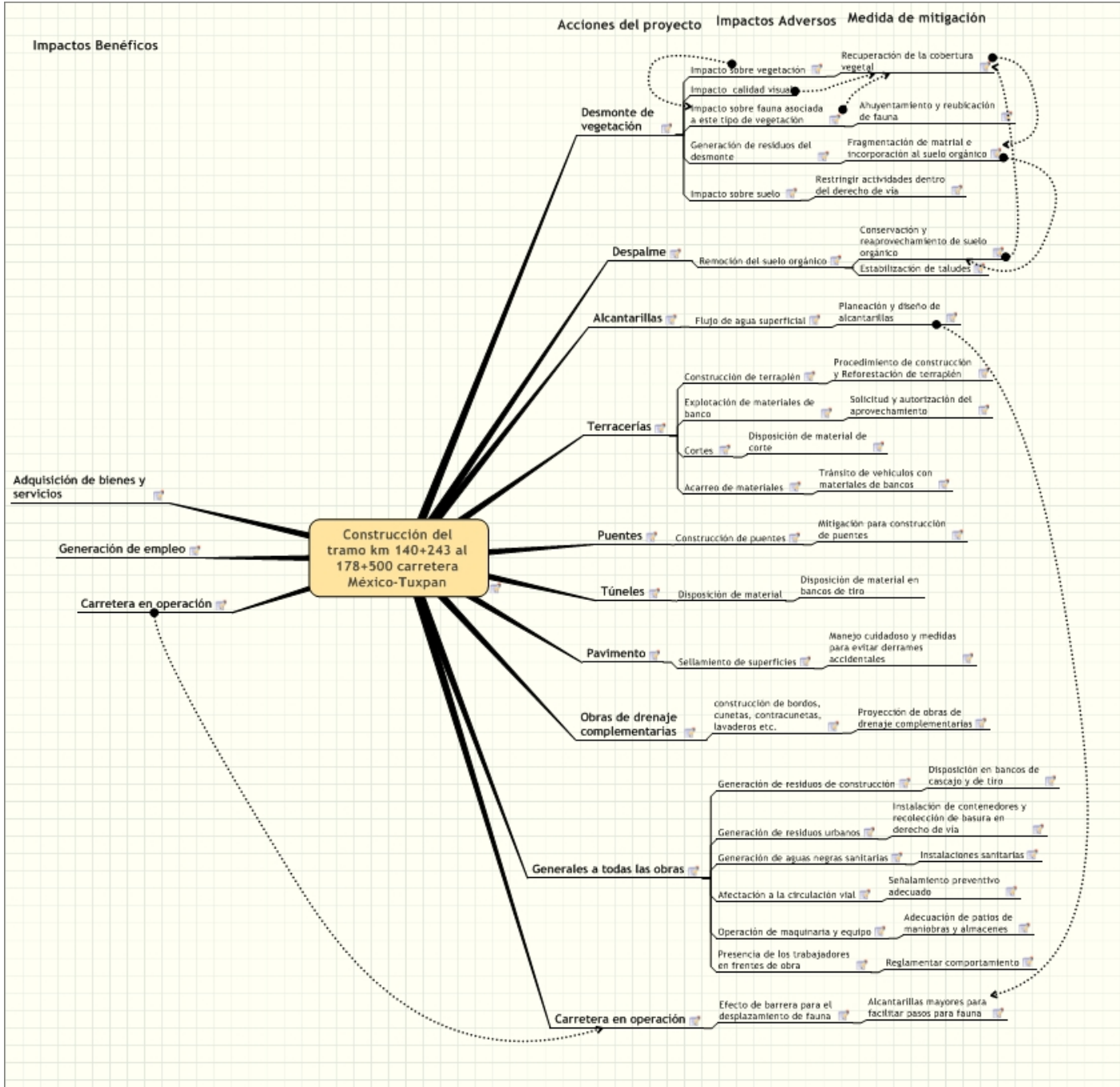


Figura V.1.- Diagrama de identificación de impactos ambientales por acciones del proyecto. Se presentan las relaciones entre impactos asociados y las medidas de mitigación correspondientes.

Descripción de Impactos Ambientales por Etapa de Proyecto

1 Desmonte de vegetación

Desde el hombro de la corona del actual camino y hasta 1 m después de la línea de cerros, dentro del derecho de vía. Se retirará la cobertura vegetal herbácea y arbustiva por medio de métodos manuales (machete) y los árboles serán talados utilizando motosierras.

Posteriormente se retirarán los tocones de todos los árboles utilizando retroescavadora para aquéllos tocones de gran tamaño.

1.1 Impacto sobre vegetación

Ver también: [Impacto sobre fauna asociada a este tipo de vegetación](#)

La vegetación predominante en la primera mitad del área de estudio (km 140 a 163) es el Bosque Mesófilo de Montaña (comunidades primarias y acahuales) (fotos V.1 y V.2) con cierto grado de perturbación por la introducción de cafetales a la sombra. Este tipo de vegetación tiene una distribución restringida en nuestro país, por lo que debe procurarse su conservación o restauración posterior a la ejecución de estas obras.



Foto V.1.- Vista del acahual de Bosque Mesófilo de Montaña en el área de estudio.

En los restantes 17 km del proyecto predominan acahuales de selva mediana subperennifolia combinados con potreros y cafetales al sol y a la sombra (Foto V.3).



Foto V.2.- Vista de la densidad de cobertura del bosque mesófilo de montaña y la fuerte inclinación del terreno.



Foto V.3.- Vista de la densidad de cobertura del bosque mesófilo de montaña y la fuerte inclinación del terreno.

El grado de conservación de ambas comunidades está relacionado con la topografía del terreno, ya que los sitios mejor conservados, donde la vegetación está principalmente compuesta por especies primarias, se localiza en cañadas y laderas de cerros con fuertes pendientes. Sitios que por su dificultad de acceso no han sido utilizados por pobladores de localidades cercanas para cultivos o potreros.

La vegetación que se presente dentro de los cerros del proyecto será totalmente removida y de forma permanente, lo que constituye un impacto muy fuerte dada la calidad e importancia del ecosistema en cuestión. Adicionalmente, las fuertes pendientes en diversos puntos ($> 45^\circ$) y la altura de los árboles (15-20 m) (foto V.2) se combinan y pueden derivar en una ampliación del impacto por caída de los árboles fuera del derecho de vía y su desplazamiento ladera abajo del área de cerros del proyecto.

Al respecto, en los siguientes incisos se explica por qué se considera un impacto muy fuerte en cada rubro:

a) Impacto sobre el tipo de vegetación por fragmentación de un hábitat con reducida distribución en el país.

Los primeros 23 km de trazo se encuentran dentro de una zona montañosa donde predomina el bosque mesófilo de montaña. Esta comunidad, además de estar poco representada en todo nuestro país, está cada vez más amenazada por la erradicación, al igual que sus especies, ya que alberga una gran diversidad florística y faunística. Pese a ser una vegetación muy importante con gran biodiversidad, ha sido sustituido para dar entrada a actividades agrícolas, pecuarias y urbanas (Challenger, 1998), en donde la explotación forestal es muy baja, pero el ramoneo del ganado y el chapeo para la apertura de parcelas, han ocasionado una importante fragmentación de la vegetación nativa. Asimismo, plantaciones de cafetales al sol y a la sombra han pasado a sustituir el sotobosque y arbustos en diferentes sitios, ocasionando que la mayor parte de los sitios encontrados corresponden a acahuales de los tipos de vegetación originales.

La construcción de la carretera fragmentará la vegetación más de lo que ya se observa, ya que conformará una franja desmontada de 60-100 m de ancho y 40,000 m de largo sobre las laderas y superficies cumbreles de dichos cerros, dividiéndolos de Este a Oeste a manera de barrera para flora y fauna. La fragmentación de la vegetación trae importantes consecuencias en las poblaciones de plantas y animales al reducir el hábitat disponible e incomunicar organismos a uno y otro lado de la carretera.

Los parches aislados de vegetación tienden a: perder biodiversidad, ser más vulnerables a plagas/epidemias, y conllevar a una mayor extinción de especies por pérdida de combinación genética (Foreman, 1995). Motivo de ello, y bajo el conocimiento que se trata de un tipo de vegetación de reducida distribución en México y fuerte grado de perturbación en la mayoría de los estados del país, se considera que el impacto de fragmentar los sitios donde aún se conserva esta vegetación con la construcción de la carretera será muy alto y por ende se requieren de importantes medidas de mitigación que procuren restaurar la conectividad.

Afortunadamente, el proyecto contempla 11 túneles y 13 puentes o viaductos para librar cerros y cañadas de grandes dimensiones. Estas estructuras ocasionan menores impactos sobre la conectividad de las comunidades al afectar solamente una porción del terreno, permitiendo el flujo de fauna a uno y otro lado del camino, además de minimizar la superficie por desmontar. La consideración de estas estructuras reduce considerablemente el impacto que se ocasionaría de no considerarse éstas.

b) Impacto por la altura de los árboles y su densidad

Resalta que aunque algunos árboles de bosque mesófilo de montaña así como de selva mediana subperennifolia tienen troncos altos, rectos y de buen diámetro (como el cedro rojo, *Cedrela odorata*) en el caso de la SMsp, y el *Liquidambar styraciflua* en el BMM. Estos árboles se utilizan ocasionalmente por habitantes de la región como leña, cercos y madera para construcción. Esta vegetación no se explota comercialmente, ya que existe la idea (poco sustentada) de que son maderas de mala calidad (Challenger, 1998). Sin embargo, entre las especies de la zona de estudio, además de las anteriores, producen madera de buena calidad y que podrían ser explotadas (Challenger, 1998). La construcción del proyecto requerirá derribar árboles de diversas especies; algunas de las cuales podrían llegar a ser aprovechadas regionalmente. No obstante, al momento de realización del desmonte, se abrirán huecos en el dosel de la vegetación y las condiciones microclimáticas (particularmente de insolación) cambiarán, fomentándose el surgimiento de especies haliófitas (ruderales pioneras en la colonización de claros). Estas especies existen en las inmediaciones del proyecto, a los lados de todos los caminos de terracería y en la periferia de los poblados, y cambiarán la fisonomía original del BMM y la SMsP a todo lo largo del derecho de vía de la carretera y pueden llegar a constituir barreras para el desplazamiento de especies poco tolerantes a los cambios en el hábitat. Esta barrera se suma a aquella conformada por la propia carpeta de la carretera para dar un ancho mayor que cada organismo tendrá que librar para cruzar en sentido Este-Oeste. Motivo de ello se requieren instrumentar importantes medidas de mitigación en lo

referente a un proyecto de restauración ecológica, que contemple especies de borde y de estadios más avanzados de la sucesión de especies en comunidades.

c) Impacto por derribo de árboles debido a las fuertes pendientes existentes.

La zona de estudio comprendida entre el km 154 al 167 del cadenamiento, cruza por una zona montañosa de fuertes pendientes ($>40^\circ$), en donde las actividades de desmonte podrían tener un importante impacto adverso, ya que ante la presencia de grandes árboles, la caída de cada árbol en forma desordenada puede ampliar el área afectada por la carretera mucho más allá de los límites entre los cerros del proyecto, y adicionalmente ocasionar mayores daños aguas abajo, por el taponamiento de escorrentías. Por ello resulta importante aplicar las medidas de mitigación que se enuncian a éste respecto.

d) Impacto por derribo de árboles de café en los cultivares a la sombra y al sol

Se requerirá el derribo de varios árboles de café, tanto en zonas resguardadas por vegetación natural, como en cafetales expuestos (de sol) que se localicen dentro de la zona liberada del derecho de vía. La liberación del derecho de vía implica la compra de franjas de terrenos con cafetales, por lo que al estar debidamente indemnizados y pagados los terrenos, no se espera que ocasionará impactos sociales de relevancia, ni afectará en una medida notoria la producción de café en la región.

Ver medida de mitigación: 1.1.1 Recuperación de la cobertura vegetal

1.2 Impacto calidad visual

Ver también: [Recuperación de la cobertura vegetal](#)

Tanto el bosque mesófilo de montaña, como la selva mediana subperennifolia constituyen dos de los tipos de vegetación más llamativos por su exuberancia y gran diversidad de especies. (fotos V.4).



Fotos V.4.- Calidad del paisaje y estado de conservación del a) bosque mesófilo de montaña y b) selva mediana subperennifolia en el área de estudio.

El estado de conservación del bosque mesófilo de montaña los cerros por donde pasarán los primeros 10 km del tramo de esta carretera es de bueno a regular, con cierta penetración de la actividad antrópica, por lo que la construcción de la carretera conformará un impacto adverso por rompimiento de la homogeneidad del paisaje, con la introducción de un elemento extraño.

El impacto puede ser mitigado mediante adecuadas medidas de recuperación de la cobertura vegetal, tal y como se proponen en la medida de mitigación correspondiente.

Ver medida de mitigación: 1.1.1 Recuperación de la cobertura vegetal

1.3 Impacto sobre fauna asociada a este tipo de vegetación

Ver también: [Recuperación de la cobertura vegetal](#)

La remoción de la vegetación de forma directa impactará sobre algunos insectos, mamíferos pequeños y medianos así como anfibios y reptiles, los que utilizan esta vegetación como hábitat, sendero o alimento. Este impacto será temporal y mitigado parcialmente una vez que se realicen las obras de restauración ecológica de las áreas impactadas. No obstante, se requieren de acciones adicionales de mitigación para evitar mayores daños (ver medida de mitigación correspondiente).

Entre la fauna en la zona del proyecto existen varias especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT- 2001 bajo algún estatus de protección (capítulo IV). De ellas, los reptiles y pequeños mamíferos usualmente son los más afectados al remover la vegetación, así como los nidos de aves en el área dentro de los cerros del proyecto.

REPTILES

Entre los reptiles que posiblemente habiten la zona del proyecto se encuentran 21 especies enlistadas bajo algún rubro de protección por la normatividad nacional correspondiente (cuadro V.2). Cabe señalar que durante los trabajos de campo solamente fue posible confirmar la presencia de una de dichas especies (celdas ashuradas).

Cuadro V.1.- Anfibios y Reptiles sujetos a protección por la NOM-059- SEMARNAT-2001.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de registro	Abundancia	Estatus de protección
Anfibios y Reptiles					
Hylidae	<i>Hyla mixomaculata</i>	Rana jaspeada	Bibliográfico	Rara	Amenazada
	<i>Hyla nubinicola</i>	Rana de bosque mesófilo	Bibliográfico	Rara	Amenazada
Plethodontidae	<i>Pseudoeurycea firscheini</i>	Salamandra-Tlaconete	Bibliográfico	Rara	Protección especial
	<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	Salamandra-Tlaconete	Bibliográfico	Rara	Protección especial
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija-escamosa de mezquite	En campo (2*)	Común	Protección especial
Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	Bibliográfico	Rara	Amenazada
Colubridae	<i>Rhadinaea forbesi</i>	Culebra-café de Forbes	Bibliográfico	Rara	Protección especial

Por el miedo que provocan entre los trabajadores, las serpientes son de los organismos más afectados, 3 de las cuales fueron observadas en campo y corresponden a especies raras (ver cuadro de fauna en capítulo VIII).

Cuando aparecen serpientes en las obras, éstas son frecuentemente eliminadas con el fin de evitar que algún trabajador sea mordido, sean o no venenosas. Varias de las culebras tienden a huir cuando se les ahuyenta o con el propio movimiento de personas entre la vegetación, no obstante, algunas especies tienden a defenderse y podrían causar serias mordeduras e incluso la muerte de alguna persona en la obra.

Esto deberá preverse a fin de no dañar a ninguna serpiente o animal con las acciones del proyecto, pero tampoco poner en riesgo la vida de los trabajadores. Para ello se requerirán de acciones coordinadas y una planeación adecuada (ver medida de mitigación), que contemple un folleto con un reglamento de comportamiento de los trabajadores en el frente de obra (ver medida de mitigación sobre personal en el frente de obra).

AVES

Aunque por su capacidad de vuelo las aves tenderán a huir ante la realización de las obras de desmonte, la vegetación arbórea y arbustiva en toda la zona de estudio es importante para la percha y anidamiento de éstas, por lo que al remover la vegetación se afectan posibles sitios para estas actividades de las aves, así como posibles nidos. Algunos sitios a lo largo del proyecto tienen poca perturbación, por lo que se estima que las obras de preparación del sitio y construcción de la carretera ocasionarán importantes impactos ambientales sobre los hábitos de las aves en las inmediaciones de las obras. Asimismo existen especies endémicas o contempladas en la NOM-059-SEMARNAT- 2001, así como en la normatividad internacional, que se relacionan en la siguiente tabla (Cuadro V.2), y sobre las cuales deberá evitarse cualquier afectación directa, caza o captura.

Cuadro V.2.- Especies de aves en el área de estudio que se encuentran bajo estatus de protección por la normatividad nacional (NOM-059-SEMARNAT-2001) e internacional.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de registro	Abundancia	Estatus de protección
Aves					
Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán	En campo (1*)	Común	Protección especial
	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	Avistamiento (2*)	Rara	Protección especial
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla	En campo (1*)	Rara	Protección especial
	<i>Buteo lineatus</i>	Aguililla pecho rojo	Avistamiento (2*)	Rara	Protección especial
Phasianidae	<i>Dendrortyx macroura</i>	Gallina de monte	Bibliográfico	Rara	Protección especial
	<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Codorniz silbadora	Bibliográfico	Rara	Protección especial
Columbidae	<i>Columba nigrirostris</i>	Paloma	Avistamiento (2*)	Común	Protección especial
	<i>Columba speciosa</i>	Paloma escamosa	Bibliográfico	Común	Protección especial
Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	Perico pechisucio	Bibliográfico	Común	Protección especial
	<i>Aratinga holochlora</i>	Perico mexicano	En campo (1*)	Rara	Amenazada
	<i>Amazona oratrix</i>	Loro coroniamarillo	Bibliográfico	Rara	Amenazada
Trochillidae	<i>Cyanthus latirostris</i>	Colibrí	Bibliográfico	Común	Protección especial
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucán-Pico de canoa	En campo (1*)	Común	Amenazada
	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Tucán-Pico real	En campo (1*)	Rara	Protección especial
Corvidae	<i>Aphelocoma unicolor</i>	Chara unicolor	Bibliográfico	Abundante	Amenazada
Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo	En campo (1*)	Común	Peligro de extinción
Turdidae	<i>Myadestes occidentales</i>	Clarín jilguero	En campo (1*)	Común	Protección especial
	<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	Bibliográfico	Común	Amenazada
	<i>Catharus mexicanus</i>	Zorzal corona negra	Bibliográfico	Rara	Protección especial
	<i>Turdus infuscatus</i>	Zorzal negro	En campo (1*)	Rara	Amenazada
	<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	Bibliográfico	Común	Protección especial
	<i>Turdus rufopalliatu</i>	Primavera chivito	Bibliográfico	Rara	Protección especial
Mimidae	<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato común	En campo (1*)	Común	Protección especial
	<i>Psarocolius moctezuma</i>	Oropéndola	En campo (1*)	Común	Protección especial
Fringillidae	<i>Carduelis pinus</i>	Jilguero pinero	Avistamiento (2*)	Común	Protección especial

MAMIFEROS

El impacto sobre mamíferos pequeños y medianos, como roedores, zorrillos, liebres, conejos, ardillas, zorrillos, tejones y cacomixtles, será muy fuerte debido a que la remoción de la vegetación arbórea y el sotobosque afectará de forma directa y permanente sitios que son utilizados como madrigueras, refugio y alimentación; así como los senderos por donde circulan en busca de agua y comida. La baja perturbación existente en algunos puntos de la zona resulta en que varios de estos organismos han tenido poco contacto con el humano, por lo que la presencia humana y la destrucción de los hábitats tendrá un fuerte impacto sobre la fauna.

Asimismo, el impacto sobre los mamíferos grandes como el tigrillo, la onza, el coyote, la zorra y el temazate se espera que sea muy grande debido a la intolerancia de la mayoría de estos organismos ante la presencia antrópica y la fragmentación de sus rutas de movimiento ocasionada por el desmonte de una franja de vegetación correspondiente a los cerros de la carretera.

La existencia de una carretera en esta zona incrementará la penetración antrópica y el contacto humano, lo que ocasionará el alejamiento de estos mamíferos hacia zonas distantes de la carretera, aumentando la presión territorial con otros organismos hacia estas áreas.

Al igual que en el caso de las aves y reptiles, en la zona se reporta una especie de mamíferos que se encuentra reportada como amenazada, aunque su abundancia es común para toda la zona (Cuadro V.3):

Cuadro V.3.- Relación de especies de mamíferos sujetos a protección por la normatividad nacional (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de registro	Abundancia	Estatus de protección
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	En campo (1*)	Común	Amenazada

Ver medida de mitigación 1.3.1: Ahuyentamiento de fauna y construcción de pasos para fauna

1.4 Generación de residuos del desmonte

La remoción de la vegetación generara considerables cantidades de material vegetal que no podrá dejarse a lado del camino, ni depositarse en las cañadas, ya que al ser una gran cantidad de árboles de altura considerable, pueden llegar a obstruir el flujo de agua en cañadas y cauces, además de

que de dejarse sobre el derecho de vía, se induce la formación de tiraderos de basura y la propagación de fauna nociva, así como un detrimento de la calidad paisajística del sitio.

Ver medida de mitigación 1.4.1: Fragmentación de material e incorporación al suelo orgánico

1.5 Impacto del desmonte sobre suelo

En el desmonte se retira la cobertura vegetal del suelo orgánico, de manera puntual en el trazo se provocara aumento de la superficie de exposición a eventos eólicos, antrópicos e hídricos. La pérdida de la cobertura vegetal con el tiempo causa cambio bioquímicos en el suelo tales como aumento de la tasas de mineralización de la materia orgánica (MOS), aumento y pérdida de nutrimentos del suelo, cambios en la fauna del suelo; además de que disminuye el aporte de residuos orgánicos al suelo importante para la tasa de retorno de la MOS. Otro punto importante es que aumenta la susceptibilidad del suelo a erosionarse.

Estos impactos difícilmente serán percibidos en este caso debido al corto tiempo que existe entre el desmonte y el despalme, ya que solo serán evidentes entre estas dos actividades.

La remoción de tocones tiene un impacto local drástico ya que se destruyen micrositios ricos en materia orgánica, actividad microbiológica, sitios de mayor acumulación de humedad del suelo y reservorios nutrimentales, incrementando el estrés hídrico.

Ver medida de mitigación 1.5.1: Restricción de actividades dentro del derecho de vía

2 Despалme

El despалme consiste en la remoción por métodos mecánicos de la capa orgánica del suelo. Se realizará después del desmonte, desde el hombro del camino y hasta 1 m después de la línea de ceros.

En esta etapa del proyecto el despалme se realizará bajo tres tipos de condiciones:

- 1) Desmonte de la zona de ceros a lo largo del trazo de la carretera.
- 2) desmonte de las entradas de los túneles.
- 3) desmonte en los caminos de acceso y área de maniobras de las pilas de los puentes y viaductos.

El primer caso ocasionará los mayores impactos sobre la vegetación, seguido del desmonte en los caminos de acceso a las pilas de los puentes y viaductos, así como el clareo de los sitios para

maniobra de equipos en las bases de dichos puentes. Finalmente, el desmonte de las entradas de los túneles será el que menores afectaciones a la vegetación conllevará.

Todas las anteriores superficies afectadas deberán quedar sujetas a las medidas de mitigación que se refieren a la restauración ecológica de los sitios en el capítulo VI.

2.1 Remoción del suelo orgánico

El suelo es un recurso no renovable que para ser restituído en un sitio requiere ser extraído de otro, ocasionando afectaciones en sitios distantes del proyecto. Por ello, el suelo debe conservarse a un lado de la obra y no considerarse como material de desperdicio.

En los sitios cumbrales, donde predominan los leptosoles y regosoles, el suelo orgánico puede ser muy somero, ya que en promedio se trata de tan sólo los primeros 8-15 cm de suelo, por lo que resulta de gran importancia su conservación para facilitar las acciones de reforestación.

Generalmente el despilme se realiza utilizando un tractor que remueve el suelo orgánico y lo arrastra a unos 2 metros de la línea de ceros, dentro del derecho de vía. Al hacer esto, bajo las condiciones de tipo de suelo predominante en la zona escarpada del área del proyecto (Acrisoles y Luvisoles principalmente), se remueve la capa orgánica con mayor estructura y estabilidad de agregados, y se dejan expuestos los horizontes minerales del suelo con baja estabilidad y altas concentraciones de arcilla, que son muy susceptibles de ser erosionados. Esto constituye un importante riesgo a deslaves y desestabilización del terreno por efecto de la lluvia sobre estos horizontes de suelo, particularmente entre el km 154+000 y el 167+000 del tramo, en donde se encuentran las pendientes fuertes a muy fuertes.

Estos deslaves durante la realización de las obras pueden incrementar el área de afectación más allá de los ceros del camino, sobre todo hacia el fondo de cañadas en las zonas más escarpadas. Por ello, la realización de obras de despilme en sitios de montaña dentro del área del proyecto deberá hacerse fuera de la temporada de lluvias, procurando de manera inmediata realizar obras de contención y estabilización de taludes como se presenta en las medidas de mitigación.

En lo referente a la fauna, muchos anfibios viven enterrados y en estado de letargo durante ciertas partes del año, saliendo de este estado solamente con las lluvias, por lo que serán muy susceptibles a ser dañados por la realización del desmonte. Asimismo algunos habitan en las márgenes de ríos y arroyos o escurrideros de la zona, donde también serán muy vulnerables.

Entre estos organismos se pueden mencionar algunas especies de anfibios sujetas bajo protección por la Normatividad Oficial Mexicana como las que se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro V.4.- Anfibios bajo protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001 que pudieran estar enterrados en el área de obras del proyecto

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de registro	Abundancia	Estatus de protección
Anfibios y Reptiles					
Hylidae	<i>Hyla mixomaculata</i>	Rana jaspeada	Bibliográfico	Rara	Amenazada
	<i>Hyla nubinicola</i>	Rana de bosque mesófilo	Bibliográfico	Rara	Amenazada
Plethodontidae	<i>Pseudoeurycea firscheini</i>	Salamandra-Tlaconete	Bibliográfico	Rara	Protección especial
	<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	Salamandra-Tlaconete	Bibliográfico	Rara	Protección especial

Si bien otras especies de anfibios no se encuentran enlistadas, muchas veces son organismos endémicos locales, por lo que resulta importante evitar su daño y por ende se propone su rescate dentro de las medidas de mitigación de este inciso. Asimismo, algunos reptiles y mamíferos escaban madrigueras en el suelo y reusan salir de ellas ante la actividad humana, por lo que también quedarán expuestos a ser dañados por el desmonte. Motivo de ello, y ante la importancia ecológica de la fauna en esta región, en el caso de encontrarse madrigueras en el suelo por desmontar, se deberán aplicar las acciones de rescate y reubicación de organismos por personal capacitado que se señalan en la medida de mitigación correspondiente.

Ver medidas de mitigación 2.1.1: Conservación y reaprovechamiento de suelo orgánico, 2.1.2: Estabilización de taludes y 1.3.1: Ahuyentamiento y reubicación de fauna.

3 Alcantarillas

El trazo contempla 17 alcantarillas de tubo de 0.90 cm de diámetro (cuadro V.5), que son suficientes para permitir el libre flujo del agua a ambos lados de la carretera; no obstante, es bien conocido que muchos organismos faunísticos aprovechan estas estructuras para cruzar las carreteras (Foreman, 1995), siempre y cuando sean capaces de ver el otro lado de la alcantarilla como un espacio amplio. Dado que el ancho de esta carretera será de 21 m, es una distancia considerable a librar por parte de los organismos y que desde una alcantarilla pequeña (0.90 cm) no permitirá ver un claro suficientemente amplio para que sean animados a cruzar. De ahí que se estima que estas

dimensiones de alcantarillas, si bien son adecuadas para el flujo del agua, no son adecuadas para permitir el paso de fauna, generando un impacto por efecto de barrera para su desplazamiento. Motivo de ello se sugiere sustituir estas alcantarillas por unas de mayor diámetro, como se presenta en la medida de mitigación correspondiente en el siguiente capítulo.

Cuadro V.5.- Alcantarillas menores a 1.0 m de diámetro.

Cadenamiento (km)	estructura	dimensión
144+507	2tubos	0.9
161+000	tubo	0.9
172+100	tubo	0.9
172+280	tubo	0.9
172+797	tubo	0.9
172+907	tubo	0.9
173-020	tubo	0.9
174+100	tubo	0.9
175+451	tubo	0.9
175+705	tubo	0.9
176+200	tubo	0.9
176+435	tubo	0.9
176+960	tubo	0.9
177+979	tubo	0.9
178+126	tubo	0.9
178+335	tubo	0.9

3.1 Flujo de agua superficial

La inadecuada colocación de las obras de drenaje, tanto en su ubicación como en sus dimensiones, puede ocasionar que se modifique el flujo de agua superficial ocasionando afectaciones aguas arriba de la carretera por encharcamiento, y aguas debajo de la misma por escacés. Esto puede constituir un impacto de gran importancia que puede tener efectos acumulativos al mediano y largo plazos, por lo que se deberán considerar las medidas de mitigación propuestas.

Ver medida de mitigación 3.1.1: Planeación y diseño de alcantarillas

4 Terracerías

La construcción del cuerpo del terraplén de la carretera requerirá del acarreo de materiales de banco para complementar los balances de materiales obtenidos a partir de la curva masa de la obra. Esto implicará la extracción de materiales en bancos de préstamo autorizados y su transporte hacia el

sitio del proyecto, así como la realización de cortes (muchos de ellos en balcón) y la movilización de materiales dentro del derecho de vía desde los sitios de corte hacia los sitios de relleno.

La construcción de las terracerías contempla una considerable movilización de material rocoso a partir de excavaciones y bancos de préstamo. Se excavarán 6,297,833 m³ de material en cortes y túneles, de los cuales se estima poder aprovechar aproximadamente 3,093,582 m³, necesitando extraer adicionalmente 258850 m³ de material de bancos para completar las necesidades de los terraplenes de la obra (Cuadro V.6.a).

Cuadro V.6.a.- Volúmenes estimados para terracerías

Volumen de material para terracerías			
Tipo	m ³	m ³	m ³
Excavaciones	6297833		
Aprovechado		3093582	
Préstamo	258850		
Desperdicio			3193294

De las excavaciones se estima que un volumen aproximado de 3,193,294 m³ serán de material no aprovechable, por lo que constituirá material de desperdicio que deberá ubicarse en los sitios de tiro que se recomiendan (ver medida de mitigación) y que previamente a la disposición deberán contar con las autorizaciones por parte de las autoridades correspondientes.

Ver medida de mitigación 4.3.1 Disposición de material de corte

4.1 Construcción de terraplén

La construcción de terracerías tiene como consecuencia acumulación de impactos ya que se afecta de manera permanente al suelo, causando compactación, pérdida de la materia orgánica y pérdida de los atributos y funciones del terreno a lo largo de todo el terraplén de la carretera.

Asimismo, los acarreos de materiales de corte, relleno y bancos pueden llegar a requerir la apertura de brechas o caminos temporales, y con ello ampliar el área de afectación del proyecto, lo que constituye un importante impacto sinérgico que puede evitarse mediante la aplicación de determinadas medidas de mitigación.

Un importante impacto lo constituyen los sitios de relleno, donde será necesario construir terraplenes para rellenar las cañadas y mantener las especificaciones de una carretera de este tipo. No obstante, este proyecto contempla la construcción de viaductos y puentes en aquellas cañadas de más de 20 m de altura, lo que disminuye el impacto ocasionado por los rellenos de terraplenes.

Cuando requieren construirse terraplenes, el impacto de éstos se deriva de que constituyen importantes barreras para el flujo laminar de agua y el movimiento de mamíferos y reptiles. Motivo de ello, se deberán observar las medidas de mitigación propuestas dentro de los procedimientos de construcción y reforestación de terraplén y la ampliación de los diámetros de las alcantarillas más pequeñas consideradas.

