

La dinámica económica de la región es más intensa en Zimapán, es lógico debido a que, de la región, este municipio es el de mayor extensión territorial, el mejor comunicado y el más cercano a la capital del Estado.

III.16.7.3.2 Sector Servicios

El sector servicios en la región Parque Nacional Los Mármoles, se divide en dos ramas, el de servicios privados no financieros y transporte y comunicaciones. Este sector, registro un total de 342 unidades económicas, que ocuparon 869 personas, con una producción de 44 millones de pesos, en 1999.

El municipio de Zimapán registró 262 unidades económicas, la mayor concentración de la región (76.6%), registra 691 personas ocupadas en esta actividad, lo que en promedio significa 2.2 trabajadores por cada unidad. La producción reportada asciende a 36.989 millones de pesos.

Jacala de Ledezma concentra 128 personas ocupadas en los servicios, el segundo lugar de la región, agrupa 73 unidades económicas, en promedio 1.7 trabajadores por unidad económica. El valor de su producción alcanza los 5.3 millones de pesos.

Los municipios de Pacula y Nicolás Flores en su conjunto alcanzan las 50 personas ocupadas y solo 7 unidades económicas; sin embargo, el valor de su producción supera los dos millones de pesos. (Tabla III.80).

Tabla III.80.- Propiedades del sector comercio, 1999.

	Unidades económicas	Producción bruta total (miles de pesos)	Personal ocupado	Valor agregado censal bruto (miles de pesos)
Regional	342	44477	869	20623
Jacala de Ledezma	73	5332	128	2443
8 Servicios privados no financieros	73	5332	128	2443
Nicolás Flores	7	192	11	53
8 Servicios privados no financieros	7	192	11	53
Pacula		1964	39	1140
7 Transportes y comunicaciones	*	1951	36	1137
8 Servicios privados no financieros	*	13	3	3
Zimapán	262	36989	691	16987
7 Transportes y comunicaciones	24	14504	151	8065
8 Servicios privados no financieros	238	22485	540	8922

Fuente: INEGI, 1999.

La dinámica de la economía de los sectores secundarios y terciarios dentro de la región es compleja, el valor de la producción del sector minero e industrial alcanza los 384 millones de pesos; sin embargo, los concentra solo en 125 unidades económicas, en cambio El comercio concentra a 1102 personas, pero su producción apenas alcanza 41.5 millones de pesos.

En promedio, el rendimiento por cada trabajador en el sector secundario es de 459 mil pesos, el rendimiento del trabajador del sector comercio es de 37 mil pesos, y el del sector servicios alcanza los 51 mil pesos. Esta relación refleja claramente como los procesos productivos, estrictamente hablando, no sostienen la economía de la población ya que en la producción las ganancias no se quedan en la zona de estudio.

Debido a las limitantes de información de las fuentes consultadas principalmente en INEGI, no existen datos para el año 1994 en estos municipios y por lo tanto su analisis de información.

IV DIAGNOSTICO AMBIENTAL

IV.1 Consideraciones Generales.

Las políticas ambientales deben ser consideradas como pilares de las estrategias de desarrollo regional, resultado de un estudio y comprensión de lo que se tiene y donde se tiene, lo cual se ha ilustrado en la Caracterización Natural, Social y Económica de los municipios de Jacala de

Ledezma, Pacula Nicolás Flores y Zimapán de Zavala.

Este capítulo establece como se encuentran los diferentes componentes del ambiente para definir las líneas y temas transversales con vistas a plantear las tendencias y escenarios que como resultado de su estudio y comprensión nos darán el esquema conceptual mejor conocido como Modelo de Ordenamiento del Territorio.

El INE define el objetivo general del Diagnóstico como la acción de identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos territoriales en el municipio, que justifican la definición de áreas para la protección y la conservación, y que identifican simultáneamente áreas con aptitud para el desarrollo de actividades humanas.

Existen tres principales rubros identificados para la etapa de Diagnóstico natural y que integran los expuesto en la Caracterización.

1.- Áreas prioritarias para protección, conservación, restauración y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.

2.- Aptitud territorial para cada una de las actividades productivas y para los asentamientos humanos.

3.- Identificación de conflictos territoriales por:

- a. El uso competitivo de los recursos; Divergencia de intereses; Impacto.

IV.2 Evaluación del Potencial y Compatibilidad de Uso del Paisaje.

IV.2.1 Aspectos Abióticos

IV.2.1.1 Geología

Potencial para la extracción de minerales no metálicos: Los cálculos manejan que el potencial aproximado para la explotación del mármol es de: 29´500,000 toneladas únicamente para el área dentro del Parque Nacional “Los Mármoles”, es decir se excluyen los bancos que existen en Zimapán y en Jacala.

- Área “Las Milpas” 1,850 ton/semana (octubre 2005);
- Área “La Encarnación” 150 ton/semana (octubre 2005);
- Las restantes 4 áreas, 300 ton/semana en total (octubre 2005);
- La suma de la producción total es de 2,300 ton/semana (5 ½ días de trabajo efectivo a una jornada de 12 horas), por lo tanto, mensualmente se tiene una explotación de 9,200 ton.
- Mensualmente se explotan 9,200 ton, anualmente 110,400 ton, son explotadas.
- Partiendo del cálculo de 29´500,000 ton potenciales, se considera que la explotación del mármol tiene una vida útil de 267.21 años.

Sin embargo aspectos que se tienen que mejorar para hacer más eficiente esta explotación y con ello, no solo extender la vida útil sino garantizar una mejora económica son los siguientes:

- La explotación de los bancos de material se basa en lo “empírico”;
- Reconocimiento de las futuras rocas dimensionables;
- Explotación artesanal;
- Control de calidad subjetivo y la mayor parte de la veces nulo;
- Apertura de vías de comunicación arbitrario y discrecional;
- Carencia de garantías sociales, jurídicas, económicas y laborales.
- Considerando los señalamientos anteriormente dichos el mármol económicamente explotable se reduce el 50%, entonces se tiene una vida de 133.60 años.

Esto último se refiere a que de un 100% de extracción, el control de calidad de los marmoleros reconoce que se desecha o desperdicia cerca de un 50% del producto explotado. Por lo tanto el tiempo de vida útil que pudieran tener los bancos explotados actualmente es de 133.60 años.