Ver medida de mitigación 4.1.1: Procedimiento de construcción y reforestación del terraplén

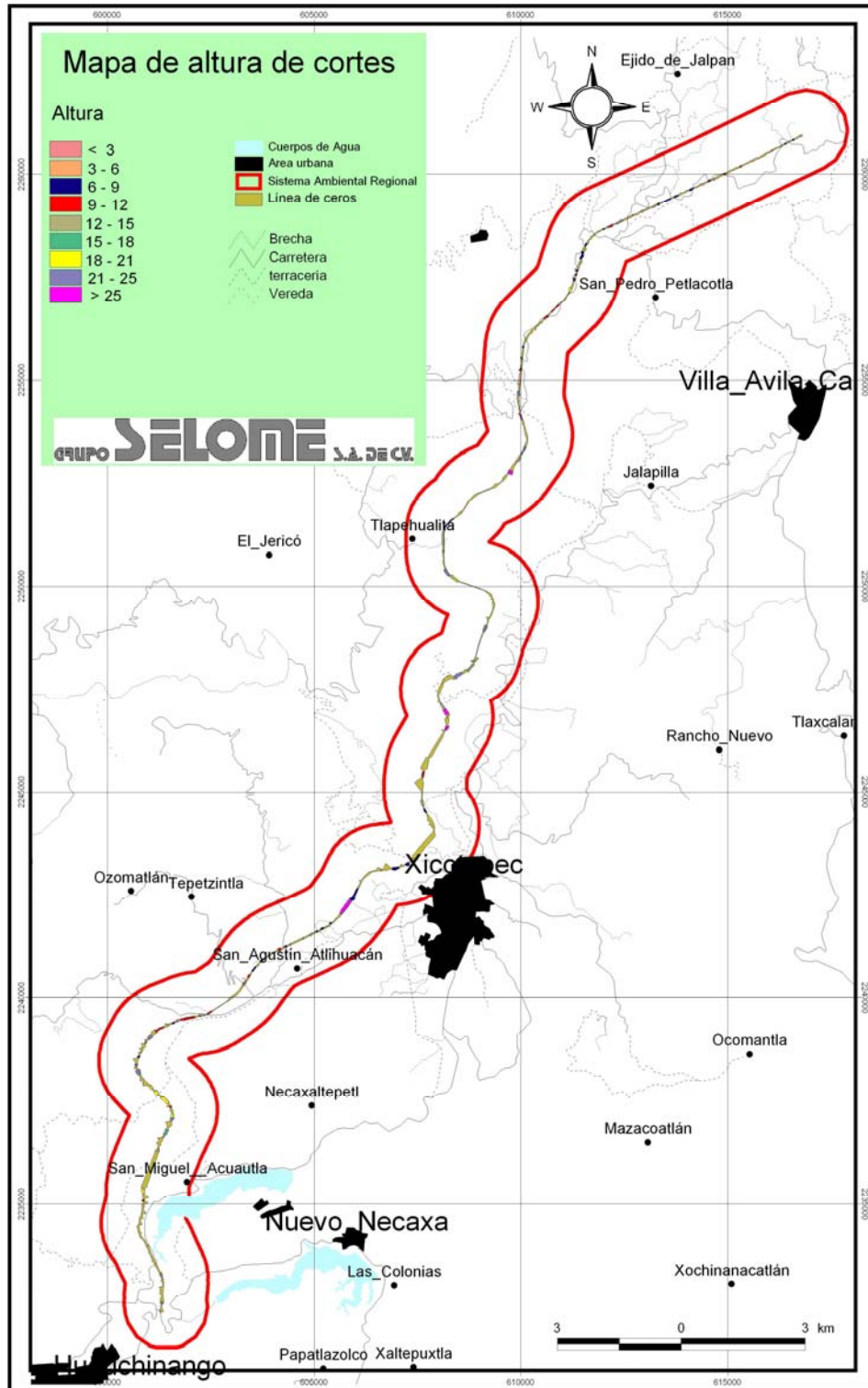
4.2 Explotación de materiales de banco

La obtención de la autorización en materia ambiental para la explotación de bancos de materiales será responsabilidad de la compañía constructora de la carretera en su momento. Motivo de ello, en este apartado solo nos limitaremos a enunciar los posibles impactos que de forma general ocasiona la explotación de bancos. Uno de los principales impactos constituye la apertura de caminos de acceso a los bancos. Estos requerirán del desmonte y despalme antes descritos, así como una compactación del terreno natural para permitir la circulación de los camiones transportadores. Asimismo la extracción de material se realiza con voladuras y maquinaria pesada. Los ruidos y movimientos generados por estas acciones ahuyentan a la fauna silvestre, obligándola a desplazarse de sus sitios habituales. Previo al ataque de un banco será necesario el desmonte y despalme, con las afectaciones antes descritas. El transporte de materiales de bancos también generará mayor tránsito de vehículos pesados por la región, generando problemas viales y mayor susceptibilidad a accidentes. Como antecedente en la región se tienen derrumbes recientemente ocurridos sobre cortes de bancos en explotación que han dejado superficies muy verticales de material poco consolidado que al saturarse de agua ocasionaron fuerte caída de material. Motivo de estos antecedentes, la solicitud de autorización de aprovechamiento deberá quedar sujeta al cumplimiento de medidas de estabilización de los cortes en los bancos, durante y posterior a su aprovechamiento.

Ver medida de mitigación 4.2.1: Solicitud y autorización de aprovechamiento

4.3 Cortes

La construcción de este tramo nuevo requerirá gran cantidad de cortes, principalmente en balcón, sobre el terreno escarpado y laderas. La inclinación y altura de estos cortes es elevada, con inclinación de talud de 0.25:1 y altura de hasta 35 m (Figura V.2).



Se tiene como antecedente en la región de Huauchinango y Xicotepec que los cortes del terreno, con las condiciones de fisuramiento y echado de la roca existentes, la mala consolidación del material y las superficies con suelos con altos contenidos de arcillas, promueven la existencia de derrumbes. Es común observar en tramos anteriores de esta carretera, actualmente en construcción, derrumbes de material por efecto de la realización de cortes altos y/o con fuertes pendientes en los que la estabilización con colocación de pasto no ha sido suficiente y la saturación del suelo por flujo subsuperficial ha ocasionado el derrumbe (Fotos V.5). Esto puede derivar en uno de los impactos más importantes de la construcción de esta carretera, ya que resulta muy importante prever los sitios susceptibles a derrumbes y tomar las medidas previsoras correspondientes para evitar daños materiales y/o personales.



Fotos V.5.- Derrumbes de material en cortes ocurridos en tramos anteriores de la autopista México-Tuxpan.

En un intento por identificar los sitios con mayor susceptibilidad a derrumbe a lo largo del trazo, se conjuntaron los mapas de grado de consolidación de material geológico (inferido a partir de la litología reportada en cartografía INEGI y los recorridos de campo), cantidad de arcilla en los horizontes minerales del suelo (a partir del levantamiento de perfiles de suelo en campo), inclinación del terreno (mapa de pendientes generado a partir de la topografía escala 1:50,000) y altura de los cortes contemplados en el proyecto, dentro de un análisis estadístico multivariado (análisis de componentes principales y análisis de conglomerados) con datos estandarizados (capítulo VIII) para identificar grupos naturales de situaciones combinando los diferentes valores de consolidación del

material, , % de arcilla y altura de los cortes. Como resultado del análisis de componentes principales se observó que con los primeros 2 componentes es factible explicar el 82.24% de la variabilidad observada (cuadro VI.6.b)

Cuadro VI.6. b.- Total de la varianza y varianza acumulada para 4 componentes principales.

Porcentaje de varianza explicada		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
54.095%	28.142%	17.763%
82.24%		
100%		

Al generar una gráfica del peso de cada condición en los primeros 2 componentes principales (82.4% de la variabilidad) se obtienen aproximadamente 8 grupos de sitios con condiciones de riesgo a lo largo de un gradiente y cuatro sitios con condiciones particulares (figura V.3).

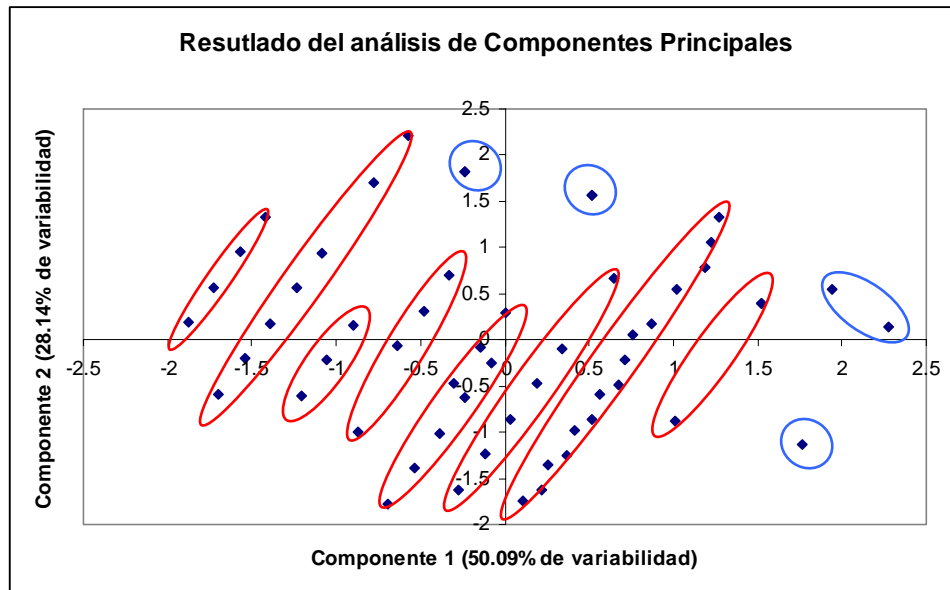


Figura V.3.- Resultados del análisis de componentes principales

Un segundo análisis multivariado contemplado fue un análisis de conglomerados en el que se dividió el dendrograma resultante en aproximadamente esas 8 a 9 clases de riesgo, cuyas características se presentan en el cuadro V.6.c.

V.6.c. - Clases de riesgo a derrumbe para el área de cerros del proyecto.

Evaluación de condiciones de riesgo por cluster					Jerarquización de riesgo			
Clase de Riesgo	% Riesgo relativo a derrumbe*	Fracturamiento	% arcilla	Altura cortes	Fracturamiento	% arcilla	Altura cortes	Total
1	70%	2	30 - 35	21 - 25	1	3	3	7
2	60%	2	30 - 40	12 - 15	1	3	2	6
2'	50%	2	35 - 40	3 - 6	1	3	1	5
3	40%	2	20 - 25	3 - 15	1	2	1	4
4	70%	4 - 6	15 - 30	12 - 18	2	2	3	7
5	50%	4 - 5	20 - 25	6 - 9	2	2	1	5
6	70%	4	25 - 35	9 - 15	2	3	2	7
7	90%	4 - 6	25 - 30	21 - 25	3	3	3	9
8	70%	4 - 6	15 - 20	15 - 25	3	1	3	7
					b=1	m=2	a=3	

Criterios de evaluación:

Fracturamiento	Evaluación colorimétrica	% arcilla	Evaluación colorimétrica	Altura cortes	Evaluación colorimétrica
2 - 3	bajo	15 - 20	bajo	3 - 6	bajo
4 - 5	medio	20 - 30	medio	6 - 9	medio
6 - 7	alto	30 - 40	alto	9 - 15	alto
				15 - 18	alto
				18 - > 25	alto

Con estas clases se elaboró un mapa de sitios con mayor pro propensión al derrumbe de material (Figura V.3). Si bien este mapa no cuenta con todos los elementos necesarios para obtener un mapa de riesgos detallado (ya que se encuentran fuera de los alcances de este tipo de estudios), si permite en un primer instante identificar sitios evidentemente más propensos. La idea es preveer que la realización de cortes en estos sitios tome las medidas más adecuadas para su estabilización antes de la primer temporada de lluvias. Asimismo, a partir de este mapa se pueden identificar cortes cuya inclinación del terraplén deba ser re-considerada y modificada. En los sitios más propensos los cortes deberán ser diseñados con mayores inclinaciones de las propuestas, o bien considerar bermas adecuadamente construidas. Para tal efecto se recomienda ver las medidas de mitigación sugeridas.

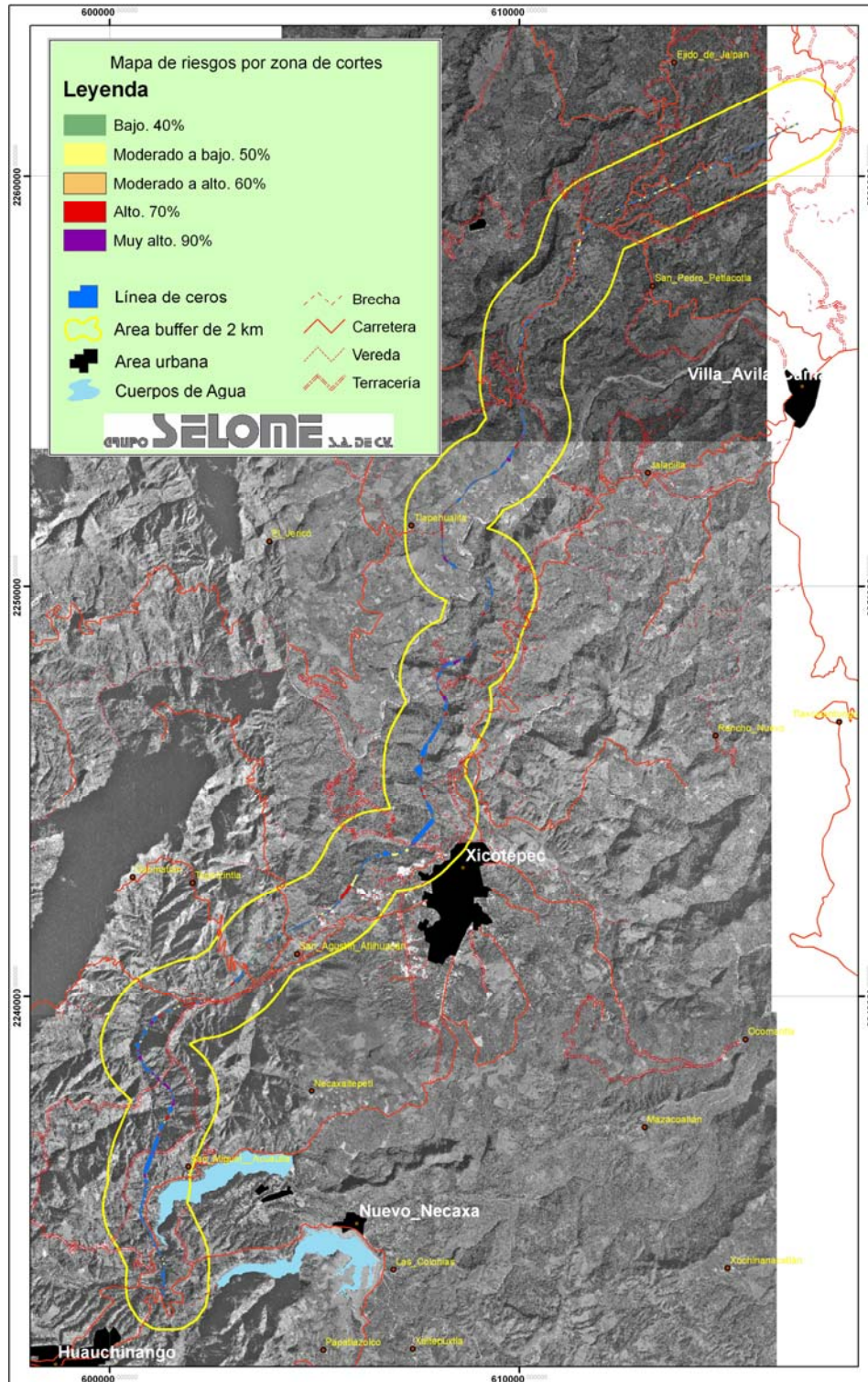


Figura V.5.- Mapa de propensión a riesgo de derrumbe a lo largo del trazo carretero.
Para mayor detalle referirse a mapa en capítulo VIII.

Adicional a lo anterior, el material producto de los cortes que no sea aprovechado en la construcción de rellenos del terraplén, se considera desperdicio y su inadecuada disposición puede ocasionar importantes daños al ambiente, particularmente en zonas escarpadas con abundantes cañadas, ya que pueden llegar a obstruir el flujo de agua y generar afectaciones aguas abajo del sitio de acumulación inadecuada. Motivo de ello es importante observar ciertas medidas de mitigación.

Ver medida de mitigación 4.3.1: Cortes de terreno y disposición de material de corte

4.4 Acarreo de materiales

El transporte de los materiales desde el banco y hasta el frente de obra implica un mayor tránsito de vehículos pesados por las actuales vialidades. En ocasiones es común que las constructoras faciliten estos acarreos construyendo terracerías y brechas hacia y desde el frente de obra y el banco, lo que incrementa notablemente el área de afectación de la construcción de la carretera más allá de las líneas de ceros o del propio derecho de vía. Esto constituye un importante impacto adverso acumulativo con la realización de otras obras durante la construcción de terracerías, por lo que se deben observar medidas de mitigación correspondientes.

El acarreo puede generar derrame de polvos que afectan la seguridad de los caminos y carreteras existentes, ocasionando molestias a transeúntes, poblados y vegetación en predios colindantes a estos caminos, por lo que deberán observarse medidas de prevención correspondientes.

Asimismo la operación de vehículos y maquinaria en general genera contaminantes atmosféricos, que aunque la capacidad de dispersión en la zona es muy amplia, deben operar bajo condiciones de mínima contaminación, por lo que deben ser regulados y sujetos a programas de mantenimiento periódico, vigilancia y control de operación.

Ver medida de mitigación 4.4.1: Tránsito de vehículos con material de bancos

5 Puentes

5.1 Construcción de puentes

Esta carretera contempla la construcción de 13 obras elevadas, 8 corresponden a puentes y 5 a viaductos. (Cuadro V.7). En los terraplenes que cruzarían barrancas con alturas mayores a los 20 m se ha definido para este proyecto en particular, la construcción de puentes o viaductos, en lugar de grandes rellenos.

Cuadro V.7.- Relación de puentes y viaductos contemplados para el proyecto.

Tramo Km. al Km.	Estructura	Longitud m	Ubicación Km	coordenada X	coordenada Y
	Puente	70	162+867	609424	2250082
163-164	Puente	860	163+147	609273	2250309
164+165	Puente	340	164+340	608264	2250862
	Puente	102	168+714	610144	2254338
149-150	Puente Alseseca	100	149+326	602666	2240131
153-154	Puente Alseseca II	95	153+103	605620	2242371
162-163	Puente Las Pilas	40	162+031	609166	2249299
141-142	Puente Texcapa II	260	141+200	601356	2233770
157-158	Viaducto	500	157+300	607688	2245246
158-159	Viaducto	260	158+060	607740	2246002
159-160	Viaducto	140	159+280	608306	2247078
	Viaducto	200	160+380	608200	2248096
	Viaducto	140	162+460	609336	2249693

La construcción de estos puentes reduce significativamente el impacto derivado de la construcción de terraplenes de gran tamaño y altura. No obstante, en su construcción existen ciertos impactos ambientales que deberán ser mitigados. La construcción de estos puentes requerirá el movimiento de maquinaria y vehículos desde y hacia la base de los mismos a fin de permitir la construcción de las pilas. Para ello será necesario abrir brechas de acceso al fondo de las cañadas por donde cruzarán estos pasos elevados. La apertura indiscriminada de caminos para facilitar y agilizar el movimiento de la maquinaria, deriva muchas veces en importantes impactos ambientales, los que deberán evitarse dentro de lo posible, al restringir las dimensiones y números de accesos, y procurar su restauración ecológica posterior a su uso, tal y como se señala en las medidas de mitigación.

Ver medida de mitigación 5.1.1: Mitigación para construcción de puentes

6 TUNELES

En sitios donde existiría la necesidad de grandes cortes, este proyecto ha optado por la excavación de 11 túneles (Cuadro V.8). Ello tiene una importante ventaja con respecto a los cortes pues la superficie de terreno que se afecta es mucho menor (correspondiente solamente a la parte de la entrada y salida del túnel). Se requieren menos desmontes y despalmes que en los cortes, y no se presenta una fragmentación de los habitats naturales, ni un efecto barrera para el cruce de fauna.

Cuadro V.8.- Características de los túneles contemplados por el proyecto.

Tramo Km. al Km.	Estructura	Longitud m	Ubicación Km	coordenada X	coordenada Y
	túnel	160	162+680	609419	2249894
	túnel	160	162+943	609402	2250149
147-148	túnel Cuahueyatla	113	147+665	601141	2239523
	túnel El Zoquital	650	158+375	607864	2246290
140-141	túnel huauchinango	160	140+480	601394	2233063
168-169	túnel La Ardilla	175	168+515	610202	2254139
160-161	túnel Las Pilas I	320	160+040	608081	2247787
161-162	túnel Las Pilas II	550	161+370	608970	2248667
143-144	túnel Necaxa	940	143+400	600968	2235823
155-156	túnel Xicotepec	900	155+560	607434	2243778
154-155	túnel Xicotepec I	520	154+227	606236	2243310

El material extraído de la excavación de los túneles será reaprovechado junto con el material de cortes para la construcción de terraplenes, y el material excedente deberá disponerse de acuerdo con lo sugerido en la medida de mitigación correspondiente.

Ver medida de mitigación 6.1.1: Mitigación para construcción de túneles

7 Pavimento

Una vez construidas las terracerías se construirá la base, sub base y se revestirán de concreto asfáltico en una franja aproximada de 21 metros de ancho por 40 kilómetros de largo.

7.1 Sellamiento de superficies

La pavimentación de una franja de aproximadamente 21 metros de ancho por 40 km de largo para conformar la corona de la carretera, según sección, ocasionará el sellamiento permanente de dicha superficie, correspondiente a 840,000 m². Este sellamiento no ocasionará un impacto significativo sobre la recarga, ni sobre el flujo sub-superficial del agua en toda la zona, su efecto será exclusivamente puntual, a lo largo de la carpeta asfáltica del proyecto, por lo que no será significativo.

Se tendrá además un impacto relativamente bajo y de corta duración con la calidad del aire debido al desprendimiento de gases y olor por efecto de los riegos durante la pavimentación, así como por el uso de plantas pavimentadoras.

Ver medida de mitigación 7.1.1: Manejo cuidadoso y medidas para evitar derrames accidentales

8 Obras de drenaje complementarias

Se construirán obras de drenaje complementarias para el adecuado funcionamiento de la carretera.

8.1 construcción de bordos, cunetas, contracunetas, lavaderos etc.

La adecuada operación de la carretera requiere de la construcción de obras de drenaje complementarias que protejan la infraestructura de los efectos de la lluvia. Se requiere la construcción de cunetas, contracunetas, bordos, lavaderos, etc. para tales fines.

Estas obras deberán evitar ser fuentes de origen de erosión hídrica de la superficie del suelo aledaño a la carretera, y controlar el flujo de agua para que no se generen encharcamientos ni la retención de humedad en determinados puntos de la carretera.

Dentro de los principales impactos por estas obras esta el continuo lavado de los materiales en la base de los lavaderos, en cortes y taludes donde se coloquen cunetas y contracunetas, lo que propicia la pérdida del suelo, rompimiento del lavadero y aumento de la erosión de manera local. Esto resulta de particular importancia en sitios donde el material expuesto es muy arcilloso como el que se encuentra en el área del proyecto, y que puede derivar en la destrucción de la propia obra de drenaje y la erosión del talud del corte o terraplén de la carretera.

Ver medida de mitigación 8.1.1: Proyección de obras de drenaje complementarias

9 Generales a todas las obras

En cualquier fase de la obra ocurrirán impactos por efecto de generación de residuos sólidos de construcción, generación de residuos urbanos por permanencia de personal. Generación de aguas sanitarias, afectación a la circulación vial y la presencia de trabajadores en frentes de obra.

9.1 Generación de residuos de construcción

La construcción de la carretera generará residuos de varilla, tubo, material pétreo, carpeta asfáltica y base contaminada de productos asfálticos, entre otros. De dejarse estos residuos en el derecho de vía del proyecto conformarán un impacto visual de gran importancia debido al alto grado de conservación del entorno en diversos puntos del cadenamiento. Uno de los atributos más importantes de la zona es el atractivo paisaje que presenta, donde estos tipos de vegetación (bosque mesófilo de montaña y selva mediana subperennifolia) son cada vez más escasos en nuestro país. Por ello, evitar la afectación paisajística y recuperar las zonas afectadas por la obra resulta de gran importancia.

Aunado a lo anterior, en zonas rurales y semiurbanas, estos residuos en la carretera pueden propiciar accidentes, así como fungir como hábitats en la proliferación de fauna nociva y ser núcleos detonadores de sitios de depósito de desperdicios por parte de la población (ver basura tirada induce a que se tire más en un sitio). Motivo de ello, se deberán aplicar medidas de mitigación.

Ver medida de mitigación 9.1.1: Disposición en bancos de cascajo y de tiro

9.2 Generación de residuos urbanos

La presencia de trabajadores en un frente de obra genera desperdicios propios de su ingesta de alimentos y bebidas, entre otros. Es común ver embases y papeles tirados por todos lados en el sitio de obras, por lo que se constituye un impacto visual y de sanidad.

Ver medida de mitigación 9.2.1: Instalación de contenedores y recolección de basura en derecho de vía

9.3 Generación de aguas negras sanitarias

La presencia de trabajadores en frentes de obra requiere de servicios sanitarios adecuados. Se debe prohibir la defecación a cielo abierto pues constituye un importante foco de propagación de enfermedades e infecciones tanto para la población como para los propios trabajadores, sin mencionar el desagradable efecto sobre el paisaje.

Ver medida de mitigación 9.3.1: Instalaciones sanitarias

9.4 Afectación a la circulación vial

El nuevo tramo carretero se encuentra en un sitio donde existen vialidades de diferente índole (carreteras federales, caminos rurales, vialidades urbanas, terracerías, brechas y veredas), el tránsito por éstas es moderado a alto en ciertas horas, por lo que la mayor afluencia de vehículos de carga con materiales y equipos para la obra, ocasionarán un impacto sobre el tránsito, así como una mayor propensión a accidentes.

Ver medida de mitigación 9.4.1: Señalamiento preventivo adecuado

9.5 Operación de maquinaria y equipo

La construcción de la carretera requerirá de maquinaria y equipo en constante operación, así como disponibilidad a una planta de pavimentos en la región. Se requerirán además espacios para oficinas y talleres mecánicos. Estos constituyen sitios donde la vegetación se retira, el suelo se compacta y se sujetan a posibles accidentes, derrames y movimientos de maquinaria y equipo, así como la instalación de casetas provisionales y acumulaciones de materiales. Ello generalmente se realiza dentro del derecho de vía, lo que hace que el impacto sea reducido. No obstante, estas áreas deberán quedar sujetas al retiro de todo tipo de material e infraestructura y su restauración ecológica al finalizar las obras.

Ver medida de mitigación 9.5.1: Instalación de patios de maniobra y almacenes

9.6 Presencia de los trabajadores en frentes de obra

Es común que los trabajadores en sitios con vegetación silvestre, incurran a los predios aledaños en sus horas de descanso y que realicen alguna caza, captura o colecta de organismos de fauna o flora como recuerdo, mascota o alimento. Esto contribuye al deterioro ambiental que conlleva la obra extendiendo su efecto en ocasiones más allá del derecho de vía.

Ver medida de mitigación 9.6.1: Reglamentar comportamiento

10 Carretera en operación

En el caso de carreteras, uno de los principales impactos y de carácter permanente constituye el efecto de barrera de la vialidad sobre los desplazamientos de personas y animales, particularmente de mamíferos de mediano tamaño.

10.1 Efecto de barrera para el desplazamiento de fauna y Seguridad vial

Conforme una carretera amplía su sección, aumenta también su velocidad de proyecto, incrementándose el efecto de barrera que constituyen todas las carreteras. Con ello se dificulta aún más el desplazamiento de fauna silvestre entre uno y otro lado, y se incrementa el riesgo de atropellamiento de la misma.

Dada la importancia ecológica de la zona donde se localiza el tramo carretero, en particular los primeros 4.5 km (Área Natural Protegida de la Cuenca del Río Necaxa), la fragmentación de hábitats y la obstrucción de movimiento de fauna se han considerado como los principales impactos sobre el medio biótico y por lo mismo, se analiza detalladamente y se proponen medidas de mitigación tendientes a mejorar las condiciones de operación de la carretera proyectada. Al respecto se consideró pertinente ampliar la explicación del efecto de este impacto, fundamentado en la bibliografía reciente sobre el tema, misma que a continuación se expone.

Las carreteras en general ocasionan un importante impacto al funcionar como barreras para el desplazamiento de fauna y en la fragmentación de comunidades vegetales (Foreman, 1995). La acción humana sobre los ecosistemas genera alteraciones o disturbios (eventos discretos que rompen con la estructura y función del ecosistema, comunidad o población, al modificar los recursos, disponibilidad de sustrato o el medio físico, por un lapso de tiempo determinado; White y Harrod, 1997). Estos disturbios promueven la heterogeneidad a diferentes escalas al crear distintas condiciones y ocasionan la fragmentación del entorno formando parches (sitios con condiciones de hábitat diferentes a las del ambiente en su alrededor) (White y Harrod, 1997). En el caso particular de carreteras, las acciones de construcción y ampliación detonan el surgimiento de parches de vegetación ruderal a lo largo del derecho de vía y zonas desmontadas en las inmediaciones de la carretera, los que junto con el pavimento, dividen sitios que originalmente fueron homogéneos. La carretera queda entonces como un parche alargado o franja de desmonte/vegetación distinta de la presente en el resto de la zona.

Esta estructura en parches tiene importantes consecuencias en las comunidades ecológicas (Gustafson, 2002), como resulta ser la formación de un **hábitat de borde** producto de un proceso sucesional después de un disturbio (Foreman, 1995). Este hábitat de borde es distinto en composición y características al hábitat original (Gustafson, 2002) y generalmente están conformados por algunas especies distintas de aquéllas presentes en el resto de la vegetación y/o a las mismas especies locales, pero con densidades y dominancias diferentes conformando un **corredor** de vegetación paralelo a la carretera, con cualidades distintas al entorno natural inmediato (Foto V.6).

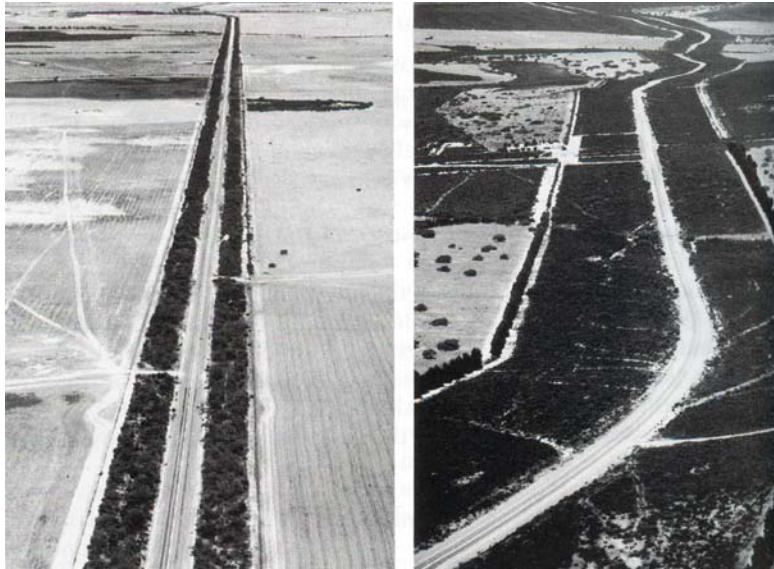


Foto V.6.- Vistas de corredores de vegetación paralelos a carreteras en Australia.
(Foto tomada de Foreman, 1995 para ejemplificar).

Se reconoce que algunas especies de plantas y animales prefieren estas condiciones de borde, por lo que aumentan sus poblaciones notablemente cambiando la fisonomía original de la comunidad a lo largo del sitio impactado, y sin que en muchos casos, resulte claro hasta donde termina la influencia de este efecto de borde. Para algunas especies, estos bordes consituyen heterogeneidad en alimentos y condiciones abióticas adicionales a las existentes y que brindan mayores oportunidades de refugio o comida. Muchos ungulados en zonas de borde maximizan la proximidad a los recursos al moverse frecuentemente entre ecosistemas pasando por los bordes sin problema y desplazándose a lo largo de dichos corredores. No obstante otras especies de vertebrados no toleran movimientos fuera de su hábitat y quedan restringidos al interior del parche, siendo incapaces de rebasar el borde (Foreman, 1995). De ahí que la presencia de límites o franjas de hábitat de borde inducidos por las carreteras a manera de corredores puede en un sentido aumentar los flujos entre organismos que aprovechan estas nuevas condiciones, y en otro, restringirlos.

La formación de corredores no es exclusivamente antrópica. La naturaleza crea corredores sinuosos a manera de arroyos, acantilados y senderos producidos por el paso de animales (Foto V.7). El hombre crea estructuras rectas como caminos, líneas de alta tensión, diques y senderos al caminar frecuentemente por sitios con vegetación natural. La diferencia además de la forma y el origen, radica en que los de la naturaleza son continuos y anchos y se han desarrollado a lo largo de mucho tiempo, por lo que presentan comunidades vegetales características; mientras que los antrópicos se

observan fragmentados, de poca amplitud y con comunidades vegetales de estadios iniciales de la sucesión (Foreman, 1995).