Cabe mencionar que fuera del parque se encuentra otro banco “El Tathi” se explotan 2,400 Ton/semana, se localiza al SW de Zimapán, no se considero en la producción de tonelaje, solo se consideraron las que están dentro del parque. (Tabla IV.1)

Tabla IV.1. Yacimientos minerales y bancos de extracción (SGM, 2005)

NOMBRE	COORDENADAS		MINERAL	STATUS	
	Norte	Este			
COMUNIDAD LA ENCARNACION, MPIO. ZIMAPAN, HGO.					
Puerto La Resina	Banco 1	2'309,186	478,982	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2			Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 3			Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 4	2'309,075	478,853	Carbonato de Calcio	Inactivo
La Manzana	Banco 1	2'308,520	477,252	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2			Carbonato de Calcio	Inactivo
La Cantera		2'308,653	477,533	Carbonato de Calcio	Inactivo
Puerto Las Animas	Banco 1	2'307,618	478,389	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2			Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 3			Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 4	2'307,470	477,938	Carbonato de Calcio	Inactivo
El Jagüey	Banco 1	2'306,379	477,208	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2	2'306,370	477,027	Carbonato de Calcio	Activo
	Banco 3			Carbonato de Calcio	Inactivo
Tiembla La Tierra 1		2'305,809	476,814	Carbonato de Calcio	Activo
Tiembla La Tierra 2		2'305,929	476,734	Carbonato de Calcio	Inactivo
El Nogal		2'305,678	476,681	Carbonato de Calcio	Inactivo
San Vicente		2'305,766	476,496	Carbonato de Calcio	Inactivo
Los Mármoles		2'305,326	476,197	Carbonato de Calcio	Inactivo
La Palmita	Banco 1	2'307,856	473,388	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2	2'307,945	473,337	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 3	2'308,089	473,292	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 4	2'308,124	473,281	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 5	2'308,182	473,243	Carbonato de Calcio	Activo
La Palmita	Banco 6	2'308,095	473,164	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 7	2'308,022	473,116	Carbonato de Calcio	Activo
				Tonelaje Aproximado = 10'500,000	Área: La Encarnación
COMUNIDAD VILLA JUAREZ, MPIO. NICOLAS FLORES, HGO.					
Puerto Las Animas 1	Banco 1	2'307,422	478,387	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2			Carbonato de Calcio	Inactivo
Cerro Pilón 1		2'306,793	478,966	Wollastonita	Inactivo
Cerro Pilón 2	Banco 1	2'306,755	478,878	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 2				
	Banco 3				
Villa Juárez 1		2'306,907	479,523	Wollastonita	Inactivo
Villa Juárez 2		2'306,810	479,446	Wollastonita	Inactivo
Villa Juárez 3		2'307,578	479,948	Carbonato de Calcio	Inactivo
				Tonelaje Aproximado = 4'000,000	Área: Villa Juárez
AREA FLOJONALES, MPIO. NICOLAS FLORES, HGO.					
El Ocote		2'304,487	479,129	Carbonato de Calcio	Activo
El Ocote 1		2'304,480	479,015	Carbonato de Calcio	Activo
El Pretil		2'304,370	479,072	Carbonato de Calcio	Activo
I Capulín	Banco 1	2'304,497	478,820	Carbonato de Calcio	Activo
	Banco 2	2'304,482	478,682	Carbonato de Calcio	Inactivo
	Banco 3			Carbonato de Calcio	Inactivo
				Tonelaje Aproximado = 1'000,000	Área: Flojonales
AREA LAS MILPAS, MPIO. NICOLAS FLORES, HGO.					
Predio La Valenciana		2'304,491	477,938	Carbonato de Calcio	Activo
Predio Piedra de Sal		2'304,491	478,038	Carbonato de Calcio	Activo
Predio Loma del Campo santo		2'304,568	478,129	Carbonato de Calcio	Activo
Las Milpas 1		2'305,085	478,906	Carbonato de Calcio	Inactivo
Las Milpas 2		2'305,073	479,016	Carbonato de Calcio	Activo
				Tonelaje Aproximado = 14'000,000	Área: Las Milpas

Yacimientos minerales metálicos

Los yacimientos minerales metálicos que se ubican dentro del área de estudio pertenecen a los Distritos Mineros de Zimapán y Jacala.

En la (Tabla IV.2), se muestran algunos datos sobre la producción de minerales metálicos en el

Distrito Minero de Zimapán:

Tabla IV.2. Producción minera de la compañía Peñoles. 2005. (SGM, 2005)

Mina	Toneladas	Ag g/ton	Pb %	Zn %	Cu %
El Monte	1'634,932	150	1.14	2.12	0.51
El Carrizal	833,322	187	2.40	4.82	0.41
Total	2'468,254	163	1.59	3.03	0.48

Actualmente en el distrito minero de Jacala, no existe ningún yacimiento mineral metálico en explotación, únicamente existe explotación en el distrito de Zimapán; sin embargo, Jacala cuenta con un potencial minero de interés basado en los elementos de la Tabla IV.2.

Se determinaron dos zonas mineralizadas, en el Distrito de Jacala, denominadas Encarnación y Los Gallos, así como varias áreas mineralizadas, dentro del mismo distrito, entre otras se tienen:

La zona de **San José del Oro** estuvo activa durante varias épocas en el siglo XX suspendiéndose sus actividades en 1997. Teniendo una producción promedio de 120 Ton/día.

En **el Duraznal** se explotó una veta de hierro con cobre entre los años 1985 y 1992, lo mismo que en las Delicias y La Fe.

Otras minas que se localizan dentro del área y que han sido exploradas son:

Las Delicias: Consiste de dos cuerpos de *skarn* (contacto metamórfico entre el intrusivo y la caliza) de hierro en contacto Caliza/Intrusivo. Con ancho máximo de 20m y más de 100m de largo, su profundidad no es mayor a los 50 m, con rumbo sinuoso y dirección S-E, con valores promedio de 30 g/ton de Ag y 2.02% de Cu.

La Esmeralda: Con un cuerpo tabular de magnetita con valores de 16.2 a 40.55 de Fe, de 0.07 g/ton de Au y 0.15% de Cu, con un largo observable de 70 m, espesor de 15 m y altura de 35 m.

Plomosas: Donde actualmente las obras son inaccesibles. Benítez L.J. (1988) en una visita de reconocimiento, reportó valores no significativos de Ag. En una estructura muy delgada con rumbo N 50° W.

Garay: Dos afloramientos de hierro con área no mayor a los 30 m², y espesor visible de 1.5 m con leyes de 31 y 43 % de Fe.

El Rincón: Con un cuerpo irregular de hierro cubriendo una superficie de 15 m² y espesor desconocido y valores de 62.4 % de Fe y 1.18% de Zn (JICA, 1981).

La Rinconera.- Con una estructura con rumbo general N 23° E y con una inclinación de 80° al E, de 9 X 1.5 m y profundidad de 6 m con ley de 27.5 % de Fe (JICA, 1981).

El Petatillo.- Con estructura irregular con rumbo preferencial N 26° E y echado de 80° al E, con una superficie de 18 m², y profundidad conocida de 1.2 m y 21 % de Fe.

Sta. Eleonora y Trinidad.- Son Chimeneas en *skarn* con dimensiones de 150 m de alto y largo de 50 a 90 m con espesores variables de 2 a 9 m, los resultados obtenidos son: Santa Eleonora: 2.8 g/ton de Au, 45 g/ton de Ag, 2.21% de Cu y 5% de Zn. y 1.0 g/ton de Au, 45 g/ton de Ag, y hasta 23.7% de Cu. En La Trinidad tenemos los siguientes resultados: 4.2 g/ton de Au y 8.63% de Cu.