Foto V.7.- Vista de un corredor natural a lo largo de un río en Montana, USA.
 (Foto tomada de Foreman, 1995 para ejemplificar).

Estos corredores funcionan como un conducto o un filtro para el desplazamiento de organismos entre parches de vegetación natural o usos de suelo distintos. La eficiencia como corredores va a estar dada en función de su dimensión, forma y estructura. De ahí que sea de gran importancia la relación que exista entre el corredor y el resto de la vegetación en los ecosistemas adyacentes (Figura V.4) (Foreman, 1995).

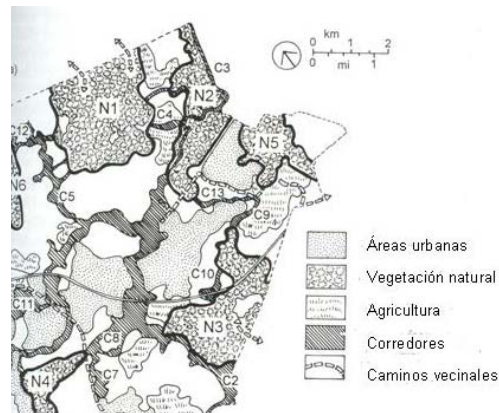


Figura V.4.- Vistas y ejemplo de funcionalidad de corredores entre parches de vegetación natural.
 (Modificado de Foreman, 1995).

Se considera que los corredores cumplen con 5 funciones primordiales: de hábitat, conducción, filtro, fuente y depósito. De las anteriores, resultan de interés para el análisis del impacto ambiental, las primeras tres: En su función como hábitat se puede señalar que en las comunidades de borde predominan especies generalistas y plantas tolerantes del disturbio, que fungen como hábitat de diferentes especies de vertebrados. Su función como conducto queda definida por aquellas especies que se mueven a lo largo del corredor interconectando parches de vegetación natural, y va a estar dada en función de la sencibilidad de cada especie a incursionar en tipos de vegetación distintos a su hábitat natural. Su función como filtro o barrera resulta evidente para aquéllos organismos que se ven imposibilitados de desplazarse entre un parche y otro en uno y otro lado del corredor. El movimiento directo de los animales a lo largo de caminos depende de la densidad vehicular. Caminos estrechos sin pavimentar con poco tránsito son factibles de ser utilizados por predadores y mamíferos mayores (coyotes, zorras, etc.). Contrario a ello, caminos amplios limitan los movimientos de mamíferos grandes siendo factible solo el desplazamiento de mamíferos pequeños y en ocasiones medianos, así como de semillas de plantas nativas y no nativas, estas últimas en ocasiones generando manchones de vegetación introducida que pueden afectar a las plantas locales. La relación entre la amplitud del camino y los límites de capacidad de cruce de algunas especies se muestra en la figura V.6.(Foreman, 1995).

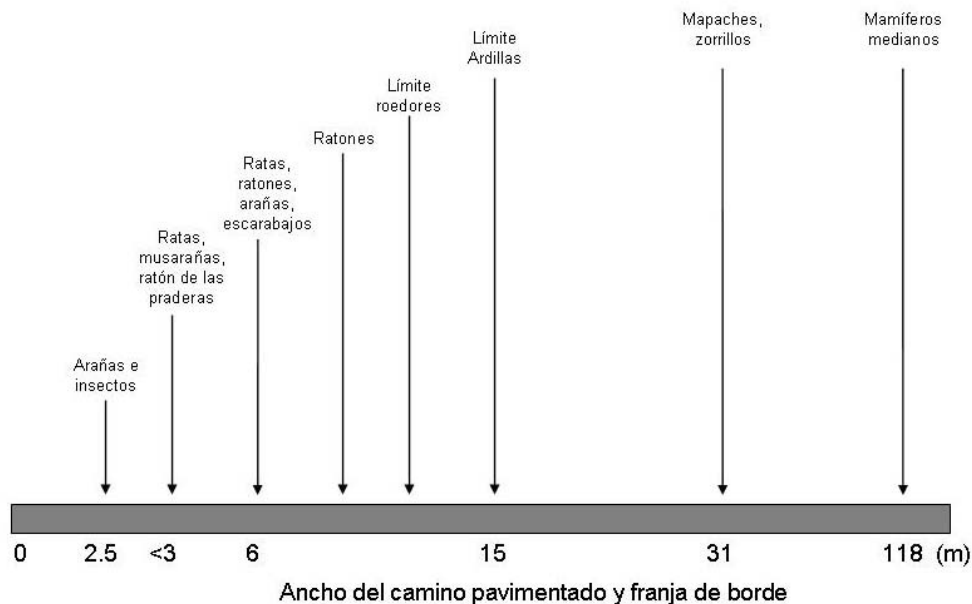


Figura V.6.- Límites máximos identificados para el cruce de ciertos organismos por carreteras pavimentadas. (Tomado y modificado de Foreman, 1995).

El papel de las carreteras, en el cruce de fauna a ambos lados del corredor que se forma en éstas, ha sido ultimamente estudiado en términos de reducir el número de atropellamientos y analizar el efecto de fragmentación que genera una red carretera (Foreman, 1995). Como se mencionó, los caminos funcionan como barreras para el movimiento y dispersión de la fauna silvestre, aislando y fragmentando poblaciones. Esto es importante pues la fragmentación es uno de los principales problemas detonadores de la extinción por efecto de reducción en la plasticidad genética y números poblacionales (Kausman, 1997).

Además del impacto por fragmentación del hábitat, las carreteras promueven un mayor acceso antrópico y desarrollo en sitios antes inaccesibles e introducen contaminantes y posibles enfermedades o plagas, además de incrementar el riesgo de colisión, una causa directa de mortalidad de fauna (Thomas 2006).

En tiempos recientes, mayor conciencia se ha tomado sobre el impacto de las carreteras. Como producto de esta conciencia se ha desarrollado una rama de estudio: Ecología de caminos (Foreman 1995, Thomas 2006). Actualmente la visión es dirigir la construcción de carreteras, particularmente de autopistas, con diseños que integren las condiciones del paisaje circundante y los patrones de movimiento de animales en cada localidad para formar corredores que den mayor conectividad a los parches aislados de vegetación natural y permitan un mejor desplazamiento de los organismos. Se busca crear oportunidades de cruce para los animales y así **conectar** poblaciones aisladas y minimizar el riesgo de colisión. Motivo de lo anterior, el impacto sobre la fragmentación de hábitats y el bloqueo de tránsito de fauna se considera uno de los impactos de mayor relevancia por la construcción de esta carretera, por lo que se presentan las medidas de mitigación para reducir su efecto negativo hacia el ambiente, considerando las nuevas tendencias de creación de corredores biológicos a lo largo de estructuras lineales, como se presentó en la foto V.6 anterior. Cabe agregar que la inclusión de 13 puentes y viaductos, y 11 túneles en este proyecto carretero disminuye notoriamente el efecto barrera que podría derivarse de una carretera de esta magnitud ya que por estas superficies resulta factible el desplazamiento de fauna. La conservación de la vegetación natural en los sitios de túneles y a los lados de las cañadas de los puentes, junto con acciones de restauración ecológica dentro del derecho de vía, pueden resultar en una buena forma de reducir el impacto de fragmentación de hábitats mediante las medidas de mitigación propuestas.

Ver medidas de mitigación: 9.1.1 Seguridad vial y Cruces peatonales y 9.1.2 Construcción de pasos para fauna

IMPACTOS BENEFICOS

11 Carretera en operación

Con la construcción de esta carretera se conecta de forma directa la Zona Metropolitana de la Ciudad de México hacia la franja costera de Veracruz, particularmente hacia los puertos de Tuxpan y eventualmente al puerto de Veracruz. Esta obra resulta muy necesaria para agilizar el transporte de productos y servicios entre el centro del país y la zona costera del Golfo de México, además de facilitar una mayor afluencia turística al contar con una vialidad segura y rápida. Motivo de ello, este se considera el impacto benéfico de mayor relevancia, y por ende, es el que motiva la realización de este proyecto.

12 Generación de empleo

La realización de estas obras requerirá de mano de obra calificada y no calificada de forma temporal. Esta generación de empleos beneficiará a algunas personas de las localidades próximas, así como de las cabeceras municipales por el tiempo que duren las obras.

13 Adquisición de bienes y servicios

La realización de esta obra requerirá la compra y renta de bienes y servicios en las localidades próximas a la carretera. Ello trae como beneficio mayores ventas de estos bienes y servicios, apoyando la economía local por el tiempo que duran las obras.

V.2 CRITERIOS Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS

V.2.1. Criterios y escalas

La evaluación del impacto se realizó a escala detallada, considerando los impactos dentro del área del proyecto y aquellos que pudiera salir de ésta. Se utilizó una matriz de cribado de impactos ambientales como técnica de evaluación de impactos. Esta matriz se diseñó a partir del diagrama de identificación de impactos y el programa de obra del proyecto, a fin de considerar la mayor parte de las actividades que se desarrollarán en cada etapa en orden cronológico, y su efecto en los diferentes componentes del sistema ambiental.

El procedimiento de evaluación se describe a continuación:

Se realizó la evaluación de impactos utilizando los criterios propuestos por Bojorquez et al. (1998). De acuerdo a este esquema, los criterios de evaluación se dividen en básicos y complementarios. Los criterios básicos son 1) magnitud o intensidad (M), 2) extensión espacial (E) y 3) duración (D); los criterios complementarios son: 1) sinergismo entre actividades (S), 2) efectos acumulativos (A) y 3) controversia (C).

Ambos tipos de criterios se evaluaron usando una escala ordinal de 0 a 9, con mínimos efectos sobre el ambiente denotados por el cero, y máximos efectos denotados por el 9. Los criterios de calificación de cada impacto se entregan de forma desglosada en un anexo y los valores de 0 a 9 serán asignados considerando valores cuantitativos obtenidos a partir del trabajo de campo y gabinete de este estudio en la medida de lo posible; mismos que se integrarán en dicho anexo. Ello con la finalidad de disminuir la subjetividad al asignar los valores de calificación de los criterios básicos y complementarios.

Asimismo, para cada efecto se determinó su naturaleza, esto es, si el impacto es benéfico o perjudicial para el ambiente. Se asignaron calificaciones positivas (+) para impactos benéficos y calificaciones negativas (-) para impactos adversos. La definición utilizada para evaluar cada criterio fue la siguiente:

1. **Naturaleza del impacto:** benéfico (positivo +) o perjudicial (negativo -).
2. **Magnitud (M):** Se refiere a la intensidad del efecto de la actividad sobre el componente ambiental, independientemente del área afectada o duración del impacto. Se utilizarán criterios

de evaluación fundamentados en los datos teóricos y de campo, listados de especies, clases de suelo, tipos de vegetación, etc.

3. **Extensión espacial (E):** Tamaño de la superficie afectada por una determinada acción. En el caso en que el efecto abarque toda el área de estudio, se le asignará la máxima calificación posible.
4. **Duración (extensión temporal) (D):** Tiempo en que el componente ambiental mostrará los efectos de la actividad. Se asignará el número 9 a aquellos efectos de carácter irreversible, y tomando los demás criterios dentro del marco la vida útil de los proyectos.
5. **Sinergismo (S):** Actividad que, al estar presente otra, los efectos sobre el ambiente se incrementen más allá de la suma de cada una de ellas.
6. **Efecto acumulativo (A):** Cuando como consecuencia de una actividad el efecto sobre el componente ambiental se incrementa con el tiempo, aunque la actividad generadora haya cesado.
7. **Controversia (C):** Es una medida del grado en que la sociedad pudiese responder ante la ocurrencia de un cierto efecto de una actividad sobre un factor ambiental, de tal medida que lo "magnifique" con respecto a su valor real.

Con los valores obtenidos se calcularon los índices básicos (IB) y los complementarios (IC) y, con ellos, se estimó el **Índice Cuantitativo de Impacto (I)** siguiendo el procedimiento descrito por Bojórquez et al. (1998), modificado por Sánchez-Colón y Flores-Martínez (en preparación) mediante la expresión que se presenta en el capítulo VIII.

V.2.2 Evaluación de impactos ambientales

La evaluación cuantitativa de los impactos ambientales se presenta en las siguientes matrices de evaluación de impacto. Cabe señalar que la primera matriz considera que el proyecto no toma en cuenta ninguna medida de mitigación o recomendación realizada en este estudio mientras que la segunda corresponde al mismo proyecto con la aplicación de medidas de mitigación apropiadas. Las hojas de evaluación para cada factor ambiental considerado se incluyen en el capítulo VIII de la presente.

V.3 ACUMULACIÓN Y SINERGIA DE IMPACTOS AMBIENTALES

Aunque la propia evaluación del impacto ambiental califica la posibilidad de efectos acumulativos y sinérgicos, como se presentó con anterioridad, se resalta que los efectos sobre la vegetación conllevarán además, efectos sobre la fauna y el suelo. Sobre la fauna por destrucción directa de hábitats, sitios de percha, de anidamiento y de madriguera. Asimismo, al eliminar la vegetación el suelo será expuesto y favorecerá su erosión. Este impacto se prevee puede ser de gran importancia dada la susceptibilidad de los suelos (Acrisoles y Luvisoles) a la erosión hídrica por sus altos contenidos de arcilla en los horizontes minerales y las fuertes pendientes en la zona, por lo que el desmonte de la vegetación y desplame de la capa orgánica del suelo (con mayor estructura y estabilidad de agregados que los horizontes inferiores), junto con la alta incidencia de lluvia en la región, puede generar un impacto sinérgico al promoverse el deslave de material hacia y desde la zona de obra, que pudiera llegar a rebasar los cerros del proyecto, e incluso el propio derecho de vía. De ahí la importancia de estabilizar los taludes de los cortes cuando quede expuesto el material mineral del suelo, y procurar la realización de las obras fuera de la temporada de lluvias.

Otro importante impacto sinérgico resultará del desmonte, despalle y corte de la franja dentro de los cerros del proyecto donde se alojará la carretera, así como la presencia de trabajadores, maquinaria y equipos. Esto conformará una importante barrera física, visual y auditiva para el desplazamiento de los organismos, particularmente mamíferos, restringiendo su desplazamiento. Esta reducción en el espacio de movilización para los organismos podría repercutir en mayores presiones para el establecimiento de territorios, búsqueda de alimento, efectos sobre las poblaciones de presas que posteriormente se reflejarán como efectos en las poblaciones de depredadores; efectos que al largo plazo y de forma permanente seguirán presentándose una vez que la carretera esté construida y en operación. De ahí la importancia de la habilitación de un corredor biológico a lo largo de la carretera y la facilitación de los desplazamientos de fauna por los tuneles, viaductos, puentes y alcantarillas contempladas para esta obra. Al reestablecerse parte de la vegetación con las obras de restauración ecológica de la carretera y recuperarse eventualmente de forma natural las especies ruderales (que son de muy rápido crecimiento), la fauna regresará a las inmediaciones del camino ya que podrá utilizar esta vegetación, como hábitat y refugio.

Un importante impacto acumulativo se prevee podría ocurrir una vez concluidas las obras de construcción de la carretera, durante la operación de ésta. Varias de las cañadas en la zona han mantenido su estado de buena conservación de la comunidad vegetal de bosque mesófilo de

montaña y bosque tropical subperennifolio gracias a su relativo aislamiento del contacto antrópico, debido a su topografía poco accesible, sobre todo difícil para desarrollar actividades productivas (a excepción de algunos cafetales intercalados con la vegetación de selva mediana subperennifolia). La presencia de la carretera permitirá un mayor acceso a sitios antes distanciados de vialidades, por lo que de no controlarse el paso de personas fuera de los límites del derecho de vía, puede avanzar el deterioro general de la región.

Otro efecto sinérgico resulta de la acumulación de residuos del desmonte en los frentes de obra ya que ello puede tener un efecto negativo para la vegetación aledaña, puesto que este material es combustible y puede promover la aparición de incendios de la vegetación con serias repercusiones en flora y fauna silvestres. No obstante, la aplicación de las medidas de mitigación propuestas eliminará el riesgo de este impacto.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Las medidas que son agrupadas dentro de la palabra “Mitigación” buscan moderar, aplacar o disminuir su efecto negativo hacia el ambiente. Sin embargo, estas medidas pueden ser de los siguientes tipos:

- 1) **de Prevención.**- aquéllas obras o acciones tendientes a evitar que el impacto se manifieste.
- 2) **de Mitigación.**- aquellas obras o acciones propuestas para lograr que el factor ambiental bajo análisis se mantenga en una condición similar a la existente, siendo afectada lo menos posible por la incidencia del proyecto.
- 3) **de Restauración.**- acciones o medidas que buscan recuperar, en la medida de lo posible, las condiciones ambientales anteriores a la perturbación, remediando los cambios al ambiente, por lo que su aplicación es posterior a la aparición de los efectos del impacto ambiental.
- 4) **de Compensación.**- acciones o medidas que compensen el impacto ocasionado cuando no existen alternativas para su prevención, mitigación o restauración. Estas medidas deberán ser proporcionales al impacto ocasionado.

La importancia de las medidas de mitigación está dada por diferentes aspectos. Las medidas preventivas adquieren gran relevancia porque su correcta ejecución evitará que ocurran ciertos impactos. En este sentido, las medidas de prevención son prioritarias.

En este capítulo se presentan las principales medidas que se deberán practicar a fin de maximizar la compatibilidad del proyecto en su ambiente biótico, físico y socioeconómico.

Cabe señalar que este proyecto corresponde a una modificación del proyecto original Carretera: México-Tuxpan, de aproximadamente 80 km, ya autorizado en materia ambiental desde el 2004; y cuyas medidas de mitigación están siendo observadas para los demás tramos, actualmente en construcción. La necesidad de ampliar el ancho de la sección de 2 a 4 carriles para el tramo entre el km 140+243 al 178+500 originó la necesidad de realizar este estudio, para identificar los impactos y medidas que de forma particular deberán ser observados. Motivo de ello, como parte de las medidas de mitigación de este estudio, se incluyen aquellas a las que ha quedado sujeta la carretera en su totalidad, a fin de que ambas sean tomadas en consideración.

V.1 a.- MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES CONTEMPLADAS PARA EL PROYECTO ORIGINAL DE TODA LA AUTOPISTA MEXICO-TUXPAN, AUTORIZADA EN 2002.

- *Preventivas (prev)*
- *De remediación (rem)*
- *De rehabilitación (reh)*
- *De compensación (com)*
- *De reducción (red)*

Cuadro VI.1 Clasificación de las medidas de mitigación y su relación con los impactos evaluados

Medida de mitigación	Clasificación	Impactos sobre los que actuará
		Actividad / Factor ambiental
MEDIDAS DE MITIGACIÓN SOBRE EL SISTEMA EN EL MEDIO FÍSICO		
1. Programa de seguridad para el manejo de sustancias y combustibles	Prev	Uso de explosivos, tendido de carpeta asfáltica, disposición de residuos / Calidad de suelo, calidad de agua.
2. Ubicar bancos lejos de cauces	Prev	Disposición de residuos y bancos de tiro / Calidad del suelo, calidad de agua, infiltración, abastecimiento.
3. Mantenimiento de la carretera	Prev, Red	Mantenimiento preventivo / calidad de suelo, calidad de agua, seguridad vial
4. Programa de manejo de residuos	Prev, Red	Disposición de residuos y bancos de tiro / calidad de suelo, calidad de agua y calidad de aire
5. Seguimiento riguroso de normatividad y reglamentación aplicables	Prev, Red	Cortes, puentes, obras de drenaje, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, tendido de bases, movimiento de materiales, disposición de residuos, banco de tiro, operación de equipo y maquinaria / calidad de aire, suelo, agua, causes, estabilidad de laderas y ruido.
6. Arrope o protección de laderas, terraplenes y taludes	Red, Com, Rem, Reh	Despalme / Relieves y estabilidad de cauces
7. Excavación extendida	Red,	Excavación de cortes y obras de drenaje / Relieve, estabilidad de laderas, calidad de suelo y calidad de agua
8. Capacitar al personal para la corta y poda de la vegetación	Red	Desmante / erosión
9. Diseño de acuerdo al sistema	Red, Com	Puentes, pasos vehiculares / relieve y estabilidad de laderas
10. Evitar el aporte de sedimentos	Red	Puentes, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, movimiento de tierra y material, disposición de residuos, banco de tiro / erosión, cauces, calidad del agua.
11. Humedecer el área de trabajo	Red	Construcción de terraplenes / erosión, calidad del suelo, vegetación y población
12. Mantenimiento de equipo y maquinaria	Red	Operación de equipo y maquinaria / Calidad de aire y ruido

Medida de mitigación	Clasificación	Impactos sobre los que actuará
		Actividad / Factor ambiental
13. Poner lona a los camiones	Red	Banco de tiros y operación de maquinaria / calidad de aire
14. Obras de drenaje	Com, Reh	Obras de drenaje, campamentos / calidad de agua, cauces, infiltración
15. Restringir excavaciones	Red	Excavación en cortes / calidad de suelo, causes, calidad del agua e infiltración.
16. Uso de baños portátiles	Com, Reh	Campamentos / calidad de agua
MEDIDAS DE MITIGACIÓN SOBRE EL SISTEMA EN EL MEDIO BIOLÓGICO		
17. Programa de seguridad para el manejo de sustancias y combustibles	Prev	Uso de explosivos, tendido de carpeta asfáltica, disposición de residuos / vegetación (Bosque mesófilo de montaña, bosque mesófilo con pino, cafetales).
18. Realizar las maniobras sin afectaciones a las zonas con vegetación natural	Prev	Desmonte, despalme, puentes, obras de drenaje, construcción de terraplenes, tendido de bases, tendido de carpeta asfáltica, campamentos / bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.
19. Seguimiento riguroso de normatividad y reglamentación aplicables	Prev, Red	Cortes, puentes, obras de drenaje, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, tendido de bases, movimiento de materiales, disposición de residuos, bancos de tiro, operación de equipo y maquinaria / principalmente en bosque mesófilo de montaña y bosque mesófilo de montaña con pino
20. Capacitar al personal para la corta y poda de la vegetación	Red	Desmonte / erosión, vegetación (bosque mesófilo de montaña y bosque mesófilo con pino).
21. Evitar el aporte de sedimentos	Red	Puentes, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, movimiento de tierra y material, disposición de residuos, bancos de tiro / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino y en laderas con pendientes pronunciadas.
22. Realizar el desmonte en época de secas para evitar erosión.	Red	Desmonte / vegetación (principalmente Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino y zonas con laderas pronunciadas)
23. Construir caminos de acceso y obras complementarias solamente cuando sea estrictamente necesario; procurar trabajar por el frente de obra y restaurar áreas dañadas	Red	Caminos de acceso, campamentos y áreas de trabajo / principalmente en Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.
24. Reforestación en el derecho de vía	Com, Rem	Desmonte, excavación en cortes, puentes, obras de drenaje, uso de explosivos, construcción de terraplenes / reubicación de especies nativas principalmente en Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.
25. Programa de rescate de especies endémicas o en peligro de extinción	Com	Desmonte, campamento, uso de explosivos, puentes, pasos vehiculares, disposición de residuos, banco de tiros / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.
26. Realizar colectas de semillas y plántulas de las áreas que serán dañadas por eliminación de especies vegetales.	Prev. Com. Rem.	Desmonte, pasos vehiculares, bancos de tiro / principalmente en Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino y en laderas con pendientes pronunciadas.
27. Caracterizar sitios (edafología, flora, aspectos físicos, etc.) para la reforestación de otros sitios con características similares a las zonas que fueron dañadas.	Prev	Desmonte, despalme, caminos de acceso / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino
28. Recuperación de la capa fértil del sustrato del suelo.	Prev	Acamellonar el material para arropar taludes en / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.

Medida de mitigación	Clasificación	Impactos sobre los que actuará
		Actividad / Factor ambiental
29. Seleccionar y acondicionar sitios para la reintroducción de especies vegetales, una vez determinadas las características que presentaron los sitios antes de ser perturbados.	Rem	Después de la etapa de construcción de la obra y una vez que los caminos de acceso se encuentren en desuso y terminadas las obras complementarias en / Bosque mesófilo de montaña y mesófilo de montaña con pino.
30. Establecer terrazas con los cortes arbóreos que fueron extraídos, formando barreras para evitar la erosión y deslaves de material, principalmente en zonas con laderas de pendientes pronunciadas. Así mismo, se recomienda plantar herbáceas y arbustos cuya finalidad será la fijación del suelo.	Rem	Antes y durante la etapa de construcción / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino y cafetales bajo sombra.
31. Establecer terrazas con los cortes arbóreos que fueron extraídos, formando barreras para evitar la erosión y deslaves de material, principalmente en zonas con laderas de pendientes pronunciadas.	Rem	Antes y durante la etapa de construcción / cafetales bajo sombra.
32. Establecer la reforestación de sitios alternos y cercanos al derecho de vía cuyas condiciones sean favorables principalmente para las especies vegetales nativas.	Com	Después de la etapa de construcción de la obra y una vez que los caminos de acceso se encuentren en desuso / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino.
33. No arrojar residuos de desmonte sobre la vegetación natural aledaña	Prev	Desmonte / Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino, cafetales, fauna.
34. Acamellonar el suelo descapotado para posterior reforestación de taludes, bancos de materiales y de tiro	Comp	Desmonte / suelo, erosión, bosque mesófilo de montaña, y mesófilo de montaña con pino y fauna.
35. Restringir el área de trabajo	Red	Puentes, obras de drenaje, excavación, pasos vehiculares / vegetación y fauna.
36. Capacitar al personal para la corta y poda de la vegetación	Red	Desmonte / erosión, vegetación (Bosque mesófilo de montaña, mesófilo de montaña con pino), fauna.
37. Prohibir la captura y/o caza de fauna	Red	Desmonte, campamentos / fauna
38. Seguimiento riguroso de normatividad y reglamentación aplicables	Prev. Red.	Cortes, puentes, obras de drenaje, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, tendido de bases, movimiento de materiales, disposición de residuos, banco de tiros, operación de equipo y maquinaria / fauna
39. Obras de paso para fauna	Comp..	Desmonte, puentes y drenaje / fauna
40. Quemar algunos de los residuos del desmonte y triturar otros, para incorporarlos a la tierra del despalme y conformar un fertilizante	Reh.	Desmonte / calidad de suelo, fauna.
41. Retirar cualquier animal que se localice entre la vegetación a desmontar y reubicarlo en un hábitat similar al que se encontró	Red	Desmonte / fauna
42. Retirar las madrigueras y nidos para reubicarlos en otros lugares con	Red. Com	Desmonte / fauna

Medida de mitigación	Clasificación	Impactos sobre los que actuará
		Actividad / Factor ambiental
características similares.		
43. Reforestación en el derecho de vía	Com, Rem	Desmonte, excavación en cortes, puentes, obras de drenaje, uso de explosivos, construcción de terraplenes / fauna
44. Programa de rescate de especies endémicas o en peligro de extinción	Com	Desmonte, campamento, uso de explosivos, puentes, pasos vehiculares, disposición de residuos, banco de tiros / fauna
MEDIDAS DE MITIGACIÓN SOBRE EL SISTEMA EN EL MEDIO SOCIOECONÓMICO		
45. Restitución al término del proyecto	Com, Reh	Campamento / uso de suelo y población
46. Desmantelamiento de campamentos y restitución del área	Reh, Com	Campamento / uso de suelo y población
47. Indemnización justa	Com	Liberación de derecho de vía / población
48. Seguimiento riguroso de normatividad y reglamentación aplicables	Prev, Red	Cortes, puentes, obras de drenaje, pasos vehiculares, uso de explosivos, construcción de terraplenes, tendido de bases, movimiento de materiales, disposición de residuos, banco de tiros, operación de equipo y maquinaria / estabilidad de laderas, suelo, población y servicios.
49. Establecer horarios de trabajo	Red	Uso de explosivos, construcción de terraplenes, tendido de carpeta asfáltica, operación de maquinaria y campamentos / población
50. Restringir el área de los campamentos	Red	Campamentos / población
51. Restitución al término del proyecto	Com, Reh	Campamento / uso de suelo y población
52. Desmantelamiento de campamentos y restitución del área	Reh, Com	Campamento / uso de suelo y población
53. Indemnización justa	Com	Liberación de derecho de vía / población

VI.1.b.- Agrupación de los impactos de acuerdo con las medidas de mitigación propuestas.

En el cuadro VI.1 se presentaron los impactos que se están a mitigando actualmente, pudiendo ser de tipo preventivo, remediación, rehabilitación, compensación o reducción. En el cuadro VI.2. se agrupan las medidas de mitigación de acuerdo a las actividades de la obra para las que están siendo ejecutadas.

Cuadro VI.2. Medidas de mitigación por actividades de la obra.

Actividad	Factor afectado	Medida de Mitigación
Liberación del derecho de vía	Uso del suelo, expropiación y productividad agropecuaria	<ul style="list-style-type: none"> • Indemnización justa
Desmante y despalme. (Tanto para la construcción del trazo carretero como para la explotación de bancos de materiales y rampas de los puentes)	Flora, fauna, microclima, erosión, estabilidad de laderas, calidad del agua, cauces, infiltración y paisaje.	<p style="text-align: center;">ÁREAS CON VEGETACIÓN NATURAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmante mínimo, sólo en el área requerida. • Programa de rescate de especies endémicas o en peligro de extinción • Quemar algunos de los residuos del desmante y triturar otros, para incorporarlos a la tierra del despalme y conformar un fertilizante. • No arrojar residuos del desmante sobre la vegetación natural aledaña. • Retirar los desechos de vegetación de cauces • Acamellonar suelo descapotado para posterior reforestación de taludes, bancos de materiales y tiro. • Reforestación con especies propias del sitio, utilizar al máximo las mismas especies desmontadas. • Humedecer superficies para eliminar polvos. • Retirar cualquier animal que se localice entre la vegetación a desmontar y reubicarlo en un hábitat similar al que se encontró. • Realizar el desmante en etapas, alternado en horario diurno y nocturno para permitir que la fauna se desplace a los sitios contiguos que aún tengan vegetación • Realizar el desmante en época de secas • Arrope o protección de laderas y taludes • Construcción de obras de paso para fauna <p style="text-align: center;">ÁREAS CON CULTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmante mínimo sólo en el área requerida. • Programa de rescate de especies endémicas o en peligro de extinción • Quemar algunos de los residuos del desmante y triturar

Actividad	Factor afectado	Medida de Mitigación
		<p>otros, para incorporarlos a la tierra del despalme y conformar un fertilizante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retirar los desechos de vegetación de los cauces cercanos. • Acamellonar suelo descapotado para posterior reforestación de taludes, bancos de materiales y tiro. • Humedecer superficies para eliminar polvos. • Retirar cualquier animal que se localice entre la vegetación a desmontar y reubicarlo en un hábitat similar al que se encontró. • Realizar el desmonte en etapas, alternado en horario diurno y nocturno para permitir que la fauna se desplace a los sitios contiguos que aún tengan vegetación • Realizar el desmonte en época de secas • Arrope o protección de laderas y taludes • Construcción de obras de paso para fauna
Despalme	Calidad del aire, del suelo y del agua, erosión, estabilidad de laderas, fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Humedecer el área de trabajo, • Reforestar terraplenes y taludes con vegetación del sitio • Evitar aporte de sedimentos a corrientes de agua
Excavaciones en cortes y explotación de bancos	Escurrimientos superficiales, erosión, relieve, estabilidad de laderas, cambio del uso de suelo, calidad del aire, paisaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Restringir el área de trabajo • Humedecer las superficies para eliminar polvos. • Realizar el vertido del material pétreo producto de los cortes solamente en los bancos recomendados para ello. No se deberá realizar el vertimiento indiscriminado de material sobre las laderas de las montañas, en terrenos aledaños ni sobre cuerpos de agua o donde se afecte la vegetación natural. • Evitar aporte de sedimentos a los cauces o manantiales. • Procurar la explotación extendida y poco profunda de los bancos de materiales. • Restitución del área de los bancos de material al término del proyecto. • Arrope o protección de laderas
Construcción de puentes	Calidad del agua superficial y subterránea, paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de existir bosque de galería el puente deberá pasar a un metro de altura, dejando un espacio intermedio para que pase la irradiación solar. • Las pilas del puente se ubicarán sobre tierra firme y dentro del lecho del río, deberán ser hidrodinámicas. • Evitar el aporte de sedimentos a los cauces y a los manantiales. • Poner una barrera física entre la obra del puente y el lecho del río para evitar derrames de contaminantes. • Después de terminar la obra deberá descompactar el suelo aledaño y para promover la reforestación natural.
Obras de drenaje	Calidad del agua superficial y subterránea, cauces.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el aporte de sedimentos a los cauces y a los manantiales. • Poner una barrera física entre la obra del puente y el lecho

Actividad	Factor afectado	Medida de Mitigación
		<p>del río para evitar derrames de contaminantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar las obras de un tamaño sobrado, que permita el paso de fauna mediana.
Uso de explosivos	Calidad del aire, ruido, estabilidad de laderas, cauces, fauna.	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de protección auditiva para los trabajadores • Establecer horarios de trabajo • Evitar el aporte de sedimentos a los cauces y a los manantiales. • Aplicar la normatividad y reglamentación aplicables, correspondientes para adquisición, almacenamiento, uso y manejo de explosivos.
Construcción de terraplenes	Infiltración en el sitio de emplazamiento directo de la obra, liberación de polvos, erosión, calidad del agua superficial y subterránea, abastecimiento de agua a las poblaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de las alcantarillas y obras de drenaje, pudiendo ser necesario algún puente en los puntos de cruce de los escurrimientos. • Evitar la construcción de terraplenes en el área de ojos de agua • Realización de obras humedeciendo la tierra para evitar liberación de polvos hacia zonas aledañas. • En los tramos donde se requiera de taludes por la configuración del terreno, estos tendrán que ser recubiertos con tierra vegetal del área y para favorecer su reforestación. • Evitar el aporte de sedimentos a cauces y manantiales
Tendido de base hidráulica y carpeta asfáltica	Infiltración del agua, calidad del aire y del agua, cauces, paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las obras humedeciendo la tierra para compactar y evitar liberación de polvo. • Restitución del área para recuperar las condiciones originales en suelos usados para la instalación de plantas de cribado y triturado. • Evitar el aporte de sedimentos en cauces y manantiales • Trabajar en condiciones óptimas de dispersión de contaminantes atmosféricos
Campamentos y patios de maniobras	Calidad del agua, fauna, paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de baños portátiles • Prohibir el acceso a zonas fuera del área de campamento y patios de maniobra • Prohibir la caza o captura de fauna • Restitución del área al finalizar el proyecto • Descompactación del suelo, cuando se haya despejado el área • El establecimiento de puestos de comida no será permitido dentro del esquema de las actividades preliminares de la reconstrucción del camino. • Instalar contenedores de basura en los sitios de descanso y alimentación del personal y hacer obligatorio su uso. • Concientizar e informar al personal trabajador de la importancia de conservar el entorno del proyecto y su fauna, así como prohibir la caza o colecta de fauna silvestre. No se podrá incursionar fuera del derecho de vía. • Para prever y atender accidentes, todo el personal deberá

Actividad	Factor afectado	Medida de Mitigación
		<p>estar obligado a utilizar los dispositivos de seguridad correspondientes. Se contará con equipo de primeros auxilios y se localizará el centro de atención médica u hospital más cercano para el caso de accidentes mayores.</p>
<p>Operación de maquinaria y equipo y movimiento de tierra y de materiales</p>	<p>En todas las etapas: Suelo, vegetación, calidad del aire, del suelo y del agua, ruido, transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación por el propio terraplén, el derecho de vía o caminos existentes con el adecuado señalamiento y en los horarios de menor afectación al cruce de automotores y peatones. • Realizar las maniobras sin afectaciones a las zonas con vegetación natural. • Operación de maquinaria y equipo dentro de los límites permitidos para emisiones atmosféricas y ruido. • Programa de mantenimiento de equipo y maquinaria • Programa para el manejo de sustancias y combustibles • Señalamientos en vehículos, circulación en horarios y por rutas de menor tránsito. • Poner lona a los camiones para eliminar posibles pérdidas de materia • Evitar el aporte de sedimentos.
<p>Disposición de residuos</p>	<p>En todas las etapas: Calidad del aire, suelo, cauces, paisaje, transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Poner lona a los camiones • Utilizar sitios autorizados para la disposición de residuos domésticos • Establecer rutas y horarios para el transporte de residuos • Evitar el aporte de sedimentos y residuos a cauces y manantiales • Los residuos de construcción, serán removidos al momento de finalizar el uso de la superficie, deberán ser transportados en camiones tapados y depositados en los centros de acopio de cascajo, bancos de tiro o tiraderos que las autoridades asignen. • Para los residuos producto de cortes y excavaciones, se realizarán acarreo de éstos, hasta los frentes donde se necesite relleno y si hay material sobrante se llevará a los bancos de tiro, en algunos casos deberá mezclarse con el material del desmonte para utilizarse en la reforestación. • Los residuos urbanos serán obligatoriamente dispuestos en contenedores y basureros ubicados en diversos puntos de frente de la obra. Éstos deben tener servicio de colecta periódica y adecuado mantenimiento. • Los residuos generados por la operación de la carretera, serán colectados por brigadas de limpieza y depositados en los basureros que correspondan.
<p>Mantenimiento preventivo y correctivo</p>	<p>Calidad del aire, ruido, calidad del suelo, transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo • Establecer horarios de trabajo • Programa de señalización

VI.1.c.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO CONSIDERANDO LA AMPLIACIÓN A 4 CARRILES EN EL TRAMO 140+243 AL 178+500

En los siguientes incisos se presentan una serie de medidas que de forma complementaria y adicional a las antes presentadas (autorizadas), deberán tomarse en consideración para mitigar los impactos de la construcción de los 4 carriles que conformarán la carretera México-Tuxpan en el tramo del km 140+243 al 178+500.

1 DESMONTE DE VEGETACIÓN

1.1 Impacto sobre vegetación y 1.2 Impacto sobre calidad de paisaje

1.1.1 Recuperación de la cobertura vegetal

Ver también medida de mitigación referente a: [Fragmentación de material e incorporación al suelo orgánico](#)

La fragmentación de la vegetación de bosque mesófilo de montaña y selva mediana subperennifolia ocasionada por la carretera puede ser reducida al recuperar la cobertura vegetal mediante programas y acciones de restauración ecológica, ya que la amplitud de la barrera (originalmente conformada por casi todo el derecho de vía) puede ser reducida a tan solo el ancho de la carpeta.

Se deberá por tanto elaborar un **Proyecto de Restauración Ecológica** que contemple el proceso natural de sucesión de especies en este tipo de comunidades, a fin de que la restauración del sitio resulte lo más parecido a un proceso natural, pero a mayor velocidad (catalizado por una adecuada selección de especies y su propagación en viveros especializados). Para ello se recomienda lo siguiente:

1.1.1.1.- Rescate de especies bajo protección especial, difícil propagación o lento crecimiento

Como medida de mitigación, previo a la realización de las obras de preparación del sitio de la obra, se propone llevar a cabo un rescate de plantas a lo largo del trazo de la autopista México-Tuxpan, en su tramo del km 140+243 al 178+500. Este rescate deberá ser organizado y coordinado por biólogos especialistas en vegetación y manejo de viveros ya que es necesario tener la capacidad de identificar en campo cuales son las especies que deberán ser rescatadas.

Asimismo, antes de llevar a cabo dicho rescate será necesario instalar un vivero en algún predio entre Xicotepec y la Ceiba ya que esta zona reúne condiciones climáticas intermedias a condiciones templadas húmedas (necesarias para la conservación y propagación de especies de bosque mesófilo

de montaña), y condiciones cálidas húmedas (necesarias para la conservación y propagación de especies de selva mediana subperennifolia).

En ambos viveros se deberán mantener los individuos rescatados hasta que se lleve a cabo la restauración del derecho de vía (ver párrafos más adelante). Los primeros días en los que se lleve a cabo el trasplante de las especies rescatadas y las primeras etapas de desarrollo de las plántulas son cruciales para su sobrevivencia; por lo tanto, con el propósito de lograr que un mayor número de plantas sobreviva a esta etapa, el mantenimiento de las plantas en los viveros permitirá prevenir y controlar los efectos de los depredadores y de enfermedades en su etapa de mayor vulnerabilidad. Gracias a que se les proporcionan los cuidados necesarios y las condiciones propicias para lograr un buen desarrollo, las plantas tienen mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplante a su lugar definitivo.

Las especies susceptibles de rescate prioritariamente deberán ser aquellas que estén contempladas en la norma ecológica NOM-059-SEMARNAT-2001 o aquellas que son de lento crecimiento y que su producción en vivero sea difícil. A continuación se presenta una tabla en donde se mencionan las especies en cuestión, algunas de ellas no fueron detectadas en el muestreo de este estudio, sin embargo existen registros de estas especies en muestreos y recorridos realizados en otros tramos inmediatos de la autopista, por lo que probablemente también estén presentes en este tramo. Mención especial requieren las orquídeas, las cícadas y los helechos arborescentes, que se recomienda trasplantar en áreas con vegetación. Muchas de estas especies son epifitas (que se desarrollan sobre otras plantas y no son parásitas) y requieren condiciones de alta humedad y poca luminosidad (especies humbrófilas). Algunas especies de orquídeas y especies del género *Tigridia* son terrestres y generan cormos o bulbos que no se ven a simple vista pero que de detectarse sería recomendable incluir en el rescate. Estas especies se pueden llevar al vivero para mantenerse hasta que se trasplanten en sus sitios definitivos. Debido a que muchas de estas especies son epifitas es necesario que se trasplanten en sitios que cuenten con árboles adultos en los que estas especies puedan sobrevivir; de ahí que el vivero deberá prever un sitio con árboles adultos que puedan ser utilizados para tal fin.

Una especie que esta en la norma ecológica pero que se considera que no será es necesario rescatar es *Carpinus caroliniana*. El motivo de ello es que ésta es una especie que produce una gran cantidad de semillas que son fáciles de germinar y el crecimiento de las plántulas es relativamente rápido por lo que se recomienda coleccionar semillas de esta especie y ponerlas a germinar en el vivero. En relativamente poco tiempo las plantas de vivero son de mejor calidad que las rescatadas del campo y estarán en mejores posibilidades de ser trasplantadas exitosamente. A continuación se presenta un cuadro con las

especies que deberán ser rescatadas del área entre los cerros del proyecto. En el cuadro VI.4 se presentan otra lista de especies que deberán ser rescatadas por su importancia dentro del ecosistema, aunque no se encuentren enlistadas en la NOM.

Cuadro VI.3.- Especies susceptibles de ser rescatadas y que se encuentran en la norma Nom-059

Nombra científico	Nombre común	Familia	Categoría
<i>Encyclia vitellina</i>	Toalxóchitl	Orchidaceae	Pr
<i>Stanhopea oculata</i>	Cuernitos	Orchidaceae	A
<i>Cyathea fulva</i>	Pesma	Cyathea	Pr
<i>Cyathea mexicana</i>	Pesma	Cyathea	P
<i>Talauma mexicana</i>	Arbol del corazón	Magnoliaceae	A
<i>Acer negundo</i>	Maple	Aceraceae	R

Cuadro VI.3.- Especies susceptibles de ser rescatadas a pesar de no estar registradas en la Nom-059

Nombra científico	Nombre común	Familia
<i>Rhyncostele cervantesii</i>	Mariposa	Orchidaceae
<i>Lycaste consobrina</i>	Orquídea	Orchidaceae
<i>Dioon spp</i>	Cícada	Zamiaceae
<i>Tillandsia spp</i>	Bromelia	Bromeliaceae
<i>Polipodium spp</i>	Cola de mono	Polipodiaceae
<i>Tigridia spp</i>	Cacomite	Iridaceae

1.1.1.2.- Restauración ecológica del derecho de vía del tramo km 140+243 al 178+500 de la autopista México-Tuxpan

Para llevar a cabo el proyecto de restauración ecológica de las superficies afectadas por la construcción de la carretera se recomienda emplear principalmente especies nativas (originarias de una región) secundarias, que son las que se desarrollan sin problemas en ambientes perturbados. Se tiene la experiencia del tramo anterior de la autopista, en la que una parte importante del suelo mostró altos niveles de perturbación después de la construcción de la autopista. Particularmente, fueron alterados los horizontes orgánicos que son los que contienen propiedades que favorecen el desarrollo de las plantas. El horizonte orgánico es fácilmente distinguible por su color negro, lo cual indica la presencia

de la materia orgánica. La materia orgánica contenida en los horizontes es la que genera las condiciones propicias para el crecimiento de las plantas, aportando nutrimentos como nitrógeno y fósforo, además de que retiene una gran cantidad de agua que está disponible para las plantas. Los horizontes orgánicos en la región son profundos, sin embargo estos horizontes suelen perderse rápidamente con los disturbios. Por ello se recomienda que el horizonte orgánico que se localiza a lo largo del trazo de la autopista se remueva con un tractor y se almacene en bancos de materiales orgánicos. Al finalizar la construcción de la autopista este material se debe reponer para acelerar el proceso de restauración del suelo ya que además en él se encuentran semillas de las especies de la zona.

La restauración del suelo con el horizonte orgánico también puede ayudar a un mejor desempeño de las especies arbóreas que se empleen en la plantación. Los horizontes subsuperficiales que quedarán expuestos después del despalme tienen texturas arcillosas, por lo que el espacio poroso es reducido y esto puede dificultar el desarrollo de las raíces y el óptimo crecimiento de las plantas. Estos horizontes también han sido intemperizados por mucho tiempo, por lo que la disponibilidad de algunos nutrimentos (bases intercambiables) es baja y esto también repercute en el desarrollo de las plantas. Por ello es que el reestablecimiento del horizonte orgánico al realizar las labores de restauración ecológica es tan importante en este caso.

Retomando el tema de la reforestación es conveniente que las plantas que se empleen en el proyecto de restauración se propaguen en un vivero exclusivamente destinado para este fin. En la región existen una gran cantidad de viveros que se dedican a producir planta, sin embargo se ha visto que por una parte muchas de las especies que se propagan no son las propias de la región y por otra, que la calidad de las plantas propagadas en estos viveros deja mucho que desear, la forma en la que se propagan las plantas no son las más adecuadas. Por ello mismo se recomienda establecer un vivero temporal rústico entre las comunidades de Xicotepec y La Ceiba para que las plantas se vayan acostumbrando al clima en el que serán plantadas definitivamente. El tamaño del vivero dependerá del total de plantas por rescatar y propagar, así como del tipo de envase que se seleccione para la propagación (contenedores o bolsas). La cantidad de plantas que se requerirán para llevar a cabo la restauración del derecho de vía se obtendrá de estudios específicos de vegetación que deberán realizarse previamente a la construcción. En este documento se proporciona una primera aproximación, sin embargo es necesario profundizar en las superficies a reforestar para establecer la cantidad de plantas por especie que se requieren. Se recomienda que en las zonas que carecen de vegetación se lleve a cabo una plantación con una densidad de 2000 individuos por hectárea. En las zonas en las que la vegetación original

prevalezca después de la construcción de la autopista, la densidad de plantas será de 1000 individuos por hectárea.

La infraestructura mínima con la que debe contar el vivero es: un área de estacionamiento, platabandas, sistema de riego, invernadero, almacén, oficina, herramientas y plaguicidas. El personal mínimo que deberá encargarse del mantenimiento del vivero será de cinco personas. Cuando haya sobrecarga de trabajo se tendrá que contratar más personal. El empleo de un vivero para propagar especies nativas permite controlar el vigor y la calidad de las plantas, controlar y prevenir efectos nocivos de plagas y enfermedades, y facilitar los cuidados y las labores culturales. El desarrollo adecuado de plantas en vivero genera mayores posibilidades de supervivencia cuando son transplantadas a su lugar definitivo. La propagación exitosa de especies nativas puede lograrse si se conocen las técnicas de propagación y el ciclo de vida de las especies, en lo particular la época en la que maduran la mayor cantidad de semillas, el porcentaje de germinación y los períodos de latencia y crecimiento (Landis 1995).

Por ningún motivo se deberán emplear especies exóticas (originarias de otros países) como *Eucalyptus spp.*, *Casuarina spp.* y *Pinus radiata* (Arriaga et al. 1994). Estas especies fueron utilizadas con anterioridad en reforestaciones y actualmente se sabe que pueden ser muy perjudiciales para los ecosistemas naturales, debido a que pueden llegar a desplazar a las especies nativas. Algunas especies introducidas pueden ser nocivas para los ecosistemas naturales, porque presentan tasas de crecimiento y reproducción tan altas que pueden desplazar a las especies nativas. Por estos motivos, es recomendable evitar la propagación de especies introducidas, sobre todo si se piensa reforestar ambientes naturales.

Como se mencionó anteriormente, las especies arbóreas que serán empleadas en las áreas destinadas a la restauración, deberán ser seleccionadas con base en los estudios previos de vegetación. A continuación se presenta un listado preliminar de las especies que pueden emplearse para este fin tanto para las zonas con bosque mesófilo de montaña, como para selva mediana subperennifolia e incluso vegetación riparia (Cuadros VI.4, VI.5 y VI.6). Se deberán realizar recorridos en campo, así como analizar fotografías aéreas y sistemas de información geográfica para determinar las áreas con vegetación lo suficientemente conservada, como para formar parte de huertos semilleros, que proporcionarán los propágulos necesarios para la propagación de las especies en vivero. Los árboles progenitores deberán estar libres de patógenos, ser vigorosos, preferentemente con un solo tallo y con una producción de semillas suficiente. Los sitios de colecta deberán localizarse cerca de los sitios por reforestar, el germoplasma debe ser lo más local posible para asegurar una supervivencia alta.

La propagación por medio de semillas y esquejes en un vivero constituye la mejor forma para producir masivamente plantas nativas. Para mantener una producción continua en el vivero es necesario contar

con suficientes semillas y estructuras asexuales. Se dará preferencia a la propagación por semillas puesto que esta forma de propagación conserva el “pool genético”. En el caso de las semillas es necesario conocer algunas características para cada especie como: cuándo coleccionar y qué cantidad de semilla, qué características tendrían que tener los árboles progenitores, cómo extraer y limpiar las semillas, cuánto tiempo permanecen viables las semillas, cómo almacenarlas para mantener su viabilidad y tratamientos pregerminativos.

Para cada especie se tendrá que establecer la época del año en la que se lleva a cabo la maduración de los frutos. La recolecta deberá realizarse en el pico de producción, cuando se obtienen más semillas con menor esfuerzo. Preferentemente las semillas se recolectarán de la copa de los árboles, si las semillas se obtienen del suelo es más probable que estén infectadas o parasitadas, lo cual puede repercutir en la germinación de las semillas. Es necesario llevar a cabo recorridos de campo previos a la colecta para tener localizados los árboles progenitores y para determinar el momento preciso de la maduración. La colecta de semillas debe ser encargada a personal capacitado para hacer la colecta adecuadamente, este proceso generalmente lleva todo el año puesto que la maduración de las semillas ocurre en diferentes tiempos, situación que deberá preverse al momento de iniciar las obras de construcción de la carretera. Muchas especies con semillas recalcitrantes maduran en la época de lluvias, mientras que muchas especies ortodoxas maduran en la época de estiaje.

Las plantas propagadas deberán permanecer en el vivero por lo menos dos años, en este lapso deberán alcanzar una talla suficiente como para soportar las condiciones de estrés que prevalecen en los sitios de la plantación. El diámetro mínimo que deberán alcanzar las plantas será de 1 cm de grosor y una altura mínima para las especies de lento crecimiento de 80 cm y de 100 cm para las especies de rápido crecimiento. Esta talla les permitirá resistir el embate de ganado y del viento. Las plantas deberán poseer tallos lignificados para soportar el estrés que ocasiona la deshidratación. Los tallos lignificados evitan que las plantas se doblen al momento de trasplantarse al campo.

Cuadro VI.4.- Especies que se pueden emplear en la restauración del Bosque mesófilo a lo largo del derecho de vía del tramo de la autopista.

Espece	Nombre común
<i>Acer negundo</i>	Maple
<i>Alnus arguta</i>	Aile
<i>Beilshmedia mexicana</i>	Manzanillo
<i>Buddleia cordata</i>	Tepozán
<i>Carpinus caroliniana</i>	Ixticuitl
<i>Carya sp.</i>	Nogal
<i>Clethra spp.</i>	Pahuilla
<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote
<i>Croton draco</i>	Sangre de drago
<i>Cyathea mexicana</i>	Pesma
<i>Erythrina sp.</i>	Colorín
<i>Ficus sp.</i>	Ficus
<i>Jouglans sp.</i>	Nogal
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar
<i>Magnolia shiedeana</i>	Magnolia
<i>Meliosma sp.</i>	Fresno
<i>Ocotea klotzchiana</i>	Laurel
<i>Pinus spp.</i>	Pino, ocote
<i>Platanus mexicana</i>	Álamo
<i>Prunus serotina</i>	Capulín
<i>Quercus spp.</i>	Encino
<i>Rapanea miryoides</i>	Palo dulce
<i>Rhamnus longistyla</i>	Cuatatama
<i>Sambucus mexicana</i>	Sauco
<i>Ternstroemia sylvatica</i>	Trompillo
<i>Tournefortia acutiflora</i>	Capulincillo
<i>Xanthoxilum sp.</i>	Uña de gavián

Cuadro VI.5.- Especies que se pueden emplear en la restauración del Bosque tropical subcaducifolio a lo largo del derecho de vía del tramo de la autopista.

Especie	Nombre común
<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Chancarro
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
<i>Croton draco</i>	Sangre de grado
<i>Ficus sp.</i>	Ficus
<i>Gliricida sepium</i>	Cocuite
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacima
<i>Heliocarpus sp.</i>	Jonote
<i>Inga vera</i>	Calahuite
<i>Lonchocarpus sp.</i>	Tapachichi
<i>Quercus oleoides</i>	Encino
<i>Spondias mombin</i>	jobo, ciruela
<i>Trema micrantha</i>	Chaca

Cuadro VI.6.- Especies que se pueden emplear en la restauración del Bosque de galería a lo largo del derecho de vía del tramo de la autopista.

Especie	Nombre común
<i>Acer negundo</i>	Maple
<i>Carpinus caroliniana</i>	Ixticuitl
<i>Cyathea mexicana</i>	Pesma
<i>Platanus mexicana</i>	Alamo
<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehete
<i>Salix sp.</i>	Sauce

1.1.1.3.- Derribo de árboles durante el desmonte

A fin de evitar ocasionar daños sobre la vegetación en terrenos aledaños al derecho de vía, el derribo de todos los árboles deberá realizarse de tal forma que éstos caigan dentro del área entre los cerros del proyecto. Por ello, la tala de cada árbol deberá hacerse estudiando su posición en el relieve y jalando con malacates para orientar la caída de los troncos hacia el interior del sitio donde se construirá la carretera. Todos los árboles derribados serán seleccionados en función de sus posibilidades de aprovechamiento y aquéllos que no resulten aprovechables, deberán ser manejados como se señala en la medida de mitigación referente al manejo de residuos del desmonte.

1.3 Impacto sobre fauna asociada a este tipo de vegetación

1.3.1 Ahuyentamiento y reubicación de fauna

Ver también medida de mitigación referente a: [Pasos para fauna](#)

La mayor protección que se le puede dar a la fauna de las actividades propias de los trabajadores en la obra, es concientizarlos sobre la importancia de conservar a la fauna silvestre que aún queda en la localidad.

Dicha concientización deberá ir acompañada por un manual de procedimientos o reglamento en donde se indiquen las sanciones por la caza, captura o molestia a algún organismo de fauna silvestre.

Los insectos, mamíferos pequeños y medianos y reptiles, así como las aves que puedan encontrarse en la vegetación por remover, en términos generales tenderán a huir al inicio de la actividad humana, por lo que se espera que al realizar el desmonte con métodos manuales y de forma gradual desde el eje del camino y hacia la línea de cerros, estos organismos tengan oportunidad de escapar hacia los terrenos aledaños al derecho de vía. Esto aunado al hecho de que las actividades de la obra se realizan durante el día, cuando los organismos faunísticos reducen su actividad ambulatoria en busca de comida o pareja ya que la mayoría son preferentemente noctámbulos.

En los sitios donde se requiera el uso de equipos pesados para remover tocones, previo a la entrada de las máquinas, se deberá considerar una brigada de trabajadores haciendo ruido y agitando la vegetación desde el eje de la corona y hacia las líneas de cerros para permitir la huída de los organismos.

En el caso de encontrar alguna serpiente o animal que reusa salir del área de la obra, se deberá prever su captura cuidadosa y liberación en un sitio inmediato adecuado, de acuerdo con lo que señale

personal especializado en fauna, quien recomendablemente deberá trabajar directamente con la supervisora de la obra. Para ello, se recomienda de forma previa al desmote ponerse en contacto con algún biólogo o veterinario local que cuente con herramienta y conocimientos sobre el manejo de organismos, para que sea esta persona la que realice su captura y liberación en un sitio adecuado fuera del área del frente de obra.

Asimismo en cada frente de obra se deberá contar con suero antiviperino y antialacránico para que en el caso de alguna mordedura o picadura, pueda ser administrado a la mayor brevedad en el centro de salud más próximo. Se deberá contar con el apoyo de personal con conocimiento en primeros auxilios y atención a mordeduras y picaduras, así como un botiquín en cada frente de obra. Asimismo se deberá informar a los trabajadores sobre el riesgo de encontrar estas serpientes, sobre todo ocupando madrigueras y oquedades en el suelo y rocas para que eviten introducir la mano o acercarse demasiado a ellas.

Cualquier organismo faunístico que reúse alejarse del sitio de obra deberá ser rescatado y trasladado a un lugar apropiado por el personal calificado para ello. No deberá dejarse la captura a cargo de los empleados de la construcción.

Por la extensión de las obras y la densidad de vegetación existente se estima que la afectación sobre la fauna no pondrá en riesgo la existencia de poblaciones, comunidades, ni la estabilidad ecológica del sistema. La afectación solamente será sobre algunos individuos de forma aislada. No obstante en toda la zona se reporta la existencia de especies amenazadas, en peligro de extinción, o bajo protección especial, por lo que ante la dificultad de poder hacer una segregación de forma efectiva de cuales son o no organismos sujetos a protección, y en función de que todos son organismos vivos, por consideración humana se procurará la sobrevivencia de todos los individuos faunísticos a las obras.

1.4 Generación de residuos del desmote

1.4.1 Fragmentación de material e incorporación al suelo orgánico

Ver también medida de mitigación referente a: [Conservación y reaprovechamiento de suelo orgánico](#)

El materia vegetal producto del desmote que no pueda ser aprovechado como madera, poste o leña por los habitantes de las localidades cercanas, deberá dejarse secar a un lado de los cerros dentro del derecho de vía para posteriormente ser triturado en fragmentos finos (<3 cm aproximadamente), los que deberán incorporarse al suelo orgánico acamellonado como producto de las obras de despilme (ver medida de mitigación correspondiente) de forma previa a su expansión sobre los sitios donde se

replantarán las plantas rescatadas. Los troncos de los árboles con facultades maderables deberán ser aprovechados y removidos del área del proyecto ya que de permanecer en ella podrán conformar material detonador de incendios forestales.

Se prohíbe el arrastre de troncos de árboles sobre las laderas de las cañadas. Su extracción del área de obra deberá realizarse por dentro del derecho de vía utilizando tractores y malacates, u otro equipo pertinente.

1.5 Impacto del desmonte sobre suelo

1.5.1 Restricción de actividades dentro del derecho de vía

Si bien la afectación es drástica sólo será de manera muy local, en la zona de cerros, en tanto las actividades se circunscriban a ella, se puede considerar que el impacto será bajo y de corta duración. Esto conlleva a tener cuidado con los factores abióticos en la frontera o sitios cercanos con la infraestructura carretera para evitar su modificación con el propósito de reducir el impacto sobre los componentes bióticos a mayor escala. Por ello es importante no invadir zonas aledañas con campamentos, oficinas, incursión de trabajadores, depósitos de residuos o materiales, automóviles, etc., y reducir al mínimo las superficies desmontadas dentro del derecho de vía.

La recuperación de la cobertura vegetal de forma natural y apoyada por las acciones de restauración ecológica (ver medida de mitigación correspondiente), con especies tanto secundarias como primarias (aquellas en la NOM), promoverá la acumulación a mediano y corto plazo de la materia orgánica del suelo; así como la disminución de susceptibilidad del sustrato a perderse y ocasionar suspensión de partículas por el viento que impidan la visibilidad en la carretera.

2 Despalme

2.1 Remoción del suelo orgánico

2.1.1 Conservación y reaprovechamiento de suelo orgánico

Ver también medida de mitigación referente a: [Recuperación de la cobertura vegetal](#)

Durante las obras de despalme, la porción de suelo orgánico que se retire, aunque sea escaso, deberá ser conservado a un lado de los cerros del proyecto para ser restablecido en el sitio una vez que hayan concluido los trabajos de construcción del camino e inicie la estabilización y reforestación de los taludes.

A este suelo previamente a su reutilización para la reforestación de taludes, se le deberá incorporar el material residual del desmonte triturado finamente. Dada la fuerte incidencia de la lluvia como agente erosionador, se recomienda cubrir los sitios donde se acumule el suelo con lonas o geotextiles para su conservación durante el tiempo que duren las obras y hasta su reaprovechamiento en las labores de reforestación.

La capa orgánica del suelo es el único horizonte con nutrientes necesarios para las plantas y contiene las semillas de especies propias de la localidad, las que con mayor facilidad y probabilidad de éxito restaurarán la cobertura vegetal a los lados de la carretera al mediano plazo, dadas las condiciones climáticas del sitio. Por ello se procurará recuperar la mayor cantidad posible de suelo orgánico para utilizarlo conjuntamente con las acciones de reforestación establecidas en el programa correspondiente.

Por otro lado en lo referente a la prevención de daños a fauna, se recomienda que en el caso de organismos enterrados como sapos y ranas, así como animales que viven en oquedades o animales en madrigueras, cuando se detecte la presencia de anfibios enterrados, madrigueras, o serpientes en éstas, se deberán aplicar las acciones para el rescate propuestas en la medida de mitigación de ahuyentamiento y reubicación de fauna.

2.1.2 Estabilización de taludes

Dada la fuerte susceptibilidad de los horizontes minerales del suelo a la erosión hídrica en la zona de los cerros, es importante contemplar acciones de estabilización de taludes. Dichas acciones deberán ser cuidadosamente planteadas en función de las características del suelo expuesto y las pendientes del terreno, de tal forma que se evite el aporte de material térreo hacia cañadas tanto dentro como fuera del derecho de vía.

La experiencia en tramos anteriores de esta misma carretera indica que la colocación de tepes de pasto sobre los taludes de cortes y rellenos permite la estabilización del material de mejor manera que el uso de concreto lanzado o mallas; por lo que se deberá contemplar su uso. No obstante, también se observó que por sí solo el pasto no tiene las raíces suficientemente penetrantes para brindar adecuada fuerza de retención, por lo que se recomienda contemplar además el uso de especies de plantas ruderales comunes en la región como el Tepozán; el que de forma natural se observa que eventualmente coloniza estas superficies.

3. Alcantarillas

3.1 Flujo del agua superficial

3.1.1 Planeación y diseño de alcantarillas

Ver también medida de mitigación referente a: [Construcción de pasos para fauna](#)

Previo a la construcción de la carretera, se deberán revisar los sitios propuestos para colocación de alcantarillas ya que se deberán incluir obras de drenaje en todo tipo de cañadas y escurrideros, a fin de no ocasionar cambios en los patrones de esorrentía de la zona montañosa. Como se aprecia en la sección del proyecto incluida en el capítulo II, se contempla la construcción de una barrera central, este deberá permitir el flujo de agua de uno a otro lado de la carretera.

De acuerdo con el proyecto, varias de las alcantarillas propuestas consideran la instalación de tubos de 0.90 m de diámetro. Estos, si bien son adecuados para el flujo del agua en algunos sitios, no lo son para el cruce de fauna, ya que gran parte de los movimientos de organismos entre un lado y otro de la carretera se dan por medio de las obras de drenaje. Por estos motivos, considerando que una misma medida de mitigación puede ayudar a reducir dos impactos ambientales distintos, se recomienda aumentar las dimensiones de dichas alcantarillas a lozas o tubos de por lo menos 1.2 m de diámetro.

4. Terracerías

4.1.1 Construcción de terraplén

La afectación al suelo por la construcción del terraplén a lo largo de los aproximados 13 km de longitud de la carretera será permanente y no podrá ser mitigado. No obstante, se pueden evitar mayores daños ocasionados por la apertura de caminos de acceso o brechas temporales al circular y realizar todos los movimientos de tierras dentro del propio derecho de vía de la obra. Motivo de ello, se deberá establecer claramente ante la compañía encargada de la construcción de la carretera, la prohibición de la apertura de caminos o brechas temporales. Toda movilización de material, personal y equipo deberá realizarse por el derecho de vía de la carretera y los caminos existentes.

4.1.2.- Cortes

Dados los antecedentes en la zona referentes a derrumbes de cortes en otros tramos de la autopista, así como derrumbes en bancos de material con cortes altos expuestos (fotos VI.1 y VI.2), en este estudio se consideró pertinente realizar una importante modificación al proyecto como una medida de prevención para evitar que pueda darse este impacto. Los derrumbes ocurridos han elevado considerablemente los costos de mantenimiento y construcción de las obras en tramos previos de esta carretera, sin que hayan podido ser resueltos a la fecha. La intención es que en este caso no ocurran derrumbes de gran magnitud y la construcción de la obra prevea los costos que ello implica.