San José del Oro e Ignacio Zaragoza.- Chimeneas con alturas variables de 30 m a más de 200 m; y un área promedio de 300 m² también se tienen mantos con una potencia de hasta 4 m, con un área conocida de hasta 400 m². Los valores obtenidos son: Los Gallos 4.85 g/ton de Au, 24 g/ton de Ag y 2.99% de Cu. Para San José del Oro tenemos 2.80 g/ton de Au, 8 g/ton de Ag y 1.39% de Cu. En Ignacio Zaragoza 2.60 g/ton de Au, 6 gr/ton de Ag y 1.10% de Cu.

Otros Prospectos: El Refugio, El Duraznal, El Cambio, Piedra Imán, La Fe, El Tejocote, El Cedrito, El Durazno, Santos, Santo Domingo, El Refugio y La Naranja, son pequeñas manifestaciones de *skarn* de hierro, con pequeñas obras mineras de exploración, sus dimensiones son reducidas cubriendo áreas menores a los 10 m². Existen varios cuerpos pequeños de hierro con leyes y extensiones variables.

Zonas Prospectivas: La zona San José, Sta. Eleonora e Ignacio Zaragoza, es sumamente prospectiva ya que los cuerpos de *skarn* de gránate son muy amplios con un desnivel topográfico mayor a los 500 m. En cuanto a Cerro Colorado y Encino Prieto aunque su manifestación superficial es limitada, los valores económicos son altos y podría contener

chimeneas con volúmenes interesantes.

En general se puede considerar que el área de estudio, específicamente en el Distrito de Jacala, tiene posibilidades de explotación de minerales metálicos, ya que sus leyes, como se explica en las minas de Santa Eleonora, Trinidad, San José del Oro e Ignacio Zaragoza son atractivas y por lo que respecta al tonelaje, se considera que en conjunto se tienen aproximadamente unos 2'000,000 de toneladas potenciales.

Existe una buena infraestructura carretera que cruza el área de estudio y hacia las zonas mineralizadas, los caminos se pueden rehabilitar para la explotación de los yacimientos.

La (Figura IV.1), especifica geográficamente la ubicación de las minas de extracción de mármol y hace la aclaración que en un 99% de los casos, se encuentran dentro del Parque Nacional los Mármoles. La figura anterior esta combinada con la geología y yacimientos minerales; de lo anterior se desprende que solo donde hay intrusivos se origino la marmorización como resultado del metamorfismo de contacto de calizas de las formaciones Tamabra y Soyatal, afectados por rocas intrusivas (Gd-D). Las dolomitas se restringen a la unidad Tamabra y su origen es singenético.

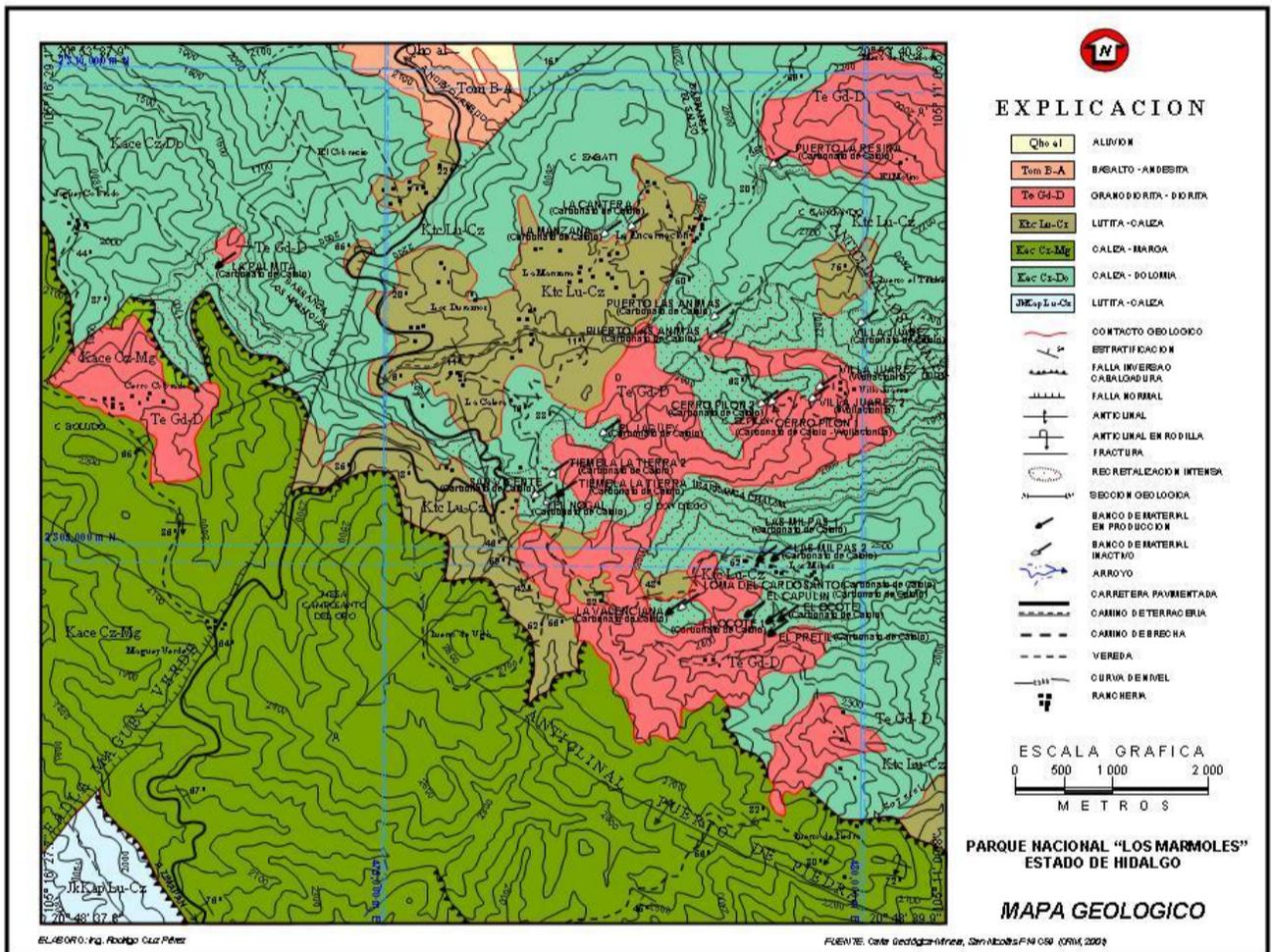


Figura IV.1. Ubicación de los bancos de extracción de mármol en el PNLM. (SGM, 2005)

IV.3 SUELOS

Como antecedente se tiene en la zona de estudio una conjugación de diferentes ecosistemas en donde el centro y norte de la zona (PNLM y Jacala) es la menos afectada por la erosión ya que conserva las coberturas forestales originales y no se ha suscitado una sucesión vegetal que obligue a una reforestación forzada. Sin embargo el Valle de Zimapán y el municipio de Nicolás Flores son de los escenarios que resultan más afectados por la extracción minera, actualmente no se aplica alguna política ambiental que regule y restituya el orden natural así como su aprovechamiento debido a la circulación de tracto – camiones, apertura de veredas y caminos así como la mala disposición de materiales de desecho que termina compactando el suelo y contribuyendo a su erosión

Los suelos presentes como recurso natural dentro del área de estudio El Parque Nacional Los Mármoles se destina principalmente para uso agrícola de temporal, pecuario y en menor medida el forestal.