Foto VI.1.- Vista de derrumbe de material en corte muy alto de banco de extracción en la zona del proyecto.

Los derrumbes ocurridos reflejan una alta capacidad de saturación de agua por parte de los horizontes minerales del suelo (ricos en arcilla), y la baja consolidación del material geológico, que se combinan con la inclinación del corte, para dejar caras expuestas, susceptibles de movimiento de masa por saturación de agua. Como resultado el material se desliza pendiente abajo afectando la infraestructura carretera y poniendo en riesgo a los trabajadores (en la etapa de construcción) y a los usuarios (en etapa de operación).



Foto VI.2.- Vista de un corte con derrumbe en un tramo anterior al sujeto al presente estudio.

El proyecto tal y como está planteado contempla taludes de cortes de hasta 35 m de alto y con inclinaciones de talud variables de 0.25:1, 0.5:1 y 1:1. Los cortes 0.25 y 0.5 a 1 se estima que son excesivamente pronunciados para las condiciones de terreno y tipo de suelo que predomina en la zona. Motivo de lo anterior, como medida de mitigación se **deberán inclinar los taludes de los cortes hasta lograr un adecuado ángulo de reposo de los materiales, de preferencia considerar por lo menos inclinaciones de 1:1 (que implican un ángulo de reposo de 45°)**; particularmente entre Jalapilla y Xicotepec, y entre San Agustín Atihuatlán y San Miguel Acautla, que resultaron ser los de mayor propensión al derrumbe (Figura VI.1; ver mapa en detalle Capítulo VIII).

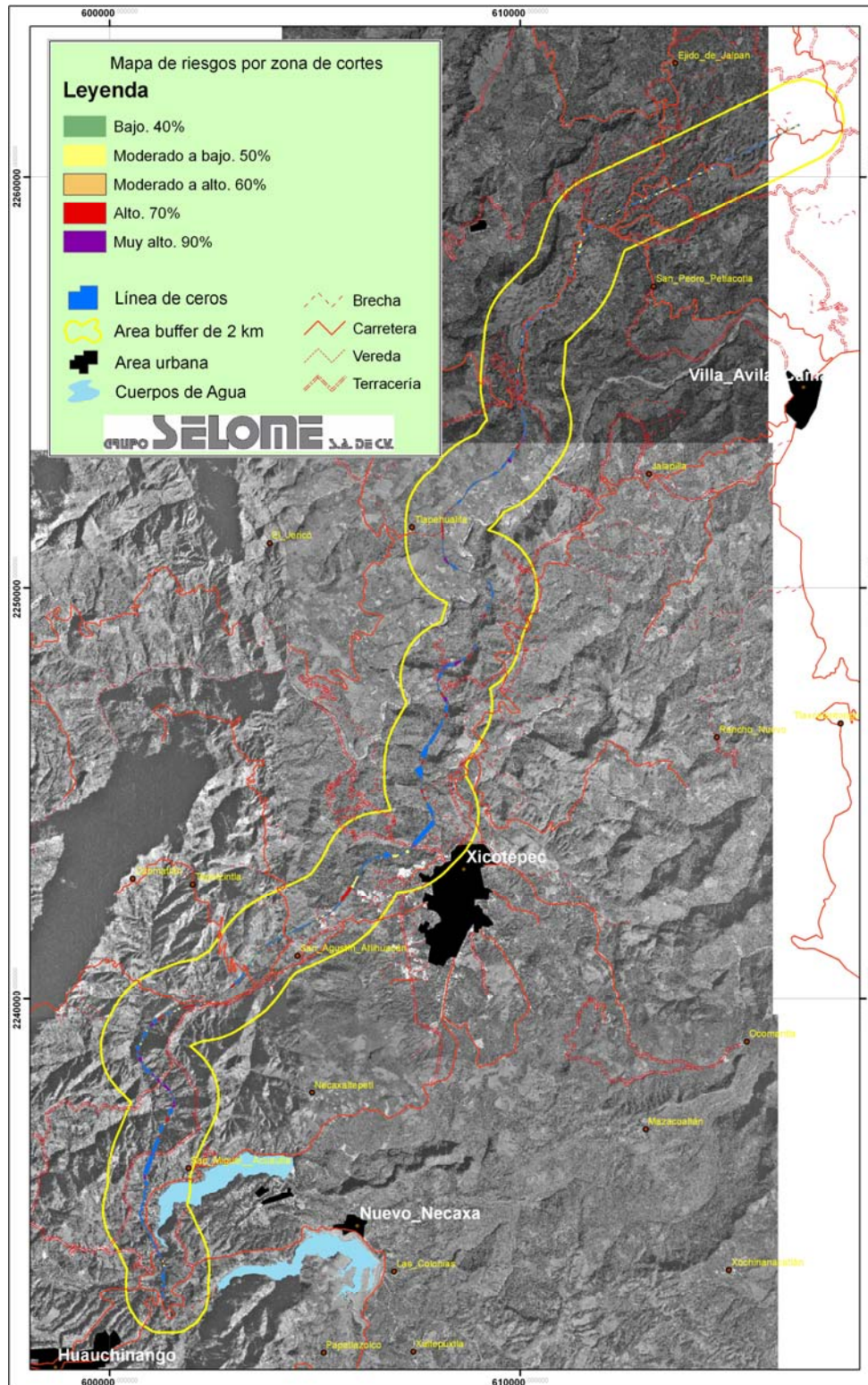


Figura VI.1.- Susceptibilidad estimada de los cortes a derrumbe. (Mapa en detalle en cap VIII)

Estamos conscientes de que con ello se aumenta considerablemente los costos de la obra y las superficies de afectación por los cerros del camino. Bajo este nuevo esquema de inclinación el área de corte y despalme, que actualmente es de 176.90 Ha, se incrementará. Sin embargo, se considera que de preverse este cambio en el proyecto con suficiente antelación, será posible asignar recursos e informar de ello a las compañías que participan en la licitación para la construcción, y así poder lograr cortes más apropiados. Asimismo, las labores de restauración ecológica se facilitarán sobre taludes con menor ángulo de inclinación, lo que permitirá mejor retención del suelo y la cubierta de pasto y vegetación sembrada, una mejor humectación de toda la superficie, y con ello el desarrollo de una cobertura vegetal persistente en el menor tiempo posible. De ahí que aunque se incremente el área desmontada, ésta será recuperada eventualmente para formar un corredor ecológico a lo largo de ambos lados de la carretera.

Aunque el mapa de riesgo de derrumbe generado y presentado en este estudio es solo una aproximación, puede considerarse para jerarquizar el grado de inclinación de cortes en función de costos/beneficios. De ser necesario, lo más indicado para ello será elaborar un estudio ex profeso para clasificar adecuadamente el riesgo de derrumbe en cada corte de la carretera con una mayor y mejor calidad de variables.

4.1.3.- Restauración

Una vez concluidos los trabajos de construcción del terraplén se deberán conformar adecuadamente las superficies de los taludes y se expandirá sobre éstas el suelo orgánico conservado de las obras de despalme para proceder a la restauración del derecho de vía de la carretera, como se indicó con anterioridad.

4.2 Explotación de materiales de banco

4.2.1 Solicitud y autorización del aprovechamiento

Como se mencionó, el aprovechamiento de los bancos quedará bajo decisión de la compañía constructora a que se asigne la obra. Ésta deberá tramitar la autorización correspondiente ante las autoridades competentes de forma previa a la extracción de los materiales. Una vez concluida la extracción de materiales, y siempre y cuando el banco no sea propiamente un sitio ya establecido para la explotación de material, la compañía constructora deberá realizar la restauración ecológica del sitio siguiendo las medidas y recomendaciones señaladas en este estudio en lo referente a la conservación y

reaprovechamiento del suelo orgánico, el rescate y a la recuperación de la cobertura vegetal, así como a aquellas disposiciones que la autoridad señale.

4.3.1 Disposición de material de corte

El material de corte considerado como desperdicio está conformado por rocas y fragmentos de éstas, por lo que deberá ser dispuesto dentro de un banco de tiro, previamente identificado y autorizado por la autoridad competente. Para tal efecto será factible el uso de sitios que han sido utilizados como bancos de préstamo de materiales. Previa a la disposición del material en el sitio autorizado, se deberá despallar el suelo orgánico y conservarse a un lado para su posterior aprovechamiento en las labores de restauración ecológica. El material residual de cortes deberá ser dispuesto de forma expandida sobre el sitio autorizado para posteriormente facilitar las labores de restauración ecológica a las que deberá quedar sujeto siguiendo lo establecido en las medidas de mitigación referentes a la conservación y reaprovechamiento del suelo orgánico y a la recuperación de la cobertura vegetal.

4.4.1 Tránsito de vehículos con materiales de bancos

Deberá restringirse el movimiento de vehículos transportando materiales a vialidades, terracerías y caminos existentes, o bien por dentro del propio derecho de vía. No deben abrirse nuevas vialidades sin previa autorización de la autoridad competente ya que se incrementan los daños al sitio por efecto de la construcción de la carretera.

Asimismo los camiones con material deberán cubrirlo totalmente con lonas adecuadamente colocadas para evitar el aporte de polvos sobre la vialidad y afectación a peatones y predios inmediatos.

La contratista deberá regular la operación de vehículos de carga y transportes de materiales verificando el cambio de aceites y filtros frecuentemente, así como el adecuado estado de las llantas. La operación de los vehículos deberá sujetarse a las disposiciones correspondientes en la Normatividad Oficial en la materia.

5.1.1 Mitigación para construcción de puentes

La construcción de los puentes contemplados por el proyecto, deberá afectar lo menos posible las superficies fuera del derecho de vía que requieren ser alteradas para tener acceso al fondo de las cañadas y construir las pilas de los puentes. Para ello se deberán restringir al mínimo necesario los

caminos de acceso a la base del puente y procurar, dentro de lo posible, la apertura de éstos dentro del derecho de vía. Estos caminos deberán ser restaurados una vez concluida la construcción de los puentes. Los caminos de acceso y sitios de emplazamiento del materiales que haya sido desmontados y compactados será restaurados considerando su descompactación y aplicando un proyecto de restauración que forme parte del programa de restauración ecológica de toda la carretera.

Los cambios de pendientes serán minimizados mediante la construcción de escalones, bermas o disminución de la inclinación de las pendientes mediante pequeñas cortes en laderas sobre los arroyos. El arroje de las zonas afectadas con materiales residuales de desmonte o despalme con una ligera compactación puede ayudar a la revegetación debido al banco de semillas en estos materiales, esto conllevaría a un aumento en la estabilidad de las pendientes.

Se deberán recoger del sitio, y particularmente del cauce, todo tipo de material de construcción o escombros al finalizar los trabajos de construcción de puentes.

6.1.1 Manejo cuidadoso y medidas para evitar derrames accidentales

Debido al tipo y origen de la afectación, se considera que el impacto es muy reducido debido al corto plazo de exposición del material generando vapores y olores. En todo caso, la única medida es disminuir el contacto del material con otros recursos abióticos adyacentes a la obra aunque se encuentren dentro del derecho de vía. Esto impedirá la entada de elementos contaminantes en los diferentes componentes ambientales (hidrológico, suelo y aire). Para ello, las plantas pavimentadoras deberán ubicarse en sitios autorizados, colocando una capa de geotextil o plancha de concreto que protejan contra cualquier tipo de derrame accidental. Una vez concluida su utilización, estos sitios deberán ser restaurados como las demás áreas afectadas por este proyecto y cualquier tipo de escombros, residuo o maquinaria deberá ser retirada del sitio.

7.1.1 Proyección de obras de drenaje complementarias

Los lavaderos y ductos deberán considerar la mayor dispersión posible del agua para evitar salidas con fuerza que pueda ocasionar la erosión en el sitio y el posible inicio de apertura de cárcavas; particularmente importante dada la susceptibilidad del terreno a la erosión hídrica. Esto se puede lograr asentando las obras en sitios con pendientes ligeras, así como prolongar la longitud de las obras para disminuir la velocidad del escurrimiento la exposición de la superficie del suelo. Promover el desarrollo

de vegetación herbácea y arbustiva en la base de las obras que descargan el agua de la carretera, disminuirá la susceptibilidad de erosión del suelo en el sitio.

8.1.1 Disposición en bancos de cascajo y de tiro

Todo tipo de residuo de obra deberá recogerse del frente de obra en camiones cubiertos y ser depositado en bancos de tiro y sitios receptores de cascajo autorizados y claramente definidos por la autoridad competente. Se sugiere como posible banco de tiro, alguno de los bancos de materiales cercanos al tramo, que actualmente se encuentren en desuso, o una zona de aquéllos que se encuentren en uso y que pueda ser destinada para tales fines.

Previa a la disposición del material en el sitio autorizado, en caso de contener suelo orgánico, se deberá despallar el suelo orgánico y conservarse a un lado para su posterior aprovechamiento en las labores de restauración ecológica del banco de tiro. El material residual (no contaminante) deberá ser dispuesto de forma expandida sobre el sitio autorizado para posteriormente facilitar las labores de restauración ecológica a las que deberá quedar sujeto siguiendo lo establecido en las medidas de mitigación referentes a la conservación y reaprovechamiento del suelo orgánico y a la recuperación de la cobertura vegetal.

Los bancos de tiro no podrán ubicarse contiguos a un arroyo o cauce de escorrentía, ya que el aporte del material suelto del banco puede contaminar con sedimentos el agua de dichos cuerpos. El material debe colocarse de manera expandida con una ligera compactación cuando se trate de suelo mineral. Para su ubicación se requieren sitios con bajas pendientes, lo que no resulta fácil de conseguir en toda la zona debido a la topografía sinuosa del terreno. Por lo pronto, a partir del mapa de pendientes que se presentó en el capítulo IV de este estudio (Figura VI.2 y capítulo VIII), se pueden ubicar tentativamente cuatro zonas que deberán evaluarse para definir su aptitud para ubicar los bancos de tiro: 1) la zona plana cercana a Nuevo Necaxa a, a la altura del km 140 a 141, desviación derecha, 2) la zona plana cercana a Xicotepec, a la altura del km 149 a 144 desviación derecha, 3) la zona plana cercana a Villa Ávila Camacho a la altura del km 169 a 172, desviación izquierda, y 4) la zona plana cercana a San Pedro Petlacotla, a la altura del km 174 al 178+500, desviación derecha e izquierdas.

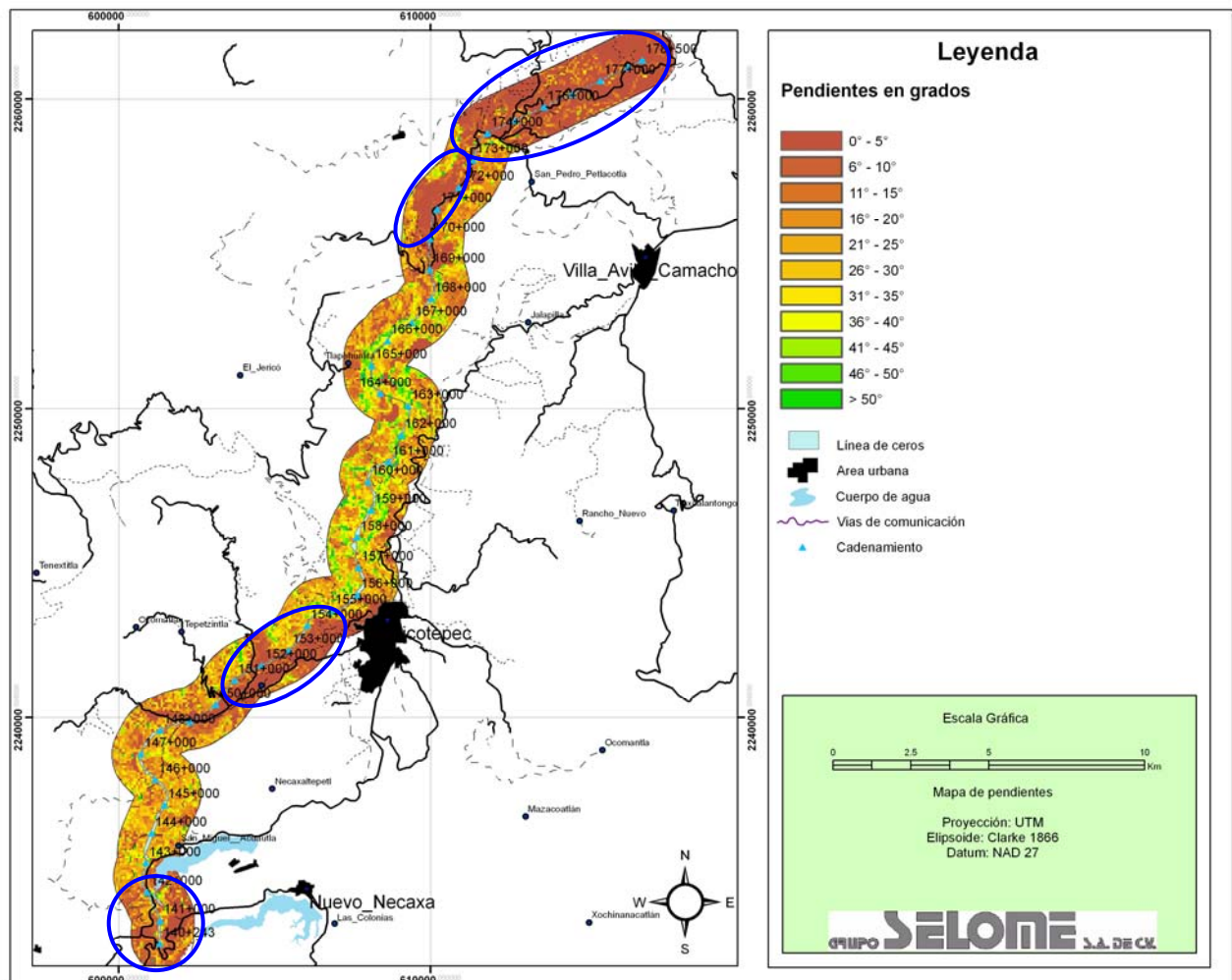


Figura VI.2.- Mapa de pendientes a lo largo del trazo carretero ubicando las zonas que posiblemente se pueden considerar para ubicar bancos de tiro de material.

8.2.1 Instalación de contenedores y recolección de basura en derecho de vía

En diferentes puntos del frente de obra se colocarán tambos de basura y se hará obligatorio su uso por parte de los trabajadores de la construcción.

La constructora deberá organizar la recolección periódica de la basura de los frentes de obra y su disposición en el tiradero municipal más próximo, previa negociación y autorización correspondiente.

Adicionalmente se colocarán letreros solicitando abstenerse de tirar basura para facilitar la conservación de la zona.

8.3.1 Instalaciones sanitarias

En todos los frentes de obra deberán colocarse instalaciones sanitarias portátiles y hacer obligatorio su uso. Estas deberán ser suficientes de acuerdo al número de trabajadores en el sitio y deberán contar con servicio periódico de limpieza y recolección de residuos para evitar la propagación de enfermedades entre trabajadores y la población.

8.4.1 Señalamiento preventivo adecuado

La prevención de accidentes resulta muy importante. Se deben incluir con un adecuado distanciamiento señales referentes a la entrada y salida de vehículos de la obra.

Los señalamientos deben ser claramente visibles a la distancia, tanto de día como de noche y se deberán incluir reductores de velocidad o bandereros cuando sea necesario; particularmente en los accesos y cruces con otras carreteras y caminos pavimentados.

Los trabajadores y bandereos deberán portar el equipo de seguridad requerido por la Secretaría del Trabajo, incluyendo chalecos fluorescentes que los hagan más visibles a la distancia, particularmente en condiciones de poca luz.

Los vehículos y equipos de obra en movimiento deberán contar también con los señalamientos obligatorios. Los camiones con materiales deberán contar con los señalamientos correspondientes que marca la legislación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

8.5.1 Instalación de patios de maniobras y almacenes

La ubicación de patios de maniobras, campamentos, almacenes, talleres u oficinas que requiera el proyecto deberá circunscribirse al interior del derecho de vía. En las zonas de cañadas se deberán ubicar preferentemente dentro del área del corte en balcón, evitando la construcción de plataformas o terraplenes para el emplazamiento de estas instalaciones.

Los sitios ocupados por la infraestructura temporal como campamentos, talleres u oficinas, así como los patios de maniobras y almacenes, deberán ser restaurados al concluir los trabajos de construcción de la carretera. Se deberán conformar las superficies, remover cualquier tipo de residuo o piso de concreto y descompactar las superficies para facilitar su restauración ecológica. Se deberán seguir las medidas de mitigación planteadas para la conservación y reaprovechamiento del suelo orgánico y la recuperación de la cobertura vegetal.

8.6.1 Reglamentar comportamiento

A fin de evitar ampliar la afectación sobre flora y fauna en los frentes de obra por efecto de la presencia de trabajadores, se deberán primeramente hacer campañas de concientización sobre la importancia de la conservación de los organismos silvestres y lo difícil y poco exitoso que resulta su mantenimiento y conservación fuera del sitio donde crece o habita de forma natural. Seguido de dichas campañas de concientización se deberá elaborar un reglamento con sanciones claras que regule el comportamiento de los trabajadores en el frente de obra, restringiendo sus movimientos al interior del derecho de vía, aún en sus horas de descanso, y sancione a aquellos que arrojen basura, no utilicen las instalaciones sanitarias y dañen o capturen algún organismo.

9.1.1 Facilitación de paso de fauna

Como se señala en el capítulo de impactos, las carreteras ocasionan un fuerte impacto a nivel regional al fragmentar poblaciones de animales por conformar barreras y a nivel local, por fraccionamiento del hábitat, la pérdida de organismos debida a atropellamientos y una mayor penetración humana en comunidades silvestres.

Diversas medidas se han aplicado en la literatura para reducir los atropellamientos, como la instalación de cercos, la construcción de pasos para fauna, la alteración del hábitat, el uso de espejos y reflectores, instalación de letreros, silbatos, luces o reducción de los límites de velocidad. De los anteriores, aparentemente solo el uso de cercos, los pasos para fauna han resultado exitosos. No obstante, el uso de cercos incrementa el efecto de barrera que de por sí constituye la carretera, por lo que aunque exitosa en evitar colisiones, no es adecuada para reducir la fragmentación del hábitat.

Para contrarrestar el efecto por pérdida de conectividad entre las poblaciones de mamíferos medianos y grandes, así como reducir los atropellamientos al aumentar el tránsito y su velocidad con la ampliación de la carretera proyectada, se estima necesario incrementar y ocultar entre la vegetación restaurada dentro del derecho de vía, algunos puntos para cruce de fauna; particularmente entre los kilómetros 140 a 142+500, tramo dentro del área natural protegida de la cuenca del río Necaxa, así como también entre el km 155 al 162, donde se encuentran varios manchones de bosque mesófilo bien conservados.

El hecho de que este proyecto considere gran cantidad de puentes y túneles facilitará el paso de organismos de uno a otro lado de la carretera, particularmente el túnel a la altura de Xicotepec ayudará a conservar el ambiente y los animales seguirán cruzando por el cerro dentro del cual irá el túnel. Asimismo podrán cruzar libremente por las cañadas bajo puentes y viaductos. Motivo de ello, el propio diseño de la carretera facilitará los movimientos de fauna. Se considera importante de cualquier manera recomendar la sustitución de las alcantarillas en forma de tubo de 0.90 m por lozas de mayor dimensión

de claro para que además de su función conductora de agua, tengan una función como estructuras para paso de fauna.

Los pasos para fauna han mostrado ser medidas de mitigación eficientes en otros países. Se han construido pasos superiores e inferiores, e incluso pasos aéreos para organismos trepadores, que han demostrado ser eficientes mecanismos de recuperación de la conectividad. Los registros existentes para una carretera en el parque nacional Banff, en Alberta, Canadá, muestran que diferentes tipos de pasos y de diferentes dimensiones son necesarios para facilitar el cruce de distintos tipos de mamíferos de mediano o gran tamaño y que el uso de pasos superiores (como los túneles) e inferiores (como los puentes y viaductos) de mayores dimensiones, en combinación con los pasos inferiores, incrementa notablemente el número de organismos capaces de cruzar y por ende, reducirá el efecto de barrera que ocasiona la carretera.

La información bibliográfica sugiere que la combinación de pasos superiores e inferiores para fauna resulta en una mayor variedad de organismos que son capaces de librar la barrera que impone la carretera. Esta será una ventaja adicional de contar tanto con puentes como con túneles. No obstante, resulta de importancia mantener el flujo de organismos a ambos lados de la carretera por más sitios que los que albergan túneles y puentes, por lo que se propone la sustitución de las alcantarillas propuestas en proyecto como tubos de 0.90 m por lozas de por lo menos 1.20 m, para conformar mayor cantidad de pasos a lo largo de toda la carretera.

Los pasos (alcantarillas con dimensiones ampliadas) deberán considerar el uso de estructuras que permitan la circulación de vehículos de forma separada de la circulación de fauna, con un diseño que permita la integración de dicha infraestructura en el entorno ecológico existente y que no sea fácilmente percibida por los animales. En el diseño de los pasos para fauna se deben considerar elementos de camuflaje del paso y una visibilidad clara de la vegetación al otro extremo del mismo, ya que se ha reportado que los organismos solo cruzan por sitios en donde puedan ver el extremo opuesto abierto, claro y libre.

VI.2 DETERMINACIÓN DE IMPACTOS RESIDUALES

Cualquier proyecto de desarrollo conlleva impactos, cuando no se aplican medidas de mitigación, éstos pueden ser muy fuertes y repercutir en un detrimento de la calidad ambiental e incluso en el funcionamiento de un sistema. No obstante, las medidas de mitigación reducen el efecto de dichos impactos, pudiendo en ocasiones nulificar su existencia. En este apartado se analiza el cambio de escenario de un proyecto sin aplicar medidas de mitigación, contra el mismo proyecto aplicando las medidas propuestas (impactos residuales).

Los impactos residuales han sido calculados en el inciso V.2 del capítulo anterior. Al evaluar el efecto cuantitativo de la aplicación de las medidas de mitigación, es posible visualizar el cambio cuando no se aplican estas medidas, con respecto a cuando si lo hacen. En muchos casos, la mitigación no evita que se dé el impacto, sino solamente reduce su efecto, ya sea en magnitud, extensión o duración, principalmente. De esta manera, analizando la medida propuesta con respecto al impacto visualizado, se redujeron los valores de magnitud, extensión, duración, sinergia, etc. según cada caso (ver capítulo VIII correspondiente con tablas de cálculos).

Como resultado de esta evaluación se generó un par de gráficos que integran los impactos con y sin proyecto a lo largo del tiempo, considerando que el proyecto se desarrollara en cinco años. Las barras asociadas a cada punto en el gráfico corresponden al tiempo estimado de duración del impacto en función del tiempo de duración de las obras de preparación del sitio y construcción. Los impactos persistentes en el tiempo se presentan a partir del 60^{avo} mes, dentro de la operación de la propia carretera. Estos gráficos se presentan en las figuras VI.3 y VI.4.

Como se observa en la figura VI.3, escenario SIN medidas de mitigación, cuando no se aplica ninguna medida de mitigación, los impactos que se esperarían por este proyecto serían de moderados a muy altos (evidenciado por las celdas color morado en la matriz correspondiente). Predominando los impactos de moderados a altos. La longitud de las barras indica aproximadamente el tiempo de duración de cada impacto en función del programa de actividades del proyecto para las acciones de preparación del sitio, construcción y operación. De la anterior figura se observa que la gran mayoría de los impactos, sin contemplar medidas de mitigación, serán entre moderados a muy altos, y se darán desde los primeros meses y hasta la operación de la carretera (más de 60 meses).

Existen unos cuantos impactos altamente benéficos, que al hacer un balance entre beneficio y afectación resulta poco clara la ventaja, ya que se generan muchos impactos fuertes y muy fuertes para unos cuantos beneficios fuertes (muy altos). Esta **no es la condición de este proyecto**, ya que desde su planeación se contempla incluir las medidas de mitigación necesarias para reducir el efecto de la construcción de esta carretera lo más posible. Por ello forzosamente se debe realizar la evaluación del proyecto considerando la integración de las medidas de mitigación propuestas.

Cuando se contemplan medidas de mitigación, los impactos se reducen notablemente como se observa en la figura VI.4, donde la mayor parte de los impactos son de moderados a bajos e incluso muy bajos. No obstante, aún quedan algunos impactos altos residuales que no resulta factible mitigar como los cambios en el relieve original, mayor propensión a derrumbes y pérdida de paisajes de calidad; así como un efecto barrera, que si bien es reducido al contar con puentes, túneles y alcantarillas que permiten el cruce de fauna, no eliminan del todo el efecto de barrera que una autopista de este tipo constituye.

Como se observa en la figura VI.5, si no se aplican medidas de mitigación, los impactos en promedio son moderados a altos, e incluso pudieran ser muy altos (barras rojas); al aplicar medidas de mitigación los impactos se distribuyen en torno a impactos bajos como valor medio, lo que permite visualizar que este proyecto carretero resulta viable cuando se aplican adecuadamente medidas de prevención y mitigación de los impactos.

En el entendido de lo anterior, los valores de los impactos residuales por factor ambiental y actividad del proyecto una vez que se contemplan medidas de mitigación, corresponden a los valores presentados en la matriz de impacto ambiental CON medidas de mitigación, presentada en el capítulo anterior.

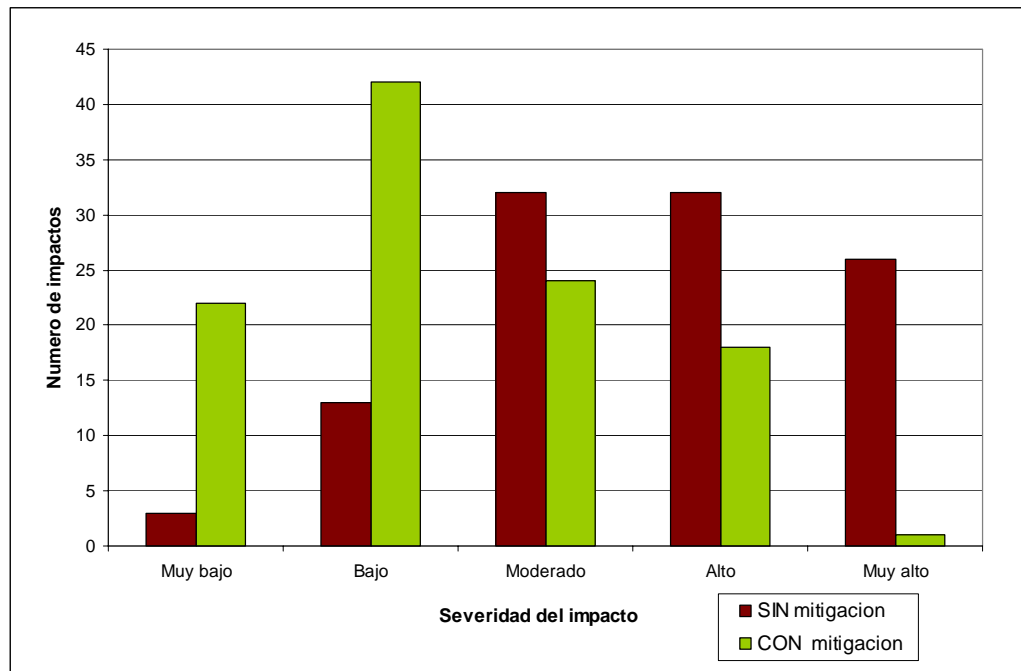


Figura VI.5.- Comparación de impactos generados por el proyecto sin medidas de mitigación y con medidas de mitigación.

VI.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL DEL PROYECTO

VI.3.1 Indicadores para el monitoreo

Dada la poca perturbación existente en la zona, es factible identificar indicadores ambientales de evolución de las medidas de mitigación en una evaluación al mediano y largo plazos. Entre ellos se puede mencionar:

- La recuperación de la cubierta vegetal dentro del derecho de vía y zonas ocupadas por infraestructura del proyecto.
- Adecuado funcionamiento de alcantarillas y puentes en lo referente a flujos de agua y cruce de animales.
- Las alcantarillas al mediano y largo plazo deben permanecer libres de sedimentos o materiales que obstruyan su función, lo que puede monitorearse mediante un programa de análisis de calidad del agua de forma posterior a la construcción de la carretera y durante los primeros años de operación de ésta.
- Verificar mediante técnicas directas e indirectas (huellas y rastros en la temporada posterior a las lluvias) que estas obras estén fungiendo como pasos de fauna.
- Sobre especies de fauna rescatadas, será necesario llevar una bitácora de obra reportando dichas especies, donde fueron encontradas, como se les capturó y en que fecha, cuando fueron dispuestas y quien recibió.

Como indicadores de una adecuada realización de las medidas de mitigación al corto plazo y durante la realización de las obras se proponen los siguientes, basados en las fichas técnicas elaboradas para dar seguimiento a la mitigación de los impactos:

- 1) Sobre adecuada conservación y cobertura de taludes con suelo removido durante el desmonte libre de material de cortes.

Indicadores:

- Acamellonamiento de suelo orgánico removido durante el desmonte dentro de línea de ceros.
- Expansión de material orgánico sobre taludes y zonas afectadas con compactación por apisonamiento exclusivamente.

2) Sobre reforestación de taludes y derecho de vía y zonas afectadas por obras e infraestructura.

Indicadores:

- Rescate de plántulas de árboles.
- Colocación de plántulas de árboles en bolsas para invernadero de tamaño apropiado (+/- 30 cm).
- Resguardo y colocación de plántulas de árboles en viveros adecuadamente instalados su propagación y mantenimiento.
- Mantenimiento de plantas en vivero por lo menos por 2 años antes de su siembra en las actividades de reforestación.
- Resiembra de plántulas árboles en obra abriendo cajete de 30x30 cm relleno con tierra de buena calidad y con plantas de edad aproximada a 2 años en vivero.
- Colocación de tutores en cepa y atado de árbol con mecate.
- Registro de árboles para dar seguimiento a su desempeño.

3) Sobre adecuado manejo de residuos sólidos urbanos y de construcción.

- Colocación de contenedores en distintos puntos del frente de obra, con tapa y en adecuadas condiciones de funcionamiento.
- Cobertura de ruta de recolecta de esos residuos por parte de la instancia municipal correspondiente y/o la contratista.
- Identificación de bancos de tiro autorizados (incluir verificación de autorización) y condiciones de realización del tiro del material de cortes y residuos de construcción.
- Medidas propuestas por contratista para restauración de los bancos de tiro y préstamo y su cumplimiento al finalizar la obra.

4) Sobre adecuado manejo de aguas residuales y residuos peligrosos

- Colocación de suficientes sanitarios portátiles con mantenimiento periódico. Retiro total al finalizar la obra.
- Disposición de aceites y estopas o trapos con éstos, y demás residuos peligrosos en contenedores cerrados y disposición en sitios adecuados mediante la autorización oficial correspondiente (verificar autorización).

5) Sobre transporte de materiales

- Vehículos en adecuadas condiciones de operación en emisiones.
- Carga tapada con lona para evitar pérdidas y contaminación por polvos en localidades por donde pasen estos vehículos.

VI.3.2 Programa de monitoreo de Medidas de Mitigación propuestas

El programa de monitoreo debe acompañar al programa de realización de la obra. No obstante, a estas alturas del proyecto solamente se cuenta con un programa muy general de las actividades del proyecto, por lo que el programa de monitoreo ha debido ser elaborado de forma general y se presenta en el cuadro VI.3. Se incluyen ya en dicho programa las acciones de mitigación de mayor relevancia, que deberán ser programadas y calendarizadas como parte de los conceptos de obra del proyecto, a fin de poder contar con presupuesto y la oportunidad adecuada para su realización.

En el cuadro VI.7 se presenta una descripción detallada de las principales medidas que deberán ser monitoreadas para asegurar un adecuado desempeño ambiental durante la ejecución de este proyecto. Asimismo, como parte de una contratación adicional a esta MIA, en el inciso VI.3.3 se presenta a detalle un Programa para el Monitoreo de las Acciones de Restauración Ecológica implementadas.

Cuadro VI.7.- Programa de Monitoreo de actividades y medidas de mitigación del proyecto

Etapa del Proyecto	Etapa ambiental	No. Actividad	Actividad dentro del Proyecto	ACCIONES DE MONITOREO AMBIENTAL DEL PROYECTO
Construcción del tramo carretero nuevo	Preparación del sitio	Acciones de Mitigación	Elaboración de estudio y proyecto de restauración ecológica de superficies afectadas por la obra	Analizar los planos de obra y los sitios por afectar así como la composición y estructura de la comunidad vegetal en sus inmediaciones para definir un proyecto de restauración ecológica de las superficies afectadas por todo el proyecto.
		Acciones de Mitigación	Instalación de vivero para rescate y propagación de especies vegetales	Seleccionar el (los) sitio(s) adecuados para instalar un vivero provisional donde se rescaten las especies de la zona, se propaguen y se conserven según proyecto de restauración ecológica del sitio. Conservación de especies hasta terminada la restauración ecológica y los 2 años posteriores para seguimiento y reemplazo de individuos.
		1	Desmote de zona entre línea de ceros (tala árboles > 20 m)	Verificar acciones de rescate de especies y creación de vivero para realizar restauración ecológica. Verificar estado adecuado de especies en vivero.
			Retiro de malezas y árboles <20m	Verificar la inclusión de especies arbustivas entre las plantas que serán propagadas en el vivero. Verificar condiciones de plantas en vivero previas a la restauración ecológica. Verificar rescate y adecuada disposición en el vivero de especies en la norma NOM-059-SEMARNAT-2001
		Acciones de Mitigación	Rescate y ahuyentamiento de fauna	Verificar acciones de ahuyentamiento de fauna y rescate y reubicación por especialistas de aquellos organismos animales durante las obras del proyecto
		2a	Despalme, remoción de capa orgánica de suelo	Verificar acamellonamiento de material orgánico para su reutilización en restauración de taludes y su adecuado cubrimiento y/o su transporte y conservación dentro de la zona de vivero.
2b	Cortes y generación de residuos de cortes y despalme	Verificar la disposición de residuos en bancos de tiro autorizados y su posterior restauración ecológica		

Etapa del Proyecto	Etapa ambiental	No. Actividad	Actividad dentro del Proyecto	ACCIONES DE MONITOREO AMBIENTAL DEL PROYECTO
		4b	Generación de residuos urbanos	Verificar colocación de basureros y adecuadas condiciones de operación. Verificar su retiro final.
		4c	Generación de aguas sanitarias	Verificar colocación de sanitarios portátiles y adecuado uso y su retiro final.
	Construcción	5a	Alcantarillas	Verificar colocación en sitios adecuados con dimensiones adecuadas. Verificar el retiro de todo tipo de material y residuo de los cauces. Monitorear calidad de agua en escurrimientos, ríos y arroyos cercanos por 1 año posterior a la obra.
		5b	Desvío del tránsito	Verificar que no se invadan predios aledaños con desvíos y que existan señalamientos adecuados. Verificar que todos los cruces con caminos rurales cuenten con pasos vehiculares. Verificar restauración ecológica de desvíos cuando proceda.
		6a	Terracerías	Verificar movimientos de vehículos dentro del derecho de vía y no afectación a predios aledaños a éste.
		Acciones de Mitigación	Restauración ecológica de terraplenes, cortes y áreas libres del derecho de vía, así como otros sitios afectados por obras	Verificar el uso de suelo acamellonado y especies en vivero bajo un proyecto de restauración ecológica de superficies afectadas.
		6b	Acarreo de material de bancos y residuos	Verificar que los vehículos lleven el material cubierto y su adecuado funcionamiento. Verificar restauración ecológica de bancos cuando competa.
		7	Puentes y túneles	Verificar que no se invadan predios aledaños ni se abran caminos nuevos. Verificar restauración ecológica de zonas de base del puente y sus accesos así como en portales de túneles.
		8	Pavimento	Verificar localización de plantas fuera del área, solo en bancos de materiales o plantas existentes
		9	Obras de drenaje complementario	Verificar que se cumplan las medidas referentes a disposición de residuos y movimiento de personal.
		Acciones de Mitigación	Realizar y ejecutar proyecto de restauración ecológica de demás superficies afectadas por las obras	Verificar proyecto, especies seleccionadas por sitio, condiciones de sembrado y conservación posterior a la restauración ecológica
		10	Pintura y señalamiento	Verificar que se cumplan las medidas referentes a disposición de residuos y movimiento de personal.
		12b	Generación de residuos urbanos	Verificar colocación de basureros y adecuadas condiciones de operación
		12c	Generación de aguas sanitarias	Verificar colocación de sanitarios portátiles y adecuado uso
	12d	Presencia del personal en frentes de obra	Verificar existencia de reglamento de protección ambiental, especialmente de flora y fauna	
	Operación	Acciones de Mitigación	Ampliación de alcantarillas propuestas para facilitar cruce de fauna	Supervisar ubicación y amplitud de alcantarillas que cuenten con diámetros mayores a 0.90 cm y permitan cruce de fauna
		13	Carretera en operación	Evaluación de desempeño de medidas de mitigación y cruce de fauna por alcantarillas, puentes y sobre túneles.

VI.3.3 Elaboración de un Programa de Monitoreo de las Acciones para la Restauración Ecológica que se requiera de los sitios afectados por el proyecto.

1. *Identificación y descripción general de las condiciones ambientales de base, previas a la construcción del proyecto.*

El trazo que comprende la autopista México-Tuxpan en el tramo del km 140+243 al 178+500 está conformado por un mosaico de vegetación en el que dominan los pastizales y los cafetales al sol y a la sombra, así como acahuales en diferentes estados sucesionales de Bosque mesófilo de montaña y Selva mediana subperennifolia. Los pastizales cultivados se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del trazo establecido para la autopista. En un principio la vegetación original fue talada para dar paso a sistemas agrícolas y posteriormente cuando estos dejaron de producir dieron paso a pastizales que se han destinado principalmente a la alimentación del ganado vacuno. Los pastizales se encuentran sobre todo en laderas con pendientes suaves o no tan pronunciadas, para permitir el pastoreo del ganado. En muchos pastizales se observan algunos árboles aislados que generalmente no se talan para que sirvan de sombra al ganado. Estos árboles son importantes porque son puntos de percheo de aves, que al alimentarse de frutos liberan semillas que posteriormente pueden germinar y con el paso del tiempo pueden llegar a formar parches de vegetación de un tamaño considerable.

Los cafetales por su parte son muy abundantes en la zona. En general hay dos formas en las que se lleva a cabo la producción de café. La producción puede establecerse en parcelas completamente carentes de árboles, por lo que al cultivo se le conoce como cafetal al sol. La otra forma de producción que es ampliamente utilizada en la región consiste en establecer los cafetales en áreas en las que se forma una cobertura ligera, manteniendo a algunos árboles del dosel alto. Estos árboles suavizan el paso de la luz y mejora las condiciones nutrimentales del suelo. A estos cafetales se les conoce como cafetales a la sombra. Las zonas que principalmente se destinan a la producción de café son las laderas con pendientes pronunciadas que difícilmente podrían destinarse a la ganadería. En la región a pesar de los precios fluctuantes del café continúa su aprovechamiento. Las especies que principalmente se utilizan para proporcionar sombra en este tipo de cafetales son *Inga vera*, *Croton draco*, *Cedrela odorata*, *Burcera simaruba*, *Gliridicia sepium*.

Las áreas que presentan la topografía más accidentada están cubiertas por vegetación secundaria (acahuales) de Bosque mesófilo de montaña y Selva mediana subperennifolia. Los diferentes microambientes que se establecen a lo largo de las laderas favorece naturalmente la heterogeneidad de la vegetación, observándose una mezcla de especies de ambos tipos de vegetación. Algunos parches presentaban especies típicamente neárticas como *Talauma mexicana*, *Carrya sp*, *Jouglans sp*,

mezcladas con especies típicamente neotropicales *Heliocarpus* sp., *Cedrela odorata* o *Bursera simaruba*. Las perturbaciones ocasionadas por el hombre han aumentado aún más la heterogeneidad generando un paisaje conformado por un mosaico de vegetación, con parches en diferentes etapas sucesionales.

A lo largo del trazo de la autopista existe un gradiente altitudinal en el que el punto más alto se presenta en Nuevo Necaxa, en el kilómetro 140+100 con una altitud de 1340 msnm y desciende hasta el ejido de Jalpan, en el kilómetro 178+500 en el que la altitud es significativamente menor con 635 msnm. El tramo abarca cerca de 40 km en donde hay un descenso de más de 600 metros y en este gradiente la vegetación va cambiando. Las comunidades que se distribuyen en las partes más altas presentan especies más afines al Bosque mesófilo y conforme se desciende las especies son mayoritariamente neotropicales.

A pesar de que se trata de una zona que ha sido perturbada por diversos factores antrópicos de los cuales destacan la agricultura y la ganadería, aún quedan algunos parches de vegetación que vale la pena preservar. La SEMARNAT ha establecido que todos los parches de vegetación en los que se desarrolle el Bosque mesófilo sean áreas prioritarias para la conservación. El Bosque mesófilo está bajo protección debido a que abarca menos del uno por ciento del territorio nacional y por la gran diversidad de especies que prevalecen en este tipo de vegetación, de tal forma que todas las acciones que se realicen para su conservación son relevantes.

Adicional a la anterior, un tipo de vegetación cuya distribución está restringida a los bordes de ríos y arroyos es la Vegetación riparia. Anteriormente, este tipo de vegetación se distribuía más ampliamente en las terrazas que forman los ríos, sin embargo debido que estas zonas son altamente productivas han sido completamente taladas y actualmente únicamente encontramos esta comunidad vegetal estrictamente en las márgenes fluviales. La especie más representativa en este tipo de vegetación es *Platanus mexicana*, *Acer negundo*, *Carpinus caroliniana*, *Meliosma alba*, *Bellshmiedia mexicana*. A pesar de su distribución restringida este tipo de vegetación es de gran importancia, debido a que contribuye a la estabilidad del suelo evitando la erosión de las márgenes fluviales.

2. Identificación de zonas críticas y en las que deberá realizarse el monitoreo (Figura VI.6.)

A lo largo del trazo de la autopista los parches de vegetación más grandes y conservados se localizan en laderas muy pronunciadas en las que el acceso es difícil. El primer punto crítico se localiza en el kilómetro 142+000 al 144+500 en el paraje cercano a San Miguel Acautla (Figura VI.6.); así como un segundo punto crítico entre los km 154+500 y el 162+200, en donde se presentan una serie de parches con vegetación conservada del Bosque mesófilo de montaña. Los parches que aún se conservan se

localizan en laderas muy pronunciadas. Los parches presentan dimensiones considerables y sería muy conveniente establecer una conexión entre éstos, o bien ampliar la distribución de este tipo de vegetación con la restauración ecológica del derecho de vía de esta carretera. Si posteriormente a la construcción de la autopista se rehabilita el derecho de vía con especies nativas de la zona empleando germoplasma local, se puede favorecer la conexión de los parches de vegetación que aún quedan. Esto contribuiría a la conservación de la vegetación que aún se mantienen en la zona.

Un tercer punto crítico y el más relevante es el que se presenta en el kilómetro 155+560. En este punto existe una extensa cañada que en la parte alta esta cubierta por cafetales en los que se conservan algunas especies de Bosque mesófilo e incluso es un punto relevante porque es la primera vez a lo largo de todo el trazo de la autopista en el que se distribuye una especie característica del Bosque mesófilo de montaña, con una distribución muy restringida que es *Talauma mexicana*. Esta especie es nativa de México y está catalogada como especie amenazada (A) según la categoría establecida en la norma ecológica NOM-059-SEMARNAT-2001.

En el sitio en el que se distribuye esta especie se tiene contemplado la construcción de un túnel (Túnel Xicotepac), lo cual puede ser conveniente para la especie, si es que se toman las medidas pertinentes para perturbar lo menos posible la parte baja de la cañada. Se debe evitar abrir nuevos caminos porque eso genera una gran remoción de materiales susceptibles de erosionarse. Es necesario evitar lo que ocurrió en la construcción del puente Texcapa en el que hubo una gran remoción de sedimentos que prácticamente cubrieron por completo el cause del río. Los sedimentos son perjudiciales porque pueden conllevar cambios en las propiedades de los suelos que pongan en riesgo la permanencia de esta comunidad sumamente importante. También debe tenerse cuidado porque la cantidad de partículas en suspensión puede ser tan alta que puede ocasionar la mortandad de peces y crustáceos.

El último sitio crítico es el que se presenta en el kilómetro 174+560. En este punto se desarrolla tanto vegetación de selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación, como un tipo de vegetación que es poco común y tiene una distribución muy restringida. Se trata de una comunidad conformada por encinos que se establecen en el trópico cálido del país. Este tipo de vegetación se localizó a 698 msnm, aunque se tienen registros de que esta comunidad puede desarrollarse hasta el nivel del mar. La principal especie que domina en esta comunidad es *Quercus oleoides* y como especie codominante hay otra especie de encino que es *Quercus sororia* y una segunda especie en la NOM-059-SEMARNAT-2001 que corresponde a *Cyathea mexicana*; la que también se encuentra como un componente importante del bosque mesófilo de la zona en toda la región. Resulta interesante que este tipo de vegetación de origen netamente neártico esté adaptada y puede establecerse en condiciones ambientales típicamente tropicales, por lo que se recomienda el monitoreo de su adecuada conservación y mejoramiento a través de las obras y acciones de restauración ecológica del proyecto.

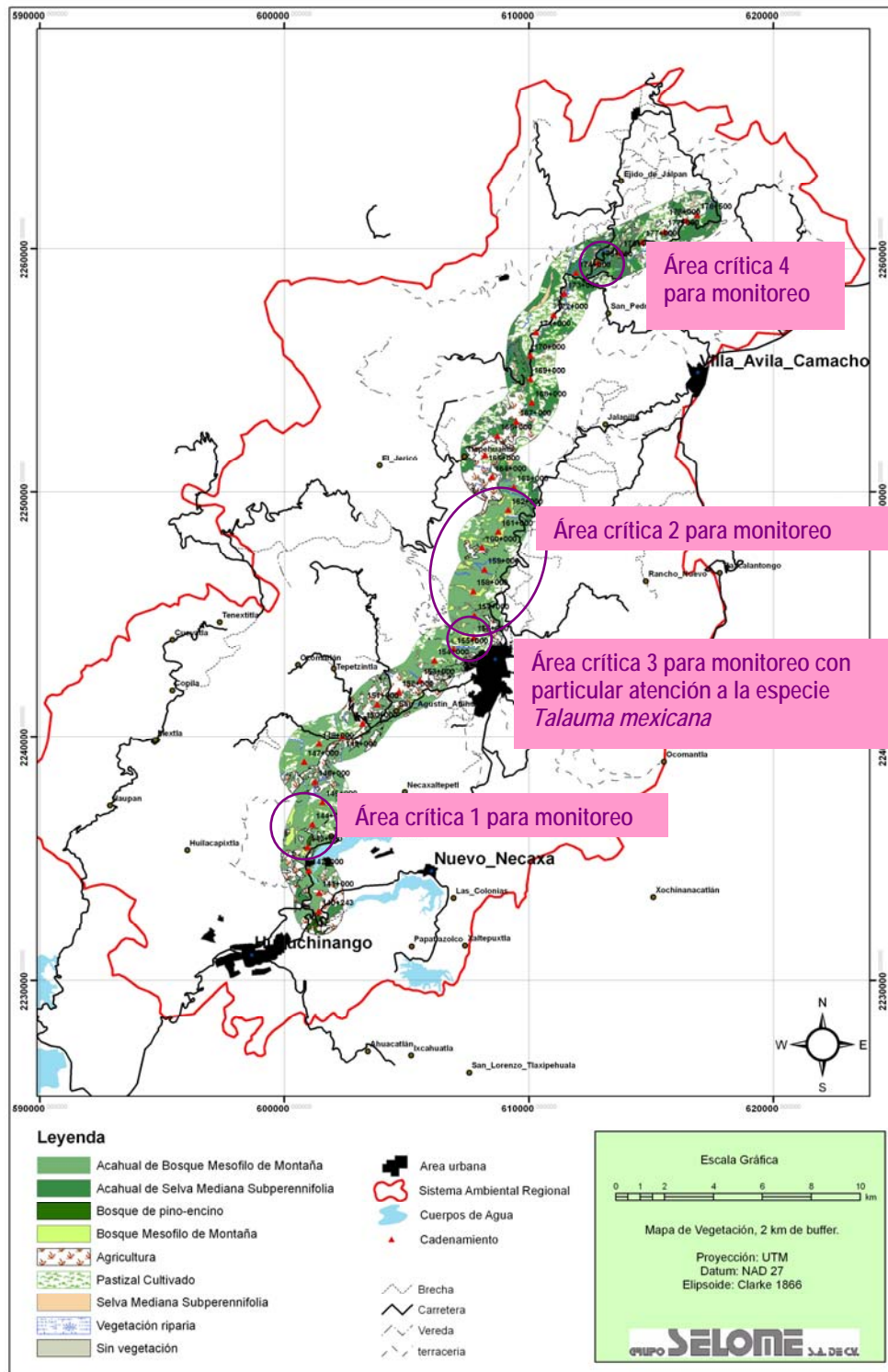


Figura VI.6.- Ubicación de las áreas críticas para monitoreo de la conservación de los tipos de vegetación de mayor relevancia en la zona del proyecto.

3. *Asignación de un valor ambiental inicial a los diferentes componentes del sistema que pudieran ser afectados por la obra; ello en función de una serie de criterios referentes a la complejidad estructural, grado de conservación, riqueza de especies, entre otros aspectos, con los que se estimará un valor ambiental característico de diferentes factores ambientales que pudieran llegar a ser afectados por la obra.*

En valor ambiental se estableció de la siguiente manera:

Desde el punto de vista de los servicios ambientales que aporta un bosque se tiene la retención del suelo. En estos ambientes montañosos las pendientes pronunciadas generan una inestabilidad en los suelos. La capacidad que tiene la vegetación para retener el suelo es muy valiosa porque, bajo estas condiciones de pendiente extrema la formación de suelo es muy lenta. Las raíces de los árboles retienen el suelo impidiendo la erosión del suelo. Los árboles son los que retienen mayor cantidad de suelo porque sus raíces penetran profundamente y evitan que se desestabilicen las laderas y que se presenten movimientos en masa. También los bosques actúan como una esponja reteniendo el agua, permitiendo que se filtre poco a poco, además de que evitan que las gotas de la lluvia golpeen directamente al suelo, principio que genera la erosión del mismo.

Al evitar la erosión del suelo, la vegetación también influye en la calidad del agua que fluye en los arroyos y ríos circundantes como el río San Marcos. El aumento de partículas en el flujo de agua disminuye notoriamente la calidad de ésta, hay una disminución en la concentración de oxígeno lo cual puede ocasionar a su vez la mortandad de especies acuáticas como peces, crustáceos o anfibios, así como de larvas acuáticas que requieren una calidad de agua con una cantidad de partículas suspendidas mínima. También es evidente que un aumento en la cantidad de partículas suspendidas puede afectar los cultivos de trucha que son frecuentes en la región. Incluso se tiene la experiencia en el tramo Tejocotal-Nuevo Necaxa en donde la construcción del puente Texcapa generó la remoción de una gran cantidad de sedimentos y que trajo consigo la mortandad de una gran cantidad de truchas que se localizaban río abajo.

La diversidad de especies es otro punto a considerar, los bosques conservados mantienen especies que tienen relevancia económica, en este caso podemos encontrar especies maderables como *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Jouglans* sp (nogal), medicinales *Talauma mexicana* y *Croton draco* (sangre de grado), ornamentales *Talauma mexicana* (árbol de corazón), frutales *Pouteria sapota* (mamey), *Carrya* sp (nogal), *Spondias* sp (ciruela) que son altamente apreciadas en el mercado por sus frutos.

Tomando en cuenta lo anteriormente descrito es evidente que el bosque conservado tendría la máxima evaluación que en este caso sería 5, porque cumpliría cabalmente con todas sus funciones. Los acahuales con vegetación secundaria tendría un valor de 4, en este caso disminuiría principalmente la

diversidad de especies que encontramos en este tipo de vegetación. Los cafetales tendrían un valor de 3, disminuye aun mas la diversidad de especies por el trabajo de deshierbe que se realiza y también disminuye en cierta medida la capacidad de retener el suelo, se presentan indicios de erosión ocasionados por los deshierbes. Los cultivos en general tendrían un valor de 2, en este caso hay una disminución notoria de especies, la erosión es mas evidente y la retención de los suelos disminuye debido que se carece de raíces que penetren profundo y retengan el suelo. Los pastizales tendrían el valor más bajo que sería 1, este caso es similar al anterior pero hay que agregar la compactación del suelo ocasionada por el exceso de pastoreo.

El seguimiento de las medidas de mitigación referentes a la restauración ecológica deben considerar que estos valores ambientales iniciales se mantengan o incrementen en los sitios que sean afectados por las obras. De ahí la importancia de un proyecto de restauración ecológica adecuadamente planeado y cuya instrumentación permita el seguimiento del grado de conservación de los ecosistemas afectados.

Acciones Detalladas Propuestas para el Monitoreo del desempeño de las Acciones de Restauración Ecológica instrumentadas en este tramo carretero.

La construcción, mejoramiento y ampliación de carreteras constituyen un importante eslabón para el crecimiento y desarrollo del país. No obstante, en su realización ocurren ciertos impactos ambientales que deben mitigarse para afectar lo menos posible tanto a las poblaciones humanas como a los ecosistemas por lo que pasan estas obras. Desde el punto de vista ambiental es fundamental conservar lo más posible, las comunidades vegetales que aún prevalecen porque de ellas depende la fauna que habita en la región. Además como se explicó anteriormente, en los sistemas montañosos que cuentan con pendientes pronunciadas la vegetación estabiliza al suelo y demás sedimentos evitando la erosión y el azolve de ríos y lagunas.

Con la finalidad de contrarrestar los impactos ocasionados por la construcción de la autopista, se ha recomendado en este estudio llevar a cabo un proyecto de restauración ecológica a lo largo de todo el derecho de vía del tramo en cuestión, empleando especies nativas de los principales tipos de vegetación (Bosque mesófilo de montaña, Encinar tropical, Selva mediana subperennifolia y Vegetación riparia) dominantes en este tramo. La restauración del derecho de vía favorecerá el flujo entre los parches de vegetación que aún quedan, así como el tránsito de fauna como insectos, pequeños mamíferos, anfibios, reptiles y aves.

La ventaja de emplear especies nativas es que éstas llevan cientos de miles de años estableciéndose bajo las condiciones ambientales que prevalecen en la región y están adaptadas a las condiciones

climáticas húmedas de la zona. Además, se conserva el germoplasma (información genética de cada individuo) local y evita que se presente la endogamia en las especies. Los frutos de muchas de estas especies sirven de alimento a aves y pequeños mamíferos que posteriormente dispersan las semillas contenidas en los frutos por medio de sus excretas. Lo cual favorece también la regeneración de la vegetación.

La restauración ecológica del derecho de vía de la carretera en este tramo de la autopista permitirá mitigar los daños ocasionados por las obras de construcción. Debido a que en México la rehabilitación con especies nativas es reciente, se carece de información que proporcione los beneficios que puede tener este tipo de proyectos en el ambiente. Por ello se propone llevar a cabo la evaluación periódica de indicadores ambientales que permitan conocer por una parte el tiempo que el ecosistema tarda en recuperar algunas de sus funciones y si éstas en realidad llegan a recuperarse.

Se recomienda llevar a cabo mediciones antes y después de la construcción de la autopista siguiendo las acciones que se presentan a continuación:

1. Establecimiento de valores de inicio en las plantas.

Como parte de las acciones de restauración ecológica y dentro del programa establecido para ello se deberá etiquetar cada árbol producido en vivero en números consecutivos y se deberá establecer una base de datos de salida de cada planta. En esta base de datos se deberá anotar el número de la planta, especie a la que pertenece, zona en donde será sembrada y su altura y diámetro de tronco a los 10 cm del nivel de la tierra en la bolsa. La realización de esta base de datos será muy importante para el monitoreo del desempeño de cada especie a partir de las acciones de restauración ecológica. Asimismo la supervisora de las acciones de restauración ecológica deberá llevar planos de ubicación de los lotes de especies en cada sitio (polígono) de terreno restaurado.

2. Definición de unidades de muestreo (polígonos).

Una vez concluidas las obras de construcción de la carretera y la conformación de superficies afectadas dentro del derecho de vía y sitios por restaurar, así como la siembra de las especies producidas, rescatadas y conservadas en vivero, se recorrerán estas superficies realizando calas del terreno con un barreno edafológico de 1m de profundidad. Se analizará la distribución de horizontes, la textura al tacto, color Munsell, orientación de ladera (superficie). Se identificarán los polígonos donde se hayan realizado labores de restauración ecológica, analizando la cobertura de plantas por polígono, la composición general de especies y el grado de cobertura. Se definirán las unidades de muestreo, conjuntando aquéllos polígonos similares.

3. Definición de la calidad del sitio en cada unidad de muestreo.

Se realizará el monitoreo de suelo resultante de las acciones de conformación de superficies y estabilización de taludes, identificando los principales parámetros físicos y químicos que permitan establecer un intervalo de criterios de calidad para cada unidad de muestreo y dar seguimiento al tratamiento aplicado a las superficies por la constructora de forma previa a la restauración .

En cada unidad de muestreo se excavará un pozo de 1m³ en el cual se practicará la descripción de un perfil de suelo siguiendo la metodología establecida por Siebe et al (1996). Se tomarán muestras de suelo en cada horizonte a las que se les practicarán los siguientes análisis:

- Químicos: pH, carbono orgánico, fósforo (Bray), nitrógeno y bases intercambiables (Mg, K, Ca).
- Físicos: Densidad aparente, textura al tacto.

En cada unidad de muestreo se colocarán dispositivos automatizados (dataloggers) de medición de parámetros climáticos (temperatura y humedad relativa) para realizar mediciones con periodicidad de entre 15 y 30 días según sea conveniente. Estos datos serán registrados de forma trimestral a lo largo de los 3 años de duración de este estudio para evaluar la relación entre las condiciones microclimáticas locales y el desempeño de la vegetación.

Se integrará una base de datos ambientales (climáticos y edáficos) de cada sitio, y se analizará mediante estadística multivariada para identificar sitios con condiciones de calidad similares.

Se analizará la calidad del sitio retrospectivamente con base en el tratamiento de superficies aplicado por la constructora de forma previa a la realización de la restauración ecológica.

4. Definición del desempeño por especie en cada unidad de muestreo.

Se deberá analizar el desempeño por especie en función de la calidad del sitio imperante a lo largo de 3 años de estudio.

Trabajo preliminar

A partir del número de plantas de cada especie en cada unidad de muestreo según se manifieste en los planos de la supervisora y las bases de datos de la empresa encargada de la reforestación, se seleccionará una muestra piloto consistente en 20 individuos de cada especie. Se medirá la altura de las plantas y su diámetro basal y con estos datos se determinará por métodos estadísticos, el tamaño de muestra mínima representativa a monitorear en cada unidad de muestreo.

Trabajo cuatrimestral

Una vez definido el número representativo de plantas de cada especie a muestrear por unidad, se procederá a iniciar el monitoreo periódico trimestral. Aleatoriamente se seleccionarán en el croquis proporcionado por la supervisora, las plantas de cada especie a muestrear. Para su identificación se considerarán los códigos de las etiquetas existentes en cada una de ellas con base en la base de datos obtenida a su salida del vivero.

A cada planta seleccionada se le colocarán nuevas etiquetas metálicas con los códigos grabados (repujado) de acuerdo con la numeración original de salida del vivero de cada planta para permitir su seguimiento por los siguientes 3 años de monitoreo.

Se propone realizar mediciones de la altura, diámetro basal y diámetros de copa de cada especie con periodicidad cuatrimestral. Esta información será vaciada en una base de datos organizada por unidad de muestreo y especie.

El desempeño de cada planta será estimado a partir de un índice generado ex profeso que describirá el crecimiento y cobertura de las plantas en tres dimensiones. Este índice será calculado mediante la siguiente expresión:

$$D = [(\pi * (db/2)^2 * a) / 3] * [\pi + (dc1 + dc2 / 4) / 2]$$

Donde

π = pi (3.1416)

D = índice de desempeño vegetal por planta de cada especie.

db = diámetro basal.

a = altura.

dc1 y 2 = diámetros de copa: 1 (diámetro mayor), 2 (diámetro menor).

Los índices así calculados serán utilizados para dar seguimiento al desempeño de cada planta y especie a lo largo de los 3 años del monitoreo. Asimismo, este índice será utilizado para evaluar el papel de las condiciones del suelo y microclima en dicho desempeño utilizando métodos de estadística multivariada (análisis de correspondencia canónica CCA). Asimismo, se evaluarán las diferencias en el desarrollo observado para cada especie.

A partir de los anteriores resultados se emitirá un dictamen en el que se señalen las condiciones del suelo (que fue sujeto a diferentes tratamientos de forma previa a la reforestación) más adecuadas para el desarrollo de la vegetación reforestada, así como las especies de mejor adaptación a las nuevas condiciones en cada sitio.