La principal problemática que el suelo representa para el área de estudio, es el crecimiento de la mancha urbana de las principales ciudades como lo son: Jacala, Zimapán, Nicolás Flores y Pacula.

Otro aspecto es la deforestación que este crecimiento urbano conlleva a ello, además de la tala clandestina que prevalece en el área del Parque. Otro factor que incide es la escasa cobertura de suelo dentro del área de estudio y que no permite reforestar algunas áreas debido al bajo espesor que únicamente soporta matorral xerófilo o de raíces cortas y tampoco para ser utilizadas como áreas de uso pecuario, finalmente las actividades mineras que se desarrollan dentro de la región y que provocan la compactación de la escasa capa de suelo provocan que sea nulo el desarrollo de la vegetación.

En general el grosor de la capa vegetal, en el área de estudio, es muy delgada y debajo de ella existen sustratos rocosos y pobres en nutrientes, sin embargo el drenaje es aceptable pero al no tener medio de contención, (cubierta vegetal), se acrecienta la erosión.

IV.3.1 Potencialidad de los Suelos

La potencialidad de los suelos se define como la capacidad que tiene un área para el desarrollo de determinada actividad, considerando únicamente sus características físicas, esta se define a partir del tipo de suelo, grado de pendiente, la fase física, química y el régimen de humedad.

Los suelos agrícolas de la región con capacidad productiva intensiva, se encuentran solo muy limitadas a unas cuantas áreas como son el valle de Zimapán, la región de Jacala y ciertas hondonadas en Pacula. (Ver carta hipsográfica).

Uso y Potencial Adecuado

Agrícola (Ag) (Figura IV.2.) (Tabla IV.3.)

Los terrenos con limitantes agrícolas pueden considerarse como no disponibles para sustentar cultivos permanentes, pero no necesariamente deteriorados. Los niveles de potencialidad se expresan en clases, desde la máxima potencialidad, sin limitantes; hasta la mínima o nula potencialidad, con limitantes importantes, que hacen casi imposible el desarrollo de la actividad a la que se refiere el análisis. Tabla IV.3.

Tabla IV.3. Resumen de Potencialidad agrícola de los suelos.

Potencialidad agrícola	Área ha
Clase 1	1,712
Clase 2	9,808
Clase 3	7,729
Clase 4	19,100
Total	38,349

Fuente: Elaboración propia, según modelo Sistema Duch (INEGI, 1986)

Las actividades agrícolas, las pecuarias y las asociadas con la infraestructura urbana constituyen los usos más directamente relacionados con la condición física y ambiental de un suelo dentro del área de estudio. Los cultivos agrícolas no son más que una sustitución artificial de la vegetación natural y obtienen sus nutrientes directamente del agua y del suelo; el ganado requiere de buenas condiciones edáficas para el desarrollo de pastos, y las actividades urbanas desde el punto de vista de la estabilidad natural de los suelos que no generen problemas a la infraestructura.

Con respecto a las pendientes, se considera como terrenos sin limitantes aquellos rangos inferiores a los 7° (según las condiciones de variabilidad del suelo este valor puede extenderse hasta los 15°). La pendiente del terreno es importante porque está en relación con su susceptibilidad a la erosión o erodabilidad, la capacidad de regeneración natural o artificial de una cobertura vegetal, y la facilidad de explotación. Las pendientes consideradas en esta clasificación son adecuadas para el desarrollo agrícola, debido a que regularmente no presentan condiciones de inestabilidad geomorfológica (fundamentalmente pérdida excesiva de suelo por erosión) y son favorables para el desarrollo de los suelos y, consecuentemente, de la agricultura. Dentro del área de estudio, se observa (ver plano hipsográfico), que existen muy pocas áreas con pendientes menor a los 7° por lo tanto, los terrenos para uso agrícola son muy pocos.

Por otro lado, los suelos del Parque Nacional Los Mármoles, están destinados para las actividades agrícolas de temporal, limitado solo en muy pocas áreas, también se pueden observar actividades mineras no metálica en menor escala, pero siendo esta la de mayor importancia para la zona; asimismo las actividades pecuarias son de baja escala por lo que el impacto al medio es menor y la actividad forestal, solo es utilizada para el aprovechamiento de la comunidad como combustible ya que por ser un Parque Nacional, no se permite el aprovechamiento forestal a gran escala.