5. *Identificación del efecto de la restauración ecológica en algunos indicadores de fauna local.*

Se propone realizar un análisis de captura-recaptura de pequeños y medianos mamíferos una vez que el sitio cuente con una cobertura vegetal. El efecto sobre la fauna difícilmente podrá ser medido en tanto los árboles sembrados no cuenten con una cobertura que brinde seguridad a los organismos en movimiento. Por ello se estima que será a partir del 2 año del monitoreo que será factible analizar si la restauración ecológica permite la prolongación de continuos de vegetación a lo largo del tramo, uniendo parches que al inicio de las obras se encontraban aislados.

Para estudiar este efecto se realizará un estudio de captura – recaptura de pequeños y medianos mamíferos, por considerarlos como buenos indicadores de accesibilidad en ambos lados de la carretera en el corto plazo. Este estudio se realizará con periodicidad trimestral con campañas de 20 días consecutivos de duración (considerando muestrear 2 km cada día de los 40 km de este tramo).

Para la captura de roedores se propone la utilización de trampas tipo Sherman y cebo consistente en avena y miel. De forma trimestral a lo largo de tres días consecutivos se propone colocar trampas en diferentes sitios a lo largo de los polígonos reforestados y en los límites del derecho de vía para detectar la presencia de estos organismos dentro del área. Para la captura de medianos mamíferos se colocarán trampas de talla mediana para armadillo, zorra, ardillas, tlacuache, cacomixtle, zorrillos, mapaches, entre otros.

Dado que son organismos con hábitos nocturnos, las trampas se colocarán al atardecer y se recogerán en las primeras horas del día para evitar que los organismos sufran acaloramiento y minimizar el estrés que produce la captura. La colocación de trampas y su colecta se realizará por tramo de la carretera para asegurar el mínimo tiempo de permanencia de los animales en cada sitio.

Los mamíferos serán marcados como tradicionalmente se realiza en este tipo de estudios, se registrará sexo, estado grávido y peso, y posteriormente serán liberado. Con un GPS se registrará el sitio de captura de cada uno de ellos para dar seguimiento de sus desplazamientos a lo largo del año de monitoreo.

Se establecerá una base de datos con las características generales de cada organismo y su ubicación en cada ocasión a lo largo del año. Con ella se trazarán mapas de desplazamiento de las especies, se analizará si los organismos utilizan la vegetación reforestada como franjas continuas para su desplazamiento y si los organismos son capaces de cruzar la carretera.

VI.3.4 Montos para fianzas de protección ambiental

Resulta de gran importancia el poder considerar adecuadamente el costo de realizar las acciones de mitigación propuestas, a fin de que queden contempladas dentro del catálogo de conceptos del proyecto y se cuente con los recursos suficientes para su adecuada ejecución. Asimismo, el poder contar con un documento (fianza) que ampare el cumplimiento de dichas medidas, dará certidumbre a una mejor conservación del ambiente. A la fecha no se cuenta aún con el proyecto carretero en su estado definitivo; sin embargo, se ha realizado una evaluación de los costos que implica la realización de dichas acciones, tanto de obra civil como de restauración ecológica, así como de los costos ambientales que podrían derivarse de no llevarse a cabo dichas acciones.

Para tal efecto se ha realizado un estudio particular sobre la evaluación económica ambiental de este proyecto, que se presenta dentro de un documento independiente y complementario a esta MIA. En este estudio se presentan un análisis de la siguiente información, tendiente a evaluar el costo económico de las medidas de mitigación propuestas, así como evaluación económica de posibles daños ambientales por incumplimiento de dichas medidas:

Estimación del Valor Ambiental

Se estima el valor de los diferentes tipos de vegetación/uso del suelo a lo largo del área por donde transitará la carretera y su derecho de vía con relación a bienes, servicios y usos directos e indirectos, como resultan ser: el valor de la madera extraída, los productos no maderables, la flora y fauna, o los de uso indirectos como son los servicios prestados por el bosque como captura de carbono, fijación de tierra y condiciones favorables para la existencia de fauna, entre otros.

Asimismo se estima el valor de existencia de las especies del ecosistema, es decir, el valor de estas por el sólo hecho de existir, utilizando métodos para valorar esta clase de bienes desde el punto de vista de la teoría macroeconómica. Este conjunto de valores forma parte del valor económico total del bien o servicio ambiental.

Con lo anterior, y bajo la consideración de que estos métodos tienen sus limitaciones, se obtiene una mejor aproximación del “precio” del bien ambiental, ya que otorgan el valor mínimo posible, que contribuye como herramienta en la toma de decisiones.

Evaluación de Costos Ambientales

A partir de la gama de métodos de valoración ambiental, se calculan:

1. **“Costos de mitigación del daño”** (los costos de mitigación y los de abatimiento, con base la revisión de la literatura relevante y extrapolación de información de casos semejantes, así como utilizar es el Meta-análisis para elaborar datos estadísticos basados en información desarrollada en otras investigaciones, haciendo una ponderación de los datos utilizados; complementados con las directrices clásicas de las metodologías de Análisis de Costo-Beneficio Social.) Asimismo, es importante destacar que una parte de los costos de las obras de mitigación del impacto ambiental de la carretera debe ser calculada empleando técnicas de la ingeniería, dadas las características de las mismas, por lo que el costo de ejecución de las medidas de Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se evaluará utilizando el método de costos unitarios, para lo cual será necesario traducir las medidas de MIA-R en un catálogo de conceptos. El trabajo por lo tanto consiste en la elaboración del catálogo de conceptos, el cálculo de los volúmenes de obra, el análisis de los costos unitarios y la integración del costo total. La información detallada de las acciones a tomar que se recomiendan en el capítulo VI de la MIA como medidas de mitigación, es la materia prima con la que se calculan los costos de mitigación del daño ambiental generados por la construcción del tramo en cuestión de la carretera México – Tuxpan.
2. **“Costos de cambios en la productividad”** (se evalúa cuánto están aportando cada uno de los factores a la producción total, para que una vez conocido su aporte, y dado el precio del bien en cuestión, se calcula el valor de su producto medio y el de la última unidad utilizada denominado “producto marginal”, es decir su “precio” implícito).
3. **“Valuación de bienes sustitutos”** (para la gran mayoría de los bienes y servicios ambientales se pueden encontrar sustitutos parciales o totales. Algunos sustitutos cuestan relativamente poco y otros son muy caros. La idea central de este método es fijarse cuánto está costando proveer esos sustitutos para compararlo con los beneficios que se obtienen de alterar o destruir el ecosistema).

VII. PRONOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Escenario ambiental tendencial: Sin considerar el Proyecto

Descripción del escenario

El trazo que comprende la autopista México-Tuxpan en el tramo del km 140+243 al 178+500 está conformado por un mosaico de vegetación en el que dominan los pastizales y los cafetales al sol y a la sombra así como acahuales en diferentes estados sucesionales de Bosque mesófilo de montaña y Selva mediana subperennifolia. Los pastizales cultivados se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo del trazo. La vegetación original ha sido talada para dar paso a sistemas agrícolas y posteriormente cuando estos dejaron de producir dieron paso a pastizales que se han destinado principalmente a la alimentación del ganado vacuno. Los pastizales se encuentran sobre todo en laderas con pendientes suaves o moderadas, para permitir el pastoreo del ganado. En muchos pastizales se observan algunos árboles aislados que generalmente no se talan ya que sirven de sombra al ganado. Estos árboles son importantes para la pecha de aves, que al alimentarse de frutos liberan semillas dispersando las especies locales.

Los cafetales por su parte son muy abundantes en la zona. La producción de café puede establecerse en parcelas sin árboles (cafetal al sol), o bien, la más ampliamente utilizada en la región son los cafetales de sombra, que consisten en establecer los cafetales en áreas de bosque manteniendo a algunos árboles del dosel alto, los cuales suavizan el paso de la luz y mejora las condiciones nutrimentales del suelo. Las especies que principalmente se utilizan para proporcionar sombra en este tipo de cafetales son *Inga vera*, *Croton draco*, *Cedrela odorata*, *Burcera simaruba*, *Gliridicia sepium*, todas ellas propias de la vegetación nativa que originalmente cubría la superficie donde se instalan las plantaciones.

Asimismo, las zonas que principalmente se destinan a la producción de café son las laderas con pendientes pronunciadas que difícilmente podrían destinarse a la ganadería. Por ello se espera que la tendencia en la región sea a la conservación de las condiciones muy similares a las existentes, ya que los sitios accesibles para actividad agrícola o ganadera ya han sido suprimidos de su cobertura boscosa original, mientras que los sitios empinados ya están siendo aprovechados para producción de café.

Las áreas que presentan la topografía más accidentada están cubiertas por vegetación secundaria (acahuales) de Bosque mesófilo de montaña y Selva mediana subperennifolia. Los diferentes microambientes que se establecen a lo largo de las laderas favorece naturalmente la heterogeneidad de la vegetación, observándose una mezcla de especies de ambos tipos de vegetación. Algunos parches presentaban especies típicamente neárticas como *Talauma mexicana*, *Carrya* sp, *Jouglans* sp, mezcladas con especies típicamente neotropicales *Heliocarpus* sp., *Cedrela odorata* o *Bursera simaruba*. Las perturbaciones ocasionadas por el hombre han aumentado aún más la heterogeneidad generando un paisaje conformado por un mosaico de vegetación, con parches en diferentes etapas sucesionales. Por ello predominan los acahuales de bosque mesófilo y de selva mediana subperennifolia a todo lo largo del trazo, como se presenta en el mapa de vegetación detallado del capítulo VIII.

A lo largo del trazo de la autopista existe un gradiente altitudinal en el que el punto más alto se presenta en Nuevo Necaxa, en el kilómetro 140+100 con una altitud de 1340 msnm y desciende hasta el ejido de Jalpan en el kilómetro 178+500 en el que la altitud es significativamente menor con 635 msnm. El tramo abarca cerca de 40 km en donde hay un descenso de más de 600 metros y en este gradiente la vegetación va cambiando. Las comunidades que se distribuyen en las partes más altas presentan especies más afines al Bosque mesófilo y conforme se desciende las especies son mayoritariamente neotropicales.

A pesar de que se trata de una zona que ha sido perturbada por diversos factores antrópicos de los cuales destacan la agricultura y la ganadería, aún quedan algunos parches de vegetación que vale la pena preservar. La SEMARNAT ha establecido que todos los parches de vegetación en los que se desarrolle el Bosque mesófilo sean áreas prioritarias para la conservación. El Bosque mesófilo está bajo protección debido a que abarca menos del uno por ciento del territorio nacional y por la gran diversidad de especies que prevalecen en este tipo de vegetación, de tal forma que todas las acciones que se realicen para su conservación son relevantes.

Un tipo de vegetación cuya distribución está restringida a los bordes de ríos y arroyos es la Vegetación riparia. Anteriormente, este tipo de vegetación se distribuía más ampliamente en las terrazas que forman los ríos, sin embargo debido que estas zonas son altamente productivas han sido completamente taladas y actualmente únicamente encontramos esta comunidad vegetal estrictamente en las márgenes fluviales. La especie más representativa en este tipo de vegetación es *Platanus mexicana*, *Acer negundo*, *Carpinus caroliniana*, *Meliosma alba*, *Bellshmiedia mexicana*. A pesar de su distribución restringida este tipo de vegetación es de gran importancia, debido a que contribuye a la estabilidad del suelo evitando la erosión de las márgenes fluviales.

Evaluación gráfica de la tendencia ambiental

Para tener una visión general del escenario ambiental tendencial dentro de la zona fue necesario lo siguiente.

Se elaboraron una serie de gráficas de las tendencias de comportamiento de los procesos naturales, en las cuales se visualizan los cambios en los aspectos del sistema ambiental más importantes. Para realizar esta representación gráfica, se consideró corto plazo (cinco años); mediano plazo (seis a diez años) y largo plazo (de once a quince años en adelante). Posteriormente se correlacionaron estos escenarios con los impactos actuales para determinar la calidad ambiental del sitio, la cual será representada por valores que van de 0 a 9, donde nueve es un sitio en perfecto estado de conservación y cero es el efecto máximo en el ambiente (sitio muy degradado).

La representación gráfica para los principales factores ambientales en la zona de estudio se presentan a continuación como el escenario actual y tendencial del sistema:

Evaluación categórica del estado actual y tendencial del sistema ambiental regional:

Cuadro VII.1. Calificación del estado actual y tendencial del sistema para cada factor ambiental. (Estado de base SIN proyecto) (9 sin alteración, 0 sumamente alterado) para el corto (1-5 años), mediano (6-10 años) y largo (11-15 años) plazos. En el caso de incursión antrópica se evalúa de menor (cero, a mayor, nueve, penetración antrópica en la zona).

Factor ambiental	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Geoformas	8	8	7.5
Suelos	7.5	7.5	7
Escurrimiento superficial	8	8	7.5
Infiltración	8	7.6	7.3
Microclima	8.5	8.5	8.5
Vegetación	7	6.6	6
Fauna	6.5	6.3	6
<i>Incursión antrópica</i>	<i>6</i>	<i>6.4</i>	<i>6.8</i>

ANÁLISIS DEL ESCENARIO AMBIENTAL TENDENCIAL POR FACTOR

Geoformas

Las principales unidades geomorfológicas reconocidas dentro del SAR son: la sierra de rocas ígneas extrusivas, los lomeríos de rocas ígneas extrusivas, los lomeríos bajos de rocas sedimentarias y Vulcanos sedimentarias del jurásico, los lomeríos altos y medios de rocas sedimentarias y vulcanosedimentarias del cretácico y los piedemontes. Todas estas geoformas presentan un considerable grado de conservación, el cual no se espera que se modifique en los próximos 15 años, a excepción de que se construyan diversos caminos o se abran nuevos bancos de materiales para construcción de obras en las localidades del área estudiada. No obstante, la extracción de materiales tiene un efecto muy puntual que difícilmente podrá ser percibido a la escala en que se analiza el SAR. Motivo de ello se espera una tasa de cambio muy baja al largo plazo.

Edafología

En el caso de los suelos, los indicadores tomados para reconocer las tendencias a corto, mediano y largo plazo son: la susceptibilidad a la erosión, la fertilidad y la degradación (salinización, compactación, etc.). En el área de estudio se identificaron dos tipos de suelos altamente susceptibles de ser erosionados al perder su cubierta vegetal y el horizonte orgánico. Estos son los Acrisoles y los Luvisoles presentes en diversas zonas del SAR. Ambos suelos son muy arcillosos que al contacto con la precipitación suelen erosionarse y presentar surcos y cárcavas de importante tamaño y difíciles de recuperar. Actualmente no se observan evidencias importantes de erosión sobre las laderas de los cerros y lomeríos, ya que el suelo en su mayoría se encuentra protegido por la capa orgánica y la cobertura vegetal. Incluso la escasa actividad antrópica en la sierra (cafetales) conserva la cobertura y por tanto no fomenta una mayor erosión. Motivo de ello se espera que de conservarse dicha cobertura vegetal, la tendencia de cambio hacia la degradación por erosión de las superficies que cubren estos suelos será muy baja al largo plazo.

Por su parte, los suelos en las partes de sierras que se encuentran fuertemente perturbados por el desmonte y la introducción de ganado. Se observan evidencias de erosión de tipo pie de vaca, la que conlleva además problemas de compactación del terreno y con ello una importante pérdida en su capacidad de infiltración y un aumento en el flujo superficial (erosivo) y sub superficial en buena parte de su superficie. Sin embargo, las superficies de terreno más aptas para la ganadería ya están

perturbadas, por lo que se espera que la actual tendencia de los suelos en la región del área del proyecto para los próximos 15 años es a permanecer en el mismo estado en que se observan en la actualidad. Ello en tanto no se desmonten más sitios para la introducción de ganado.

En lo referente a los feozems y cambisoles estos son suelos adecuados para la agricultura y las condiciones climáticas favorecen la formación de materia orgánica y la agricultura de temporal, por lo que se espera que su productividad se mantenga similar a la actual en los próximos 10 a 15 años.

Recurso hídrico

Los principales ríos corresponden al río San Marcos y al río Limones, los que constituyen un importante suministro de agua para las poblaciones cercanas, así como para el pastoreo de ganado. El consumo es bajo y en tanto las poblaciones aledañas no crezcan de forma importante, las condiciones de escurrimiento permanecerán muy similares a las actuales. La escorrentía por cañadas es muy importante en el mantenimiento de la dinámica de esta zona, por lo que su conservación es importante. La tendencia al largo plazo, sin la entrada de proyectos de desarrollo o un mayor consumo para riego se espera que sea muy similar a la existente.

En lo referente a agua subterránea, la infiltración y recarga de acuíferos en la zona esta fuertemente ligada a la conservación de la cobertura vegetal en la zona serrana y a la preservación de sus suelos. En la medida en que aumente la penetración antrópica hacia las partes más inclinadas y ocurran desmontes y ramoneo del terreno, este recurso podrá verse afectado. No obstante, las fuertes pendientes y lo somero del horizonte orgánico en los suelos, hacen que sean poco codiciados con fines agrícolas, a excepción del uso cafetalero; sin embargo, el ganado puede ser un elemento fuertemente destructor de la cobertura vegetal (sotobosque) y su incremento y penetración hacia las partes más altas de la sierra podrán tener un fuerte impacto en la capacidad de infiltración de los suelos en los próximos 5 a 10 años.

Microclima

El clima en el área de estudio responde a un gradiente altitudinal en donde en las partes altas se presenta un clima semifrío húmedo y en las partes bajas cambia a un clima semicálido húmedo. Este clima es determinado por la conjunción de diversos factores altitudinales, distancia a la costa, vientos, posición latitudinal, insolación, etc.; factores que no van a cambiar en los próximos 10 a 15 años, por lo que se espera que las condiciones climáticas de la región se mantengan muy similares a las actuales.

Vegetación

La principal cobertura vegetal en la zona serrana corresponde al bosque mesófilo de montaña perturbado, con algunos manchones bien conservados sobre las laderas más pronunciadas y con árboles de alrededor de 20 metros de alto. Esta vegetación es la propia de la región y su distribución está siendo cada vez más restringida a cañadas y laderas con fuertes pendientes. No obstante, la presión socioeconómica y las necesidades crecientes de la población orillan a que cada año mayor cantidad de hectáreas de vegetación natural sean convertidas en campos agrícolas o potreros. Esto es una generalidad en todo nuestro país, y la región del proyecto no constituye una excepción. De ahí que el escenario esperado en los próximos 10 a 15 años para la vegetación de la zona es una reducción gradual de la superficie que actualmente ocupa; reducción en función de la tasa de deforestación que se presente en dicho tiempo y que actualmente no es conocida. La única limitante para esta penetración antrópica lo constituye el relativo aislamiento de las porciones más altas de las sierras, dadas tanto por los pocos caminos existentes y su mal estado, y la fuerte pendiente en las laderas de los cerros (que limitan fuertemente la actividad agrícola y la entrada de ganado). En tanto el acceso a estas zonas sea difícil y restringido, la reducción de las superficies con vegetación natural será mínima. No obstante, de mejorar las condiciones de estos caminos y aumentar el tránsito por ellos, la penetración será mayor y con ella se acelerará el desmonte de las superficies con vegetación natural.

Con respecto a los pequeños parches de selva mediana subperennifolia y encinar tropical en algunas superficies del SAR se puede decir que constituyen acahuals (vegetación secundaria a lo largo de un proceso de recuperación de la vegetación original) y relictos, respectivamente de lo que otrora fuera una vegetación más ampliamente distribuida en la zona y que en algún tiempo pasado fue desmontada parcial o totalmente, para posteriormente ser abandonada a un lento proceso de recuperación. En estos sitios se esperaría un proceso de mayor diversificación de especies y mayor estructura en la comunidad hacia una recuperación de la selva mediana subcaducifolia en los próximos 15 a 20 años, siempre y cuando permanezcan fuera de la actividad antrópica. Asimismo, los pequeños parches de encinar tropical observados de forma intercalada entre la vegetación de selva mediana subcaducifolia se estima que constituyen reliquias de una vegetación anterior que existía cuando las condiciones climáticas de la región eran más frescas y que constituyen evidencias de la combinación de la flora neártica y neotropical que coinciden en esta región. Dichos parches permanecerán aún por los próximos 15 a 20 años, con una posible tendencia natural a su

desaparición conforme las condiciones climáticas se vuelven más calidas y secas, y en tanto no exista presencia antrópica que realice la tala de estos árboles con fines de aprovechamiento.

Fauna

La presencia de determinadas especies de fauna esta fuertemente ligada a la cobertura vegetal y la conservación de ésta (así como a un reducido contacto humano). En los sitios bien conservados como son las partes altas, laderas con fuerte pendiente y cañadas se estima que existe una gran diversidad de fauna, incluyendo grandes mamíferos. No existe caza ni captura de estos organismos, por lo que su existencia estará condicionada al corto, mediano y largo plazos a los mismos factores que determinarán la conservación o no de la cobertura vegetal natural. Al registrarse una reducción en la vegetación natural en un futuro, aumentara la pérdida de espacios idóneos para la reproducción, alimento y protección de la fauna, así como también la disminución o pérdida de corredores biológicos, restringiendo el área de movilidad de las especies. El nivel poblacional de las especies poco tolerantes de la presencia antrópica, se han visto reducido por ser especies cinegéticas y altamente antrópico-intolerantes. De ahí que se espera que sean éstas las que sean principalmente afectadas. Otras especies de menor tamaño pueden ser más tolerantes de un incremento en la actividad humana en la zona, e incluso sacar provecho de ella, como son la zorra, el coyote, el cacomixtle, tejón, zopilotes, cuervos, etc.

Consideraciones generales

Como se señaló anteriormente, el **cambio del uso del suelo** en el SAR es muy importante en la determinación del escenario tendencial del sistema para los próximos 10 a 15 años. Este cambio se encuentra muy fuertemente ligado al acceso y la pendiente existente en las zonas serranas bien conservadas y al mantenimiento de un aprovechamiento cafetalero de baja escala como el existente en lugar de un aprovechamiento pecuario, que ocasiona mayores problemas ambientales. Cualquier incremento en la facilidad de acceso a los sitios actualmente bien conservados, mejoramiento de brechas y terracerías, apertura de nuevos caminos, etc, puede facilitar una mayor incursión antrópica y con ello promover el cambio de uso del suelo y sus efectos dañinos sobre el sistema ambiental natural.

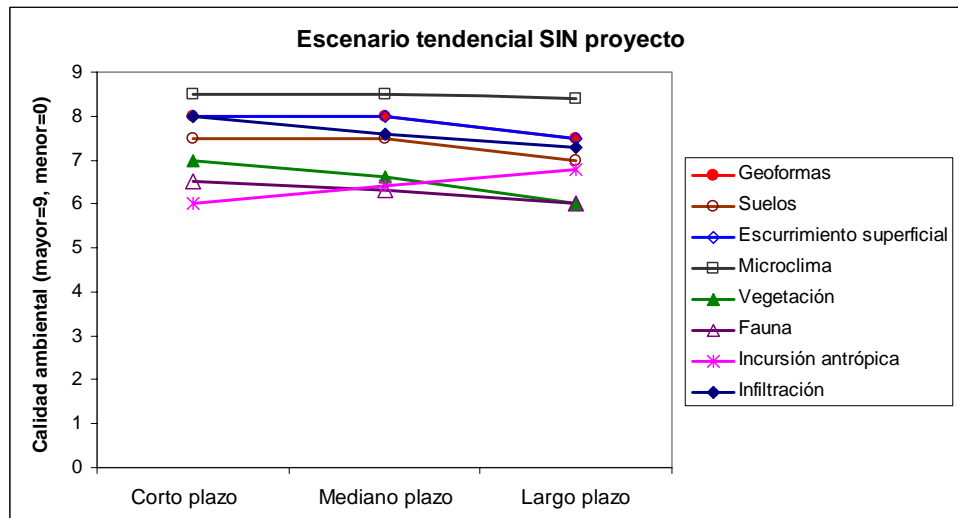


Figura VII.1.- Representación gráfica de la tendencia esperada en la evolución de los principales factores ambientales al corto, mediano y largo plazos sin la construcción del proyecto carretero.

VII.2. Escenario ambiental considerando el proyecto sin mitigación (figura VII.2)

Evaluación categórica del estado esperado en el sistema ambiental regional con la construcción de un proyecto sin considerar medidas de mitigación:

Cuadro VII.2. Calificación del estado actual y tendencial del sistema para cada factor ambiental. (Estado de base SIN proyecto) (9 sin alteración, 0 sumamente alterado) para el corto (1-5 años), mediano (6-10 años) y largo (11-15 años) plazos. En el caso de incursión antrópica se evalúa de menor (cero, a mayor, nueve, penetración antrópica en la zona).

Factor ambiental	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Geoformas	8	6.5	6
Suelos	7.5	5	4
Escurrimiento superficial	8	6	5.5
Infiltración	8	7	6.5
Microclima	8.5	8.5	8.3
Vegetación	7	4	3
Fauna	6.5	4.2	3.3
Incursión antrópica	6	7.5	8

Geoformas

Las principales unidades geomorfológicas presentan un considerable grado de conservación, el cual no se espera que se modifique en los próximos 15 años, a excepción de que se construyan diversos

caminos o se abran nuevos bancos de materiales para construcción de obras en las localidades del área estudiada. No obstante, la extracción de materiales tiene un efecto muy puntual que difícilmente podrá ser percibido a la escala en que se analiza el SAR. Sin embargo, con la introducción de un proyecto carretero como el pretendido, sin tomar en cuenta la susceptibilidad a la erosión de las superficies expuestas, ni la realización de medidas de estabilización de taludes en cortes y terraplenes, se esperarían en toda la zona fuertes deslizamientos de tierra y derrumbes, por lo que gráficamente se ha interpretado como una fuerte disminución de la calidad del factor ambiental.

Edafología

En el área de estudio se identificaron dos tipos de suelos altamente susceptibles de ser erosionados al perder su cubierta vegetal y el horizonte orgánico. Estos son los Acrisoles y los Luvisoles presentes en diversas zonas del SAR. Ambos suelos son muy arcillosos que al contacto con la precipitación suelen erosionarse y presentar surcos y cárcavas de importante tamaño y difíciles de recuperar. Actualmente no se observan evidencias importantes de erosión sobre las laderas de los cerros y lomeríos, ya que el suelo en su mayoría se encuentra protegido por la capa orgánica y la cobertura vegetal. Incluso la escasa actividad antrópica en la sierra (cafetales) conserva la cobertura y por tanto no fomenta una mayor erosión. No obstante, el desmonte y despalme de superficies para construir un proyecto carretero como el presente sin la realización de obras de recuperación y acamellonamiento de suelo, ni medidas de estabilización de taludes en cortes y terraplenes, el suelo al ser altamente arcilloso será fuertemente erosionado en diversos puntos a lo largo del tramo. Por ello se ha evaluado gráficamente como una reducción severa en la calidad del factor ambiental.

Recurso hídrico

La escorrentía por cañadas, ríos y arroyos es muy importante en el mantenimiento de la dinámica de esta zona, por lo que su conservación es importante. La construcción de una carretera en donde se arrojen materiales sobre las cañadas, obstruyéndolas; o bien sedimentos de cortes y material fino, contaminando la calidad del agua, puede tener muy importantes repercusiones aguas abajo del sitio del proyecto, por lo que de no tomarse en cuenta acciones de prevención y mitigación referentes a la retención de sedimentos, establecimiento de bancos de tiro de material residual y estabilización de taludes de cortes y terraplenes, se puede ocasionar una reducción muy importante en la calidad y cantidad de escorrentía, afectando poblaciones de plantas, animales y humanas aguas abajo del área de obras.

Microclima

El clima en el área de estudio responde a un gradiente altitudinal en donde en las partes altas se presenta un clima semifrío húmedo y en las partes bajas cambia a un clima semicálido húmedo. Este clima es determinado por la conjunción de diversos factores altitudinales, distancia a la costa, vientos, posición latitudinal, insolación, etc.; factores que no van a cambiar en los próximos 10 a 15 años, y sobre los cuales el proyecto no tendrá repercusión. No obstante, a una escala muy puntual, el no contar con medidas de restauración de la cobertura vegetal en los sitios afectados por las obras puede ocasionar un aumento en la irradiación solar sobre la superficie, una mayor deshidratación del suelo y con ello cambios muy puntuales en condiciones de confort climático a lo largo del eje de la carretera y predios aledaños. Esto gráficamente se ha representado como una reducción en la calidad de confort climático.

Vegetación

La principal cobertura vegetal en la zona serrana corresponde al bosque mesófilo de montaña perturbado, con algunos manchones bien conservados sobre las laderas más pronunciadas y con árboles de alrededor de 20 metros de alto. Asimismo se presentan pequeños parches de selva mediana subperennifolia y encinar tropical que se puede decir que constituyen acahuales y relictos, respectivamente. Esta vegetación es la propia de la región y su distribución está siendo cada vez más restringida a cañadas y laderas con fuertes pendientes donde se dificulta la penetración antrópica. La única limitante para esta penetración antrópica lo constituye el relativo aislamiento de las porciones más altas de las sierras, dadas tanto por los pocos caminos existentes y su mal estado, y la fuerte pendiente en las laderas de los cerros (que limitan fuertemente la actividad agrícola y la entrada de ganado). La construcción de una carretera como esta, sin un programa de restauración de la cobertura vegetal en el que se pretenda generar un corredor biológico de flora nativa para aumentar la conectividad entre los parches de vegetación existentes, conllevará a un importante decremento en la calidad de este factor ambiental dentro del SAR, con una creciente fragmentación de este tipo de vegetación.

Fauna

La presencia de determinadas especies de fauna está fuertemente ligada a la cobertura vegetal y la conservación de ésta (así como a un reducido contacto humano). En los sitios bien conservados como son las partes altas, laderas con fuerte pendiente y cañadas se estima que existe una gran

diversidad de fauna, incluyendo grandes mamíferos. No existe caza ni captura de estos organismos, por lo que su existencia estará condicionada al corto, mediano y largo plazos a los mismos factores que determinarán la conservación o no de la cobertura vegetal natural. Al registrarse una reducción en la vegetación natural como producto de la construcción de una carretera de estas dimensiones, sin mitigar el efecto de barrera sobre las poblaciones animales y la fragmentación de hábitats, se estima que se reducirán drásticamente los espacios idóneos para la reproducción, alimento y protección de la fauna, así como también la disminución o pérdida de corredores biológicos ocasionará una pérdida en la de movilidad de las especies, generando mayores presiones de competencia en los parches aislados que terminarán en la eliminación de varias de las especies estenoaptas al nuevo entorno. Por ello se ha considerado un notable decremento en la calidad de este factor ambiental con la construcción de una carretera sin tomar en cuenta medidas que contrarresten los anteriores efectos.

Consideraciones generales

La construcción de un proyecto carretero de estas dimensiones sin tomar en cuenta medidas de prevención, mitigación o compensación de los daños ocasionados traerá como consecuencia un importante decremento en las condiciones de calidad de todos los factores ambientales, propiciando una mayor penetración antrópica y los efectos antes descritos.

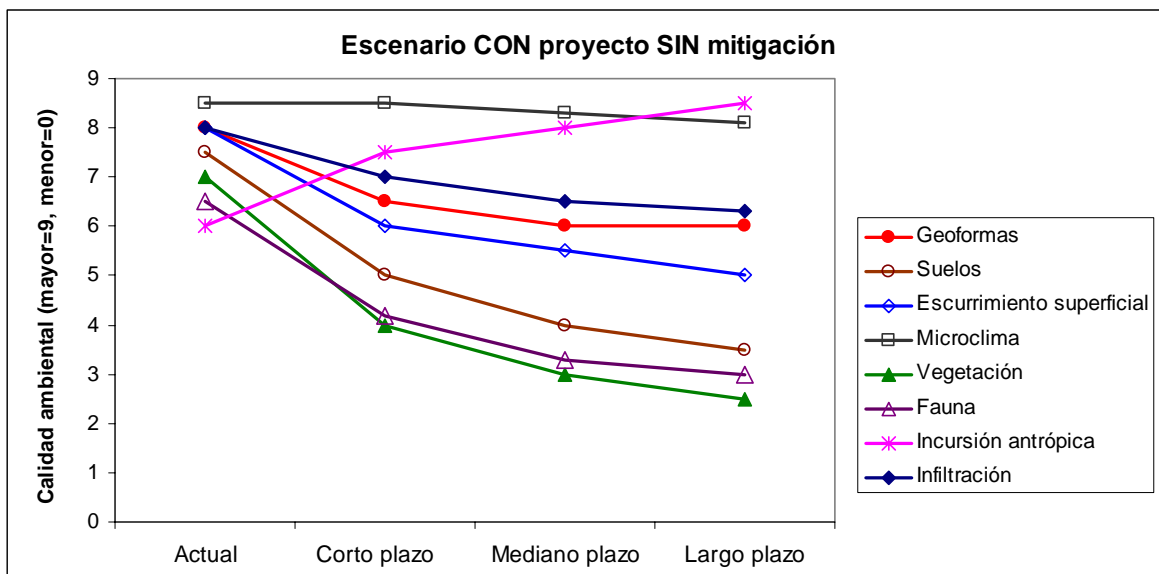


Figura VII.2.- Representación gráfica de la tendencia esperada en la evolución de los principales factores ambientales al corto, mediano y largo plazos **con** la construcción del proyecto carretero **sin** mitigación.