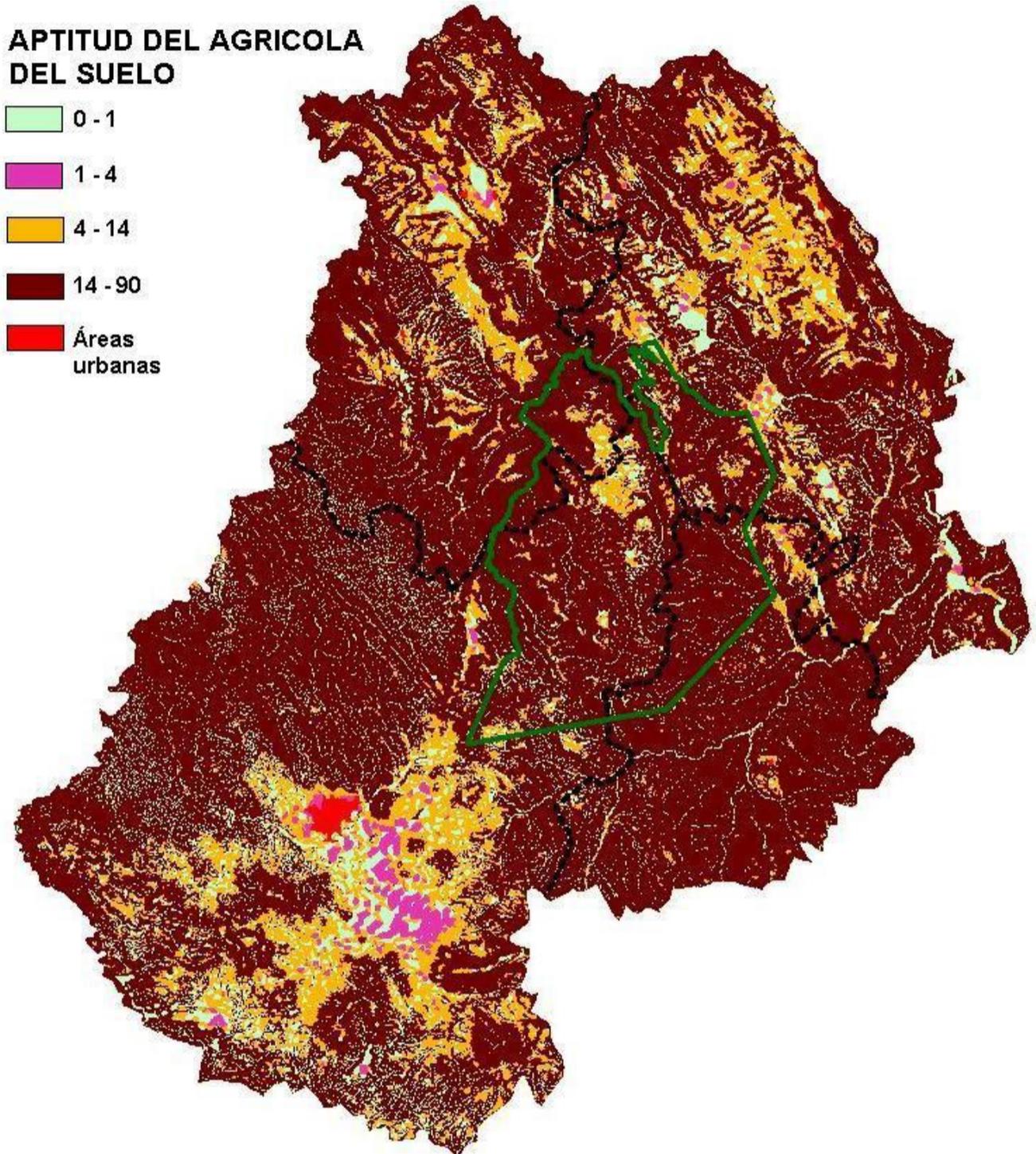


Figura IV.2. Carta temática de aptitud del terreno con la orientación agrícola, donde se muestran los diferentes tipos de terrenos y suelos dentro de los cuatro municipios y el Parque Nacional Los Mármoles. Los valores en la simbología se refieren a las pendientes.

A continuación se muestra que el área de estudio presenta cuatro clases de suelo; estas clasificaciones se realizaron con base en el sistema Duch INEGI, 1986) las unidades taxonómicas que maneja la clasificación FAO (Ortiz Solorio *et al* 1994; 1999) señalan algunos atributos propios del suelo como patrones generales de profundidad, presencia de sales, pH, texturas y cantidad de materia orgánica entre otros.

Terrenos de Clase 1

Dentro de esta clase se agrupan suelos que presentan propiedades adecuadas para la actividad agrícola; no presentan limitantes o bien éstas son de poca importancia. Requieren de técnicas de manejo regulares, aunque sin tratamientos costosos o muy específicos, y tienen pocos requerimientos de agroquímicos.

Como se observa en la carta hipsográfica (en rojo), este tipo de suelo se encuentra en la parte norte de la zona y corresponde al área de agricultura de temporal, permiten la práctica de una agricultura mecanizada, al no tener limitantes de pendientes ni profundidad del suelo.

Permiten la productividad agrícola la mayor parte del año y el clima no es una limitante, pertenecen a las localidades del municipio de Jacala de Ledesma: Puerto los Frijoles, El Huizache y Hilojuanico, estos cuentan con una pendiente de 1%, los suelos son Leptosoles líticos. Otro ejemplo se tiene en la región de Pacula, donde presenta las mismas características de Jacala. La clase 1 ocupa cerca de 1,712 ha.

La aptitud para el desarrollo de los cultivos tienen un valor alto, no existen problemas para la labranza; algunos de los problemas que se pueden presentar es la inundación por sobre precipitación pluvial y la salinidad. Principalmente, este tipo de suelo corresponde a las partes planas o semiplanas, con inclinaciones de 0° a 1° como máximo de pendiente; también este tipo de suelo se presenta en los alrededores del valle de Zimapán, (como se observa en el plano hipsográfico en rojo), pero es muy pobre en nutrientes, lo que no permite el desarrollo de alguna actividad agrícola permanente.

Terrenos de Clase 2

La aptitud del terreno clase 2 para el desarrollo de los cultivos tiene un valor medio; esto es, se presentan restricciones moderadas, el procedimiento de labranza es media ya que existen limitantes moderadas como la pedregosidad y en algunos sitios inundación que pueden ser solventadas fácilmente. Este tipo de suelos cuentan con una ligera pendiente de entre 2 y 4%. Aunque estos suelos son acumulados de los Feozems calcaricos, son fértiles y con buen drenaje. En la poca superficie que ocupan estos terrenos es factible encontrar, sistemas hortícolas intensivos, e incluso plantaciones frutales con fines comerciales, también existen especies de climas cálidos, ya que se aprovecha el agua del río y el microclima que se forma en esta área.

En esta clase se agrupan terrenos localizados en el norte y noreste de la región de estudio, así como una mínima parte de la zona centro. A su vez se observa con mayor predominancia hacia el valle de Zimapán (plano hipsográfico en verde). Para el caso de Jacala se observan terrazas aluviales del río Amajac, que es limítrofe entre dicho municipio y el municipio de Tlahuiltepa, en esta parte de la región de estudio se aprovecha el agua del río así como el microclima que se forma dentro de esta área. Los poblados más beneficiados son los de: La Palma, Quetzalapa y Vado Hondo del municipio de Jacala.

Estos suelos ocupan una superficie de 9,808 ha, cuyas condiciones ambientales permiten la agricultura mecanizada. En ella se ubican los terrenos que muestran la posibilidad de establecer agricultura continua caracterizada por el empleo de implementos de tracción animal. Este tipo de agricultura es posible en cualquier régimen de humedad disponible a lo largo del año.

Terrenos de Clase 3

Esta clase se encuentra sobre los tipos de suelo Faeozem calcárico y Leptosol rendzico, y se agrupan en terrenos ubicados en la zona semiárida de la región, que ocupa una superficie aproximada de 7,729 ha, y que permiten desarrollar agricultura caracterizada por el empleo de implementos de tracción animal y mecanizada, en pequeñas áreas, pero ésta no es continua, sino únicamente de carácter estacional. La agricultura se puede practicar dentro de los regímenes de humedad disponible durante la época de lluvias de verano o con la humedad residual que se genera durante noviembre y diciembre. Sin embargo, la aptitud del terreno para el desarrollo de los cultivos es baja, existen fuertes restricciones, como la topografía, cuya pendiente oscila entre 5 y 14%, la profundidad del suelo y su vulnerabilidad a la erosión. Esta clase de suelo se localiza en el sur del área de estudio, las principales localidades son: Llano Norte, Benito Juárez, El Álamo, El Tule, el Muhi, Xindhó Santiago, Cruz Pinta, El Salitre y El Sabino, en el municipio de Zimapán de Zavála.

Estos suelos presentan varias limitaciones simultáneas (baja calidad de los suelos, inundabilidad, o aridez excesiva, pendientes moderadas, salinidad y/o sodicidad, etcétera). Es posible aprovecharlos para la agricultura, aunque demandan fuertes insumos y pueden ocasionar impactos considerables sobre el medio. (Ver carta hipsográfica, color azul)

Terrenos de Clase 4

Son suelos de muy baja o nula calidad agrológica, en muchas ocasiones inadecuados para esta

actividad. Poseen suelos muy someros, o fases líticas, con alta pedregosidad superficial que impide la penetración de raíces al suelo. Pueden tener pendientes superiores a 20°, con alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Las actividades agrícolas que se efectúan en suelos de esta clase generalmente tienen rendimientos muy bajos y no es posible emplear técnicas para aprovechar intensivamente los suelos; o bien, requieren de insumos en cantidades y costos muy elevados.

En esta clase se ubican, como se observa en la carta hipsográfica (color morado), los terrenos de las cañadas, escarpadas, barrancas, sierras y cerros, de toda la parte norte, este y oeste de la zona; que abarcan una superficie de 19,100 ha, agrupando a aquellos terrenos que no son adecuados para llevar a cabo ningún tipo de agricultura, salvo algunos caracterizados por prácticas agrícolas de carácter especial y que difícilmente pueden considerarse dentro del esquema general de este sistema de evaluación de tierras.

Son áreas cuya aptitud para la labranza y riego son nulas, los niveles de producción agrícola va de baja a moderada, y las restricciones para un manejo son grandes, la topografía es muy accidentada, las pendientes son altas, oscilan entre 20 y 80 % y son muy susceptibles a la erosión hídrica. Los tipos de suelo que soporta este tipo de agricultura, son: Leptosoles líticos; rendizicos, Luvisoles crómicos; vérticos y Regosoles eutricos. Se localizan en la mayor parte del área de estudio, las principales poblaciones en Pacula: Vicente Guerrero, Jiliapan, Los Fresnos, San Francisco, Saucillo, Santa María Miraflores, La Mojonera; en Jacala de Ledezma: Pinalito, Puerto El Mezquite, Agua Fría Grande, La Herradura, Carrizalito, El Refugio, Octupilla, Carrizal; en Nicolás Flores: El Molino, El Cobre, Las Pilas, Jaguey y en Zimapán: La Tinaja, Los Durazos y Campo Santo del Oro.

La potencialidad agrícola de los suelos del área de estudio, es decir, de los cuatro municipios, representa un 19.6% del total de la región.

Pecuaria (Pc) (Figura IV.3) (Tabla IV.4)

Para este punto se determinan las potencialidades y las limitantes que presentan los suelos de los cuatro municipios para el desarrollo de las actividades ganaderas. Se definen tres clases de capacidad de uso pecuario sobre la base de las posibilidades que ofrecen los terrenos para llevar a cabo los diferentes tipos de pastoreo considerados en atención a las condiciones topográficas, edáficas y de disponibilidad de agua que los caracteriza y de la vegetación natural dominante que sustentan.

Tabla IV.4. Potencialidad pecuaria del suelo

Potencialidad pecuaria	Área ha
Clase P2	2,215
Clase P3	2,758
Clase P4	2,395
Total	7,368

Fuente: Elaboración propia, según modelo Sistema Duch (INEGI, 1986)

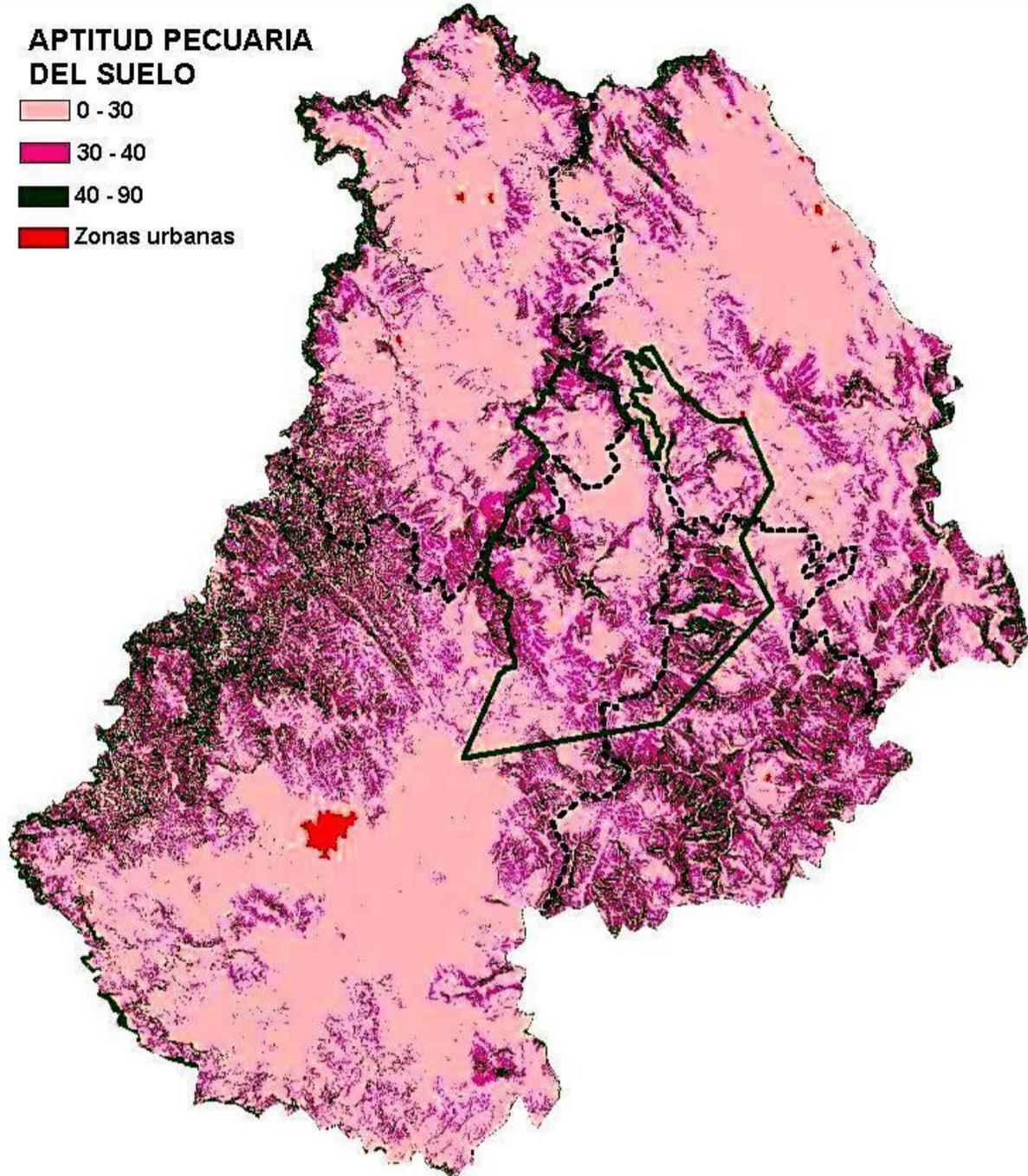


Figura IV.3. Carta temática de aptitud del terreno con la orientación pecuaria, donde se muestran los diferentes tipos de terrenos y suelos dentro de los cuatro municipios y el Parque Nacional Los Mármoles. Los valores representan las pendientes del terreno.