VII.3. Escenario ambiental considerando el proyecto con mitigación (figura VII.3)

Evaluación categórica del estado esperado en el sistema ambiental regional con la construcción de un proyecto considerando todas las medidas de mitigación:

Cuadro VII.3. Calificación del estado actual y tendencial del sistema para cada factor ambiental. (Estado de base SIN proyecto) (9 sin alteración, 0 sumamente alterado) para el corto (1-5 años), mediano (6-10 años) y largo (11-15 años) plazos. En el caso de incursión antrópica se evalúa de menor (cero, a mayor, nueve, penetración antrópica en la zona).

Factor ambiental	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Geoformas	8	7	6.5
Suelos	7.5	6	5.5
Escurrimiento superficial	8	7	7
Infiltración	8	7.5	7.5
Microclima	8.5	8.5	8.4
Vegetación	7	7.5	7.8
Fauna	6.5	6.8	7
Incursión antrópica	6	6.5	7

Geoformas

Como se señaló, las principales unidades geomorfológicas presentan un considerable grado de conservación, el cual no se espera que se modifique en los próximos 15 años, a excepción de que se construyan diversos caminos o se abran nuevos bancos de materiales para construcción de obras en las localidades del área estudiada. No obstante, la extracción de materiales tiene un efecto muy puntual que difícilmente podrá ser percibido a la escala en que se analiza el SAR. El efecto de un proyecto carretero sin mitigación puede ser muy severo en este factor ambiental; sin embargo, si se toman en consideración todas las medidas propuestas para reducir la susceptibilidad a la erosión de las superficies expuestas, y la realización de medidas de estabilización de taludes en cortes y terraplenes; particularmente aquellas referentes a una mayor inclinación en cortes y taludes y su rápida reforestación, se espera que la propensión y riesgo de deslizamientos de tierra y derrumbas en la zona sea mucho menor, no comprometiéndose la integridad física del proyecto, ni mucho menos de personal, usuarios de la carretera o poblados inmediatos al trazo. Se espera que exista una pérdida de calidad del factor por efecto de las obras, más en un nivel mucho menor que si no se consideran medidas de mitigación.

Edafología

Los suelos muy arcillosos en la zona de estudio suelen erosionarse y presentar surcos y cárcavas de importante tamaño y difíciles de recuperar. El desmonte y despalle de superficies para construir un proyecto carretero como el presente requiere obligadamente de la realización de obras de recuperación y acamellonamiento de suelo, y medidas de estabilización de taludes en cortes y terraplenes, para evitar que el suelo sea fuertemente erosionado en diversos puntos a lo largo del tramo; así como medidas tendientes a la recuperación de la cobertura vegetal a la mayor brevedad como parte de las medidas de mitigación. Por ello se ha evaluado gráficamente como una reducción ligera en la calidad del factor ambiental.

Recurso hídrico

Como se mencionó, la escorrentía por cañadas, ríos y arroyos es muy importante en el mantenimiento de la dinámica de esta zona, por lo que su conservación es importante. La construcción de una carretera en donde se evite arrojar materiales sobre las cañadas, y se controlen los sedimentos de cortes y material fino para evitar su obstrucción y la contaminación de sus aguas resulta de gran importancia para evitar importantes repercusiones aguas abajo del sitio del proyecto. Un proyecto carretero como el presente deberá por tanto tomar en cuenta acciones de prevención y mitigación referentes a la retención de sedimentos, establecimiento de bancos de tiro de material residual y estabilización de taludes de cortes y terraplenes, para que no ocurra una reducción importante en la calidad y cantidad de escorrentía, afectando poblaciones de plantas, animales y humanas aguas abajo del área de obras. La aplicación de medidas de mitigación hacen que si bien el factor ambiental pierde un poco de calidad sobre la original, ésta resulta muy baja en comparación con un proyecto en donde no se consideren dichas medidas.

Microclima

El clima es determinado por la conjunción de diversos factores que no van a cambiar en los próximos 10 a 15 años, y sobre los cuales el proyecto no tendrá repercusión. No obstante, a una escala muy puntual, resulta importante contar con medidas de restauración de la cobertura vegetal en los sitios afectados por las obras para evitar un aumento en la irradiación solar sobre la superficie, una mayor deshidratación del suelo y con ello cambios muy puntuales en condiciones de confort climático a lo largo del eje de la carretera y predios aledaños. Esto gráficamente se ha representado como una reducción muy ligera en la calidad de confort climático al aplicar medidas de

mitigación debido a que una vez desforestadas las superficies, la densidad de cobertura de los sitios sujetos a restauración ecológica es menor a la existente, presentándose una mayor irradiación (mayores valores de albedo) en la reflectancia de las superficies, con un incremento en la temperatura y deshidratación de superficies, en tanto la cobertura vegetal se recupera.

Vegetación

La distribución de la vegetación natural en la zona está siendo cada vez más restringida a cañadas y laderas con fuertes pendientes donde se dificulta la penetración antrópica; en donde es creciente la fragmentación de parches de vegetación original (bosque mesófilo, selva mediana subperennifolia o encinar tropical; incluso vegetación riparia). La única limitante para esta penetración antrópica lo constituye el relativo aislamiento de las porciones más altas de las sierras, dadas tanto por los pocos caminos existentes y su mal estado, y la fuerte pendiente en las laderas de los cerros (que limitan fuertemente la actividad agrícola y la entrada de ganado). La construcción de una carretera como esta, considerando un programa de restauración de la cobertura vegetal en el que se pretenda generar un corredor biológico de flora nativa para aumentar la conectividad entre los parches de vegetación existentes, conllevará a un importante aumento en la calidad de este factor ambiental dentro del SAR, el cual muestra una considerable fragmentación. Por lo tanto se espera que con la creación de un corredor de vegetación natural a los lados de la carretera, conservado por la propia SCT y protegido de la penetración antrópica dentro del derecho de vía, mejorará la calidad de este factor ambiental en toda la región, sobre el valor actual existente, al mediano y largo plazos.

Fauna

La presencia de determinadas especies de fauna está fuertemente ligada a la cobertura vegetal y la conservación de ésta (así como a un reducido contacto humano). Al registrarse un incremento en la superficie con vegetación natural como producto de las obras de restauración ecológica, construcción de puentes y túneles, y la ampliación de las alcantarillas a diámetros mayores que faciliten el cruce de animales, de una carretera como la propuesta, reduce el efecto de barrera sobre las poblaciones animales y la fragmentación de hábitats. La recuperación de corredores biológicos y conectividad entre cañadas con vegetación natural que brindará esta carretera propiciará una mayor movilidad de las especies, reduciendo las mayores presiones de competencia en los parches aislados para evitar que ocurra la eliminación de especies estenoaptas al nuevo entorno. Por ello se ha considerado un incremento en la calidad de este factor ambiental con la construcción de una carretera y la restitución de corredores biológicos y paso de animales.

Consideraciones generales

La construcción de un proyecto carretero de estas dimensiones considerando las medidas de prevención, mitigación o compensación de los daños ocasionados que se proponen, tendrá como consecuencia un ligero decremento en algunos factores ambientales, aunado a un aumento en la calidad en la cobertura y comunicación de las comunidades vegetales y animales a lo largo de un corredor de vegetación natural restaurado y conservado sobre el derecho de vía de la propia carretera.

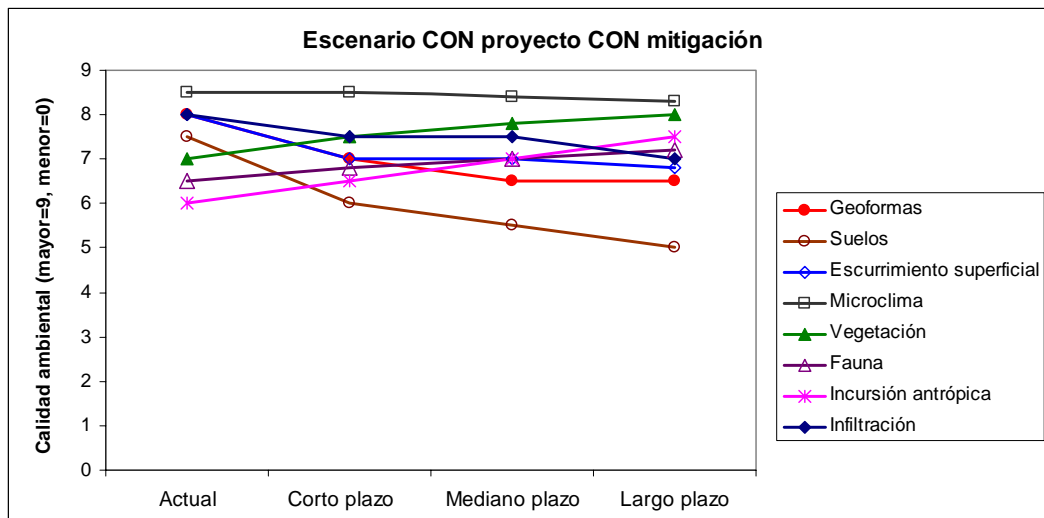


Figura VII.3.- Representación gráfica de la tendencia esperada en la evolución de los principales factores ambientales al corto, mediano y largo plazos con la construcción del proyecto carretero considerando medidas de mitigación.

VII.4. Evaluación de alternativas

Dado que se trata de un tramo intermedio de una carretera que ha sido previamente autorizada, en el que se contempla una ampliación a 4 carriles sobre el proyecto original, no existen alternativas al proyecto, de ahí la importancia de cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas.

VII.5 Conclusiones

La construcción de una autopista rápida, amplia y segura para comunicar el centro y costa del Golfo de México del país resulta de gran importancia, por lo que este proyecto carretero resulta viable siempre y cuando cumpla con una adecuada protección del entorno y su recuperación al corto, mediano y largo plazos.

CAPÍTULO VIII

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII. 1 Metodología utilizadas

En los siguientes incisos se describen las metodologías empleadas en este estudio.

CAPÍTULO III

Para la elaboración de este capítulo se consideraron y analizaron diferentes planes y programas de desarrollo a nivel estatal y municipal, así como la legislación competente en materia ambiental y las normas que aplican a este proyecto.

CAPÍTULO IV

VIII. 1.1. Para la delimitación del área de estudio.

A) Método para delimitar el Sistema Ambiental Regional

Utilizando como herramienta los sistemas de información geográfica SIG (ArcView 3.2) y la evaluación mediante la técnica de sobreposición de mapas temáticos e imágenes. Se consideraron las cartas INEGI en formato digital a escalas 1:50,000 y 1:250,000. El procedimiento y los criterios considerados se presentan a continuación:

1. Se hizo una delimitación preliminar, con base en un análisis espacial de la zona realizado sobre imágenes de satélite y cartas topográficas.
2. La delimitación definitiva del Sistema Ambiental Regional (SAR) se realizó con base en la uniformidad y continuidad de sus componentes ambientales, particularmente las

geoformas, escorrentías, suelo, flora, fauna, población, infraestructura y condiciones paisajísticas. Apoyado en imágenes de satélite y en Sistemas de Información Geográfica. También se tomaron en cuenta los conceptos establecidos por López Blanco y Villers-Ruiz, 1998. La demarcación del **SAR** incluyó el espacio afectado por la obra proyectada así como también la identificación de los impactos.

Para la delimitación definitiva del SAR se requirió de lo siguiente.

Regionalización.- consistió en la selección de una determinada área, conservando unidades espacialmente homogéneas en lo referente a parámetros del medio ambiente abiótico y biótico. En cada una de estas unidades ambientales se analizó su estructura y funcionamiento y ser diferente de las demás, con el fin de permitir caracterizar los efectos que un proyecto como el que nos ocupa puede ocasionar en ellas, así como sus beneficios. En la definición del sistema ambiental regional, fue necesario utilizar de forma jerarquizada, criterios geomorfológicos, hidrológicos, florísticos, distribución de fauna y sociales, así como la delimitación sociopolítica de la zona, con la intención de identificar unidades espaciales homogéneas tanto en su estructura como su función.

3. Criterios establecidos para la delimitación en función de su nivel de generalización, desde lo más general, hasta lo más particular.

1er. Nivel: Cuencas Hidrológicas y subcuencas.

Regiones Terrestres Prioritarias
Áreas Naturales Protegidas

2do. Nivel. Unidades Geomorfológicas.

Principales unidades del relieve

3er. Nivel Distribución de los principales tipos de vegetación y usos del suelo, así como fauna.

Vegetación y uso del suelo

Fauna: Preferencias de Hábitat

B) Para caracterizar el medio físico

La metodología aplicada para realizar el diagnóstico del medio físico fue la siguiente:

- Se recabó información de fuentes bibliográficas para establecer un marco de referencia sobre los diferentes componentes del medio físico en la zona.
- Mediante el uso de mapas: topográfico, geológico y vegetación, de INEGI escala 1:50,000 y 1:250,000. Se delimitaron las unidades geomorfológicas y de vegetación así como la red hidrológica, caminos y posibles unidades de suelo.
- Con la delimitación de unidades geomorfológicas se creó un mapa base y se identificaron sitios de muestreo y verificación para recabar la información requerida para el trabajo en campo. Se analizaron perfiles de suelo y bases de datos edáficas para generar un mapa morfoedafológico del área de estudio.
-

C) Para caracterizar el medio biótico

Vegetación

- Se recabó información de fuentes bibliográficas para establecer un marco de referencia sobre los diferentes tipos de vegetación en la zona.
- Mediante el uso de mapas: topográfico y vegetación de INEGI escala 1:250,000, y con el apoyo del Inventario Nacional Forestal 2000, se delimitaron las diferentes coberturas de vegetación y uso del suelo.
- Con la delimitación de unidades se creó un mapa base y se identificaron sitios de muestreo y verificación para recabar la información requerida para el trabajo en campo.

Fauna

- Se recabó información de fuentes bibliográficas para establecer un marco de referencia sobre los diferentes componentes faunísticos en la zona.

- Mediante el uso de mapas topográfico y vegetación, escala 1:50,000. se delimitaron las unidades geomorfológicas y de vegetación así como la red hidrológica y caminos, con la finalidad de conocer los distintos ecosistemas establecidos dentro de la zona.
- Con los ecosistemas o micrositios establecidos se determinó de forma preliminar el tipo de fauna que posiblemente existe en la zona y los sitios de desplazamiento a lo largo de cañadas y zonas de vegetación poco perturbadas.

Toda la anterior información se conjuntó para generar los criterios y establecer los límites de una superficie funcionalmente homogénea en lo referente a la interacción de sus componentes y con relación al proyecto, la que se definió como Sistema Ambiental Regional.

VIII. 1.2. Para realizar el levantamiento de datos en campo

Factores abióticos

El levantamiento de los recursos abióticos se llevó a cabo mediante el reconocimiento de la zona de estudio. La delimitación del sistema se llevó a cabo mediante la interpretación de los mapas topográfico a escala 1:50,000 y 1:250,000, e imágenes de satélite, que fueron visualizadas mediante el programa GoogleEarth ver 1.0. El análisis geomorfológico se llevó a cabo por medio de una separación de las principales unidades y posteriormente obteniendo las subunidades con sus respectivos relieves. La identificación se basó en el manual de campo para la descripción y muestreo de suelo (Siebe et al., 1996).

Además se tomó en cuenta la información fisiográfica, geológica e hidrológica superficial del INEGI. En el caso de la información de clima se obtuvo a partir de las estaciones meteorológicas más cercanas. La información hidrológica se obtuvo a partir de diversas fuentes bibliográficas y cartografía.

Las unidades geomorfológicas fueron identificadas mediante observaciones y se tomaron en cuenta la vulnerabilidad del material geológico y edáfico a derrumbes en función de las fuertes pendientes existentes. En el caso de la determinación de los principales grupos y unidades de suelo, para su clasificación de acuerdo con WRB (FAO, ISRIC & ISSS 2006), se llevó a cabo el muestreo de suelos en las principales unidades geomorfológicas. Para esto se realizó un perfil de suelo (unidad mínima de muestreo) donde se llevó a cabo la interpretación morfológica de los horizontes del suelo, esto se llevó

empleando el "Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelo en el campo" (Siebe, et al., 1996). Además se obtuvo, con base al manual, la estimación de erosionabilidad del suelo como parte de la evaluación edafocológica.

Factores bióticos

Vegetación

Previo al trabajo de campo se recopiló la bibliografía a nivel regional principalmente los trabajos sobre vegetación y florística. Se realizó un recorrido en el área circundante al sitio de construcción de la carretera analizando la vegetación en función de las características litológicas, edáficas y de relieve. Se elaboró una lista florística de las especies presentes en los principales tipos de vegetación; se definió el sistema ambiental regional y las subunidades y las unidades o subdivisiones de éste.

Fauna

Metodología de avistamiento y captura de las especies de vertebrados terrestres presentes en área de estudio del proyecto autopista México-Tuxpan (Tramo Nueva Necaxa-Tihuatlán)

La presente metodología tiene como finalidad conocer los vertebrados terrestres existentes en el área de estudio del proyecto, además de efectuar un inventario preliminar de la fauna silvestre para el estudio de impacto ambiental del proyecto "autopista México-Tuxpan en su tramo de Nueva Necaxa a Tihuatlán). Esta metodología, ayuda a inferir, con base a la distribución y asociación de cada especie a los distintos tipos de vegetación, la riqueza especies y la abundancia de vertebrados (Lazcano-Barrero *et al.*, 1992). La metodología empleada para el registro zoológico se compone de tres etapas:

Etapa I : Revisión bibliográfica

Etapa donde se consultaron publicaciones sobre la fauna relacionada con el área de estudio o zonas cercanas a está. Como resultado de la anterior, se integro un listado bibliográfico preliminar de las especies de vertebrados reportados para el área en cuestión, con la finalidad de conocer el tipo de precauciones y cuidados que se deben tener sobre la fauna que caracteriza la zona. Además a dichas especies se les asignó su estado de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Con la información contenida en la literatura se ubicaron las familias de vertebrados con posible presencia en la región. Además se consultaron las bases de datos de las Colecciones de anfibios, reptiles y mamíferos del Instituto de Biología y la Universidad Autónoma Metropolitana.

Por otra parte, tenemos que el orden filogenético se obtuvo de Flores-Villela (1993), Escalante *et al.* (1996), y Ceballos y Oliva (2005) para la herpetofauna, las aves y los mamíferos respectivamente; así mismo, los nombres comunes de las aves que se utilizaron fueron los empleados por Escalante *et al.* (1996).

Etapa II : Trabajo de campo

El trabajo de campo consiste en la observación, colecta y liberación de vertebrados terrestres, muestreando por puntos de verificación a lo largo del tramo de carretera de interés; estos métodos pueden ser directos (observación y captura- liberación de ejemplares) o indirectos (búsqueda de evidencias: huellas, heces, cadáveres o entrevistas informales con gente de la región).

Para los diferentes grupos taxonómicos se utilizó la siguiente metodología:

a) Anfibios y Reptiles

Los reptiles se colectaron a través de transectos al azar en cada uno de los puntos de verificación seleccionados, esto durante un solo período de muestreo, según el horario de estancia en cada punto. Para este método se caminó lentamente a través del área elegida revisando cada microhábitat potencial para localizar a la herpetofauna, tales como troncos de árboles huecos y hendiduras, tocones, bajo troncos caídos o piedras, entre la hojarasca, plantas epífitas, grietas, charcas temporales y permanentes. La colecta de los ejemplares se hizo directamente con la mano, en otros casos se registro presencia de la especie por métodos indirectos cadáveres (foto 1), huesos, mudas, etc.



Foto 1- Restos de una culebra

Los ejemplares fueron identificados con las guías de campo (Stebbins, 1985; García y Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista, 1994; Conant y Collins, 1998 y Behler y King, 2002) y con la utilización de claves científicas como las de Flores-Villela *et al.* (1995).

b) Aves

Para las aves solo se realizaron los registros a través de la observación o avistamiento, pero también durante el tiempo de estancia en cada uno de los puntos de verificación. Para los avistamientos de aves se utilizaron binoculares con aumento de 10 x 50 (Foto 2). La identificación se realizó con ayuda de guías de campo A Guide to the birds of Mexico and Northern Central America (Howell y Webb, 1995), Aves de México (Peterson y Chalif, 1998) y The Audubon Society Guide to the North American Birds (Udvardy, 1977).



Foto 2.- Observación y determinación de aves por medio de binoculares y guías de campo respectivamente

c) Mamíferos

Para el registro de los mamíferos de talla mediana y grande se realizaron recorridos tanto diurnos como nocturnos a lo largo de brechas existentes de manera que se incluyeran los distintos tipos de hábitats presentes en los puntos de verificación. Durante los recorridos se registraron diversos tipos de evidencias de la presencia de mamíferos como: huellas (Foto 3a), refugios y excretas (Foto 3b); los mismos se identificaron con ayuda del manual "Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México" (Aranda, 2000)



Foto 3 a) Rastro por huellas y b) rastros por excretas

Así mismo, se realizaron entrevistas a pobladores locales (Foto 4) para obtener información sobre la presencia de mamíferos grandes, hábitos, consumo local, frecuencia de caza, tiempo invertido en la caza, etc. Además, se registró información del uso que se da a los animales cazados o capturados como por ejemplo alimenticio, mascotas, medicinal, entre otros.



Foto 4 Entrevistas con lugareños

La identificación de las especies se realizó con las guías de campo: Guía de Campo de los Mamíferos de la Costa de Jalisco, México (Ceballos y Miranda, 2000), The Audubon Society Field Guide to North American Mammals (Whitaker, 2000) y A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast México (Reid, 1997), la Identificación de los murciélagos de México (Medellín *et al.*, 1997).

Etapas III : Integración y Análisis de la Información

Durante esta etapa, la información recabada en las dos etapas anteriores se sistematizó y analizó, integrándose así el listado final de las especies de vertebrados encontrados en la trayectoria de la carretera México-Tuxpan en su tramo de Nueva Necaxa a Tihuatlán. La finalidad de dicho listado, tiene como propósito permitir calcular la abundancia, riqueza específica y las que se encuentran bajo algún estatus de protección ambiental.

Riqueza específica

En este caso solo se considero el número de especies determinadas para cada uno de los taxas, especialmente a nivel de grupos de vertebrados (reptiles, aves y mamíferos) y familias. Esto con el fin de determinar que grupo esta mejor representado a nivel del sistema ambiental regional (SAR) y en el tramo de carretera de interés.

Abundancia

La abundancia relativa para la herpetofauna se calculó con base en el número de organismos de una especie observados a lo largo de un transecto o cuadrante, empleando el índice de abundancia propuesto por Lazcano-Barrero *et. al.* (1992): De uno a dos individuos la especie es rara, de tres a 10 es común y de más de 10 es abundante.

La abundancia relativa de las aves se maneja de acuerdo con el número de ejemplares que se recolectaron en las redes y observados en cada punto de verificación, para lo cual se empleó el siguiente índice de abundancia (González-García, 1992 y Bibby *et. al.*, 1992): Donde de uno a dos individuos durante un día y en una sola localidad se consideran raros, de tres a 15 individuos en un día, pero no en todos los puntos del transecto es común y de más de 15 individuos observados en un día y/o en todos los puntos a lo largo del transecto son abundantes.

VIII.1.3 Para la realización del diagnóstico ambiental y unidades ambientales

Se conjuntó toda la información descriptiva del sistema ambiental y se identificaron en reunión de expertos los rasgos de mayor relevancia mediante el análisis de diagramas de flujo. Se presentaron las características generales de los medios abióticos, bióticos y socioeconómicos. A partir de dicha presentación se generaron diagramas sintetizando el diagnóstico ambiental y se discutieron las tendencias de deterioro.

Para conocer el diagnóstico regional sobre los recursos naturales y el estado de su conservación fue necesario lo siguiente:

- a) Establecer la funcionalidad de los factores ambientales.
- b) Determinar los principales indicadores del SAR
- c) Conocer el estado actual de los factores ambientales más relevantes
- d) Analizar la problemática regional.

CAPÍTULO V

VIII.1.4 Para la identificación y evaluación de impactos ambientales

a) Técnica de identificación de impactos ambientales directos e indirectos.

Una vez que se obtuvo el conocimiento detallado de las características ambientales del sitio y las particularidades del proyecto, en reuniones multidisciplinarias se identificaron los impactos ambientales directos e indirectos derivados de las diferentes actividades utilizando el programa Mind Manager para generación de diagramas de flujo. A partir de dichos diagramas se seleccionaron los factores ambientales y las acciones del proyecto a ser evaluadas de manera semi-cuantitativa utilizando la siguiente metodología:

b) Técnicas para evaluar de manera semi-cuantitativa los impactos ambientales

Se utilizó una matriz de cribado de impactos ambientales como técnica de evaluación de impactos. Esta matriz se diseñó a partir de diagramas y el programa de obra del proyecto, a fin de considerar la mayor parte de las actividades que se desarrollarán en cada etapa en orden cronológico, y su efecto en los diferentes componentes del sistema ambiental.

El procedimiento de evaluación se describe a continuación:

Se realizó la evaluación de impactos utilizando los criterios propuestos por Bojorquez et al. (1998). De acuerdo a este esquema, los criterios de evaluación se dividieron en básicos y complementarios. Los criterios básicos son 1) magnitud o intensidad (M), 2) extensión espacial (E) y 3) duración (D); los criterios complementarios son: 1) sinergismo entre actividades (S), 2) efectos acumulativos (A) y 3) controversia (C).

Ambos tipos de criterios se evaluaron usando una escala ordinal de 0 a 9, con mínimos efectos sobre el ambiente denotados por el cero, y máximos efectos denotados por el 9. Los criterios de calificación de cada impacto se entregaron de forma desglosada y los valores de 0 a 9 fueron asignados considerando valores cuantitativos obtenidos a partir del trabajo de campo y gabinete de este estudio en la medida de lo posible. Ello con la finalidad de disminuir la subjetividad al asignar los valores de calificación de los criterios básicos y complementarios.

Asimismo, para cada efecto se determino su naturaleza, esto es, si el impacto es benéfico o perjudicial para el ambiente. Se asignaron calificaciones positivas (+) para impactos benéficos y calificaciones negativas (-) para impactos adversos.

La definición utilizada para evaluar cada criterio fue la siguiente:

1. Naturaleza del impacto: benéfico (positivo +) o perjudicial (negativo -).
2. Magnitud (M): Se refiere a la intensidad del efecto de la actividad sobre el componente ambiental, independientemente del área afectada o duración del impacto. Se utilizaron criterios de evaluación fundamentados en los datos teóricos y de campo, listados de especies, clases de suelo, tipos de vegetación, etc.
3. Extensión espacial (E): Tamaño de la superficie afectada por una determinada acción. Esta se obtuvo a partir de los planos de los proyectos en el SIG. En el caso en que el efecto abarque toda el área de estudio, se le asignó la máxima calificación posible.
4. Duración (extensión temporal) (D): Tiempo en que el componente ambiental mostró los efectos de la actividad. Se asignó el número 9 a aquellos efectos de carácter irreversible, y tomando los demás criterios dentro del marco la vida útil de los proyectos.
5. Sinergismo (S): Actividad que, al estar presente otra, los efectos sobre el ambiente se incrementen más allá de la suma de cada una de ellas.
6. Efecto acumulativo (A): Cuando como consecuencia de una actividad el efecto sobre el componente ambiental se incrementa con el tiempo, aunque la actividad generadora haya cesado.
7. Controversia (C): Es una medida del grado en que la sociedad pudiese responder ante la ocurrencia de un cierto efecto de una actividad sobre un factor ambiental, de tal medida que lo "magnifique" con respecto a su valor real.

Con los valores obtenidos se calcularon los índices básicos (IB) y los complementarios (IC) y, con ellos, el Índice Cuantitativo de Impacto (I) siguiendo el procedimiento descrito por Bojórquez et al. (1998), modificado por Sánchez-Colón y Flores-Martínez (en preparación) mediante la siguiente expresión:

$$I = IB^{(1-IC)}$$

$$\text{donde: } IB = \frac{\sqrt[3]{(M * E * D)}}{9}, \quad IC = (S+A+C) / 27$$

La clasificación del índice de impacto fue la siguiente:

Valor del índice de Impacto	Calificación del Impacto
0.111 - 0.280	Muy bajo
0.281 - 0.460	Bajo
0.461 - 0.640	Moderado
0.641 - 0.820	Alto
0.821 - 1.000	Muy alto

La matriz de evaluación de impacto estuvo constituida por los diferentes valores del índice cuantitativo de impacto calculados para cada interacción entre las actividades del proyecto y los factores ambientales. Asimismo, la integración de la evaluación en función de los índices cuantitativos de impacto a lo largo del tiempo de duración de las obras y la operación de la carretera se presentaron en una gráfica escenario para facilitar su interpretación y la toma de medidas clave en los tiempos de mayor incidencia de impactos.

Análisis para la Identificación de Susceptibilidad al Derrumbe

En primera instancia se realizó en un sistema de información geográfica (SIG) un cruce de los mapas detallados correspondientes a:

- 1.- El grado de fracturamiento del material parental (litología superficial)
- 2.- Porcentaje promedio de arcillas en el horizonte mineral de suelo
- 3.- La altura de los cortes proyectados.

A partir de estos cruces se obtuvo una matriz de datos que fue estandarizada por contener valores en diferentes unidades de medición, con esta matriz se realizó un análisis de componentes principales para definir el porcentaje de variabilidad que implican las clases producto de los cruces, asimismo se identificaron entre 8 y 10 grupos naturales de condiciones de proporción al derrumbe, asimismo la matriz de datos con indicadores para cada condición de corte, porcentaje de arcillas y fracturamiento fue ingresada en un análisis de conglomerados (cluster) para identificar sitios (cortes) con similares condiciones de riesgo de derrumbe. El diagrama resultante fue analizado para establecer las diferentes clases de riesgo de derrumbe que implica el proyecto. A partir de ellos se generó 1 tabla de evaluación

de clases de riesgo con la cual se reclasificaron los polígonos resultantes del cruce de mapas para obtener un mapa de riesgo de derrumbe estimado (tabla anexa)

CAPÍTULO VI

Estrategias para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales

Las medidas que son agrupadas dentro de la "Mitigación" de los impactos ambientales generados por un proyecto, buscan moderar, aplacar o disminuir su efecto negativo hacia el ambiente. Su función es maximizar la compatibilidad e integración del proyecto en su ambiente biótico, físico y socioeconómico. Asimismo, la adecuada planeación de la realización de estas medidas dentro del cronograma de ejecución de los trabajos propios de la obra, permitirá una mejor realización de la misma.

CAPÍTULO VII

Construcción y análisis de escenarios y, en su caso, de alternativas del proyecto.

La proyección de escenarios con y sin proyecto y con y sin medidas de mitigación se generó a partir del análisis matricial de la calificación de impactos anteriormente descrita. Aunque no se contemplan alternativas del trazo del proyecto, una de las recomendaciones de este estudio es la valoración de costos y complejidad de ejecución del proyecto propuesto con sus medidas de mitigación, contra la opción de ubicar el trazo más hacia la zona norte del proyecto, cercano a la localidad Xicotepéc.

Para tener una visión general del escenario ambiental tendencial dentro de la zona fue necesario lo siguiente.

Se elaboraron una serie de gráficas de las tendencias de comportamiento de los procesos naturales, en las cuales se visualizan los cambios en los aspectos del sistema ambiental más importantes. Para realizar este modelo, se consideró corto plazo (cinco años); mediano plazo (seis a diez años) y largo plazo (quince años en adelante). Posteriormente se correlacionaron estos escenarios con los impactos

actuales para determinar la calidad ambiental del sitio, la cual será representada por valores que van de 0 a 9, donde nueve es un sitio en perfecto estado de conservación y cero es el efecto máximo en el ambiente (sitio muy degradado). Para realizar este modelo, los expertos determinaron con base en el trabajo de campo, aquellos INDICADORES ambientales que son esenciales para el funcionamiento del sistema, mismos que fueron empleados en la evaluación del impacto ambiental y se presentan en la matriz de impacto. Una vez establecidos estos factores se agruparon por rubro (p.e. vegetación, geomorfología, etc.) para esta evaluación, y se asignaron valores entre 0 y 9 a cada uno.

VIII.2.2. Resultados de los levantamientos botánicos, faunísticos, edafológicos evaluación de impactos efectuada.

VIII.2.3. Cartografía y planos de proyecto

VIII.2.4. Fotografías de metodología



MIA-REGIONAL
Carretera: Carretera México-Tuxpan
Tramo: 140+243 al 178+500
Estado de Puebla