Terrenos de Clase P2

Esta clase tiene una superficie de 2,215 ha, se incluyen áreas localizadas al suroeste de la zona, principalmente en el municipio de Zimapán de Závala, y se ubican en las comunidades: Las Piletas, La Loma y Botha. Los terrenos no son adecuados para el establecimiento de praderas cultivadas. Agrupa terrenos que en ocasiones tienen uso agrícola, son baldíos y la vegetación natural dominante es diferente al pastizal y se practica la ganadería extensiva de caprinos y ovinos. En ésta clase se manifiestan diversos grados de restricciones para llevar a cabo el pastoreo. La aptitud del terreno para el desarrollo de las especies forrajeras presentan un valor medio; es decir, las condiciones son moderadas - conservadoras de las plantaciones.

Dentro de ésta se incluyen suelos que por sus características necesitan de técnicas de bajo costo para poder llevar a cabo pastoreo o suelos que pueden ser utilizados por cierto tipo de ganado. Algunas técnicas que se podrían aplicar para suelos con esta clase son: tratamiento de pastizales, rotación de potreros, irrigación, etcétera. La movilización del ganado no es

restringido; sin embargo, la alimentación del ganado a partir de la flora silvestre es muy limitada, en gran parte por la constancia de esta actividad.

Terrenos Clase P3

Esta clase se localiza en Zimapán de Závala y Pacula, cerca de las localidades de: San Felipe, Ignacio Allende, Puerto Ángel, Garabatos, Tierras Amarillas, Puerto la Estancia y Mesa del Chillar, las cuales están sobre suelos de tipo: Regosol y Faeozem. Se reserva para aquellos terrenos con pendientes de 40% a 70%, correspondientes a las zonas montañosas y grandes barrancas del área, cubiertos con vegetación silvestre del tipo de matorrales inermes, subinermes, selva baja, vegetación riparia y bosques de pino, encino y tascate, constituido por lo menos con algunas especies forrajeras que pueden ser aprovechables por el ganado caprino, vacuno y ovino.

Existen cerca de 2,758 ha, de terrenos con esta clase, sin embargo, estos presentan una aptitud baja para el desarrollo de las especies forrajeras introducidas; es decir, existen fuertes restricciones para el crecimiento de las plantas. Se presentan limitantes para el manejo de potreros y movilización del ganado. El aprovechamiento de especies silvestres con fines forrajeros es común, en este caso se aprecia el empleo de especies leguminosas como el mezquite, uña de gato, huizaches, cactáceas como nopal tunero y rastrero, agaves, y varias mas compuestas sobre todo de malezas que son las más empleadas por el ganado para su alimentación.

Los rasgos que definen esta clase presentan limitantes que obligan a un uso altamente tecnificado para poder aprovechar los suelos que pertenecen a esta clase, lo cual se refleja en un alto costo económico o deterioro para llevar a cabo esta actividad o ambas. Puede aplicarse técnicas como lavado de suelos, rotación intensiva de potreros, limpieza de los terrenos, control del número de cabezas, etcétera.

Terrenos Clase P4

Estos terrenos presentan fuertes limitantes para el manejo de potreros, la aptitud para la movilización del ganado es muy baja debido a que gran parte del terreno es muy accidentado y de pendientes muy pronunciadas. Los procesos de sobrepastoreo, la erosión y la pérdida de cobertura vegetal hacen que el aprovechamiento de la flora silvestre sea muy limitado, de tal manera que no se alcanzan a cubrir las necesidades alimenticias del ganado. La principal zona se encuentra en: Los municipios de Pacula, San Antonio, Mesa del Chilar, San Agustín y El Naranjo, y en el municipio de Nicolás Flores, en Sto. Domingo, Xiopa, La Ciénega, los cuales están sobre los tipos de suelo: Regosol, Leptosol y Phaeozem. En términos generales, la actividad pecuaria del sitio esta muy limitada por las condiciones naturales imperantes. En esta clase de suelos se ubican terrenos que no son adecuados para llevar a cabo ningún tipo de uso pecuario; en el área de estudio, agrupa 2,395 ha, de superficie este tipo de terreno.

Forestal (Fo) (Figura IV.4) (Tabla IV.5)

Se definen como áreas con potencialidad forestal aquellas que se caracterizan por tener como vegetación primaria, diferentes tipos de bosque templado o selva, y que presentan diferentes niveles de perturbación, se tomó como fuente principal la información generada en el Inventario Nacional Forestal 2000-2001.

Por las condiciones de erosión, topografía irregular y la sobre-explotación de madera, aproximadamente 65,387 ha, localizadas al norte y centro de la zona en los cuatro municipios, se prestan para realizar actividades de aprovechamiento forestal doméstico, de acuerdo al sistema uso potencial forestal (INEGI,1986), pertenecen a una **Clase F3** ya que la condición de la vegetación es baja y se restringe al uso de pino ocote, y en algunas ocasiones el encino y enebro para combustible y maderable, respectivamente, el problema de estas especies radica en que presentan desarrollo irregular; no tienen fustes uniformes y los rodales son muy heterogéneos, por lo que la aptitud del terreno para la extracción de productos forestales es baja para los cuatro municipios: Jacala de Ledezma, comunidades Agua Fría y Hoyos; Nicolás Flores, La Joya de la Derrumbada; Zimapán de Zavála, la Encarnación; y Pacula, José María Morelos y Laguna Seca. Debido a problemas internos en las comunidades no se ha aprovechado este recurso para fines comerciales. Los tipos de suelo que se tienen en esta zona son, Luvisol, Phaeozem y Leptosol.

Tabla IV.5.Potencialidad forestal del suelo

Potencialidad Forestal	Área ha
Clase F3	65,387
Clase F4	28,877
Total	94,264

Fuente: Elaboración propia, según modelo Sistema Duch (INEGI, 1986)

La potencialidad forestal del suelo en el área de estudio, representa el 48.1%.

APTITUD FORESTAL DEL SUELO

-  Sensible a cambio de cobertura
-  Aptitud forestal
-  Aptitud agrícola

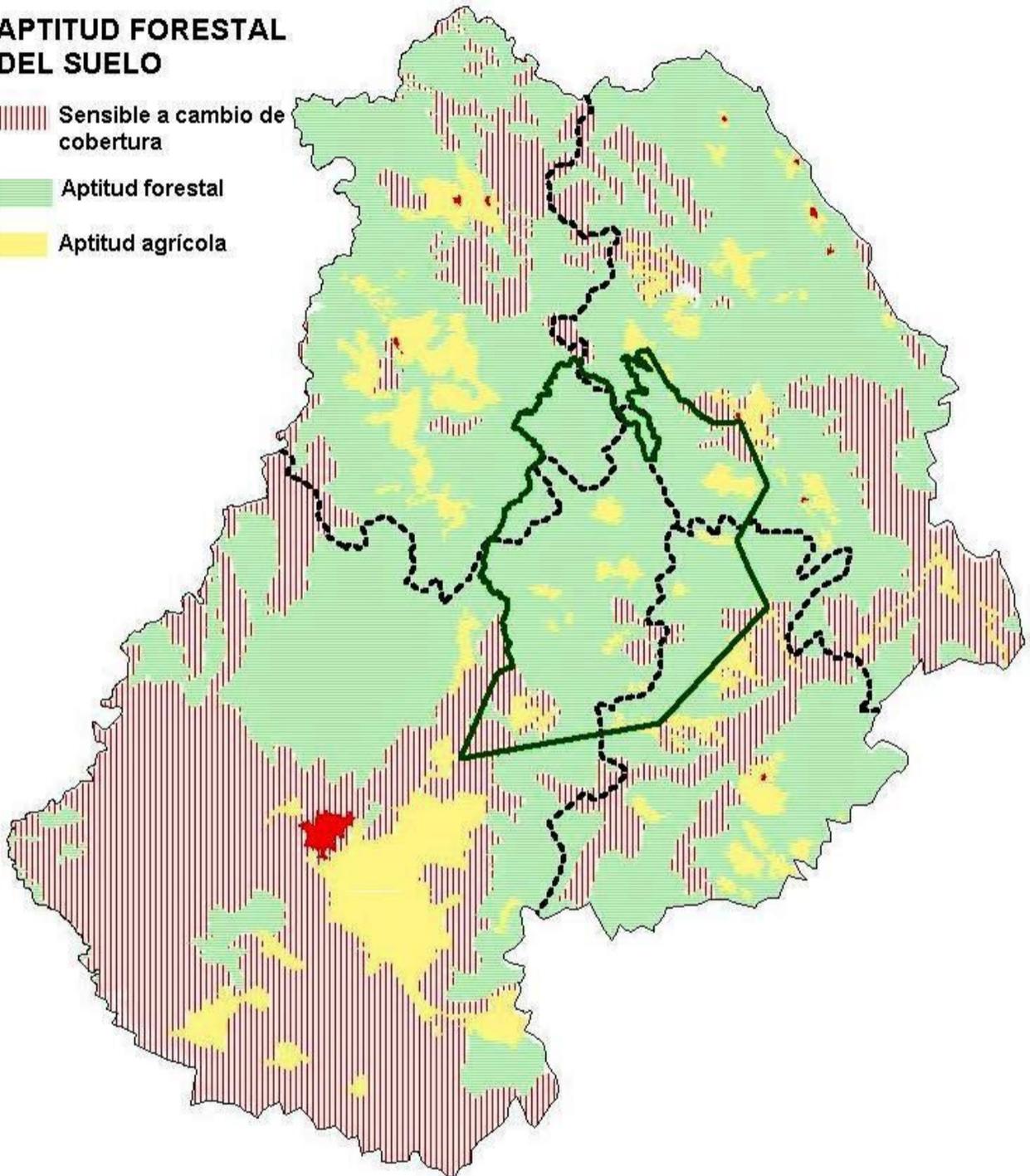


Figura IV.4. Carta temática de aptitud del terreno con la orientación forestal. Los suelos sensibles a cambio de cobertura (Clase F4), son relacionados a vegetación secundaria. La orientación original forestal (clase F3) es toda cobertura original primaria.

Aproximadamente, 28,877 ha pertenecen a una **Clase F4** que son tierras no aptas para el aprovechamiento forestal, éstas se localizan en el centro de la zona específicamente en el Parque Nacional Los Mármoles, (además de ser una zona de reserva natural) abarcando los

cuatro municipios además de que son terrenos de difícil acceso por la fuertes pendientes y algunos terrenos se encuentran con poca cobertura de vegetación natural susceptibles de emplearse para este fin; los factores ambientales que han influido para que no se desarrolle vegetación de importancia forestal son: la erosión, la topografía, la profundidad de los suelos, enfermedades y susceptibilidad a incendios. Aunado a esto tenemos que las zonas de barrancas (barranca Los Mármoles), cañadas y bosques que se encuentran a más de 3,000 msnm y están decretadas para uso restringido.

Asentamientos humanos y su infraestructura (Ah) (Tabla IV.6)

En este apartado se identifican los niveles de potencialidad y las limitantes que poseen los suelos para el desarrollo de asentamientos urbanos. Sistema Dutch (INEGI, 1996).

Tabla IV.6. Potencialidad del suelo para los asentamientos humanos y su infraestructura

Potencialidad para los asentamientos humanos	Área ha
Clase AH1 (Jacala, Pacula y Zimapán)	3943
Clase AH2 (Nicolás Flores)	722
Total	4,665

Fuente: Elaboración propia, según modelo Sistema Duch (INEGI, 1986)

Las limitantes del suelo para la infraestructura urbana (como complejos industriales, carreteras, ciudades, etcétera) se determinan con base en las características de los suelos que podrían presentar problemas, por ejemplo; condiciones de expansión-contracción, suelos granulares sueltos que dan poca firmeza a la cimentación, suelos dispersivos, suelo pedregosos y suelos corrosivos. También se contemplan situaciones de inundación y de asentamientos del terreno en suelos extremadamente orgánicos.

A continuación se detallan los criterios que conducen a la determinación de las clases de capacidad de uso urbano.

Terrenos Clase AH1

Las propiedades que presentan los suelos pertenecientes a esta clase, permiten que el establecimiento de asentamientos urbanos no se vea afectado por factores como hundimientos, corrosión, anegamientos, colapsos, etcétera, lo cual evita un alto costo de inversión para salvaguardar este tipo de contrariedades. En el uso de este tipo de terrenos, se deben observar normas de ingeniería regulares. El tipo de suelos que se presenta son: Phaeozem y Leptosol cuya pendiente se considera moderada (5%) y se encuentran sobre las Cabeceras Municipales de Jacala de Ledezma, Pacula y Zimapán de Zavala, que cubren una extensión de 3,943 ha.

Terrenos Clase AH2

A esta clase pertenece la Cabecera municipal de Nicolás Flores, cuya superficie es de 722 ha, en donde el tipo de suelo presente es Regosol y presentan fuertes limitantes para la construcción, por ejemplo suelos básicos que ocasionan corrosión de tuberías, líneas de conducción eléctrica, suelos inundables y expansibles entre otros y cuya pendiente es fuerte y oscila entre el 10% y 15%. Es posible realizar urbanización en terrenos de esta clase, aunque con medidas estrictas, alto grado de riesgo y elevados costos.

En general, se deberán considerar como óptimos aquellos terrenos que tengan pendiente máxima de 6° y susceptibles a urbanizar los que presentan pendientes menores a 15°, ya que en terrenos con mayores pendientes se encarecen las redes de infraestructura y las instalaciones de equipamiento urbano. Las zonas con capacidad para el asentamiento humano deberán tener características que permitan la recarga de mantos acuíferos.

En cuanto a características de los suelos, éstos no deben ser expansivos ni de textura arcillosa, pues su afinidad al agua propicia que la absorban y la retengan, con lo que se expanden sus partículas; no deben ser dispersivos, las arcillas se caracterizan por ser altamente erosionables en presencia del agua; no deben ser colapsables (aquellos que estando secos son fuertes y estables y que al saturarse de agua sufren grandes hundimientos); no deben ser corrosivos, es decir con propiedades químicas que disuelven y deterioran los materiales de construcción y las redes de infraestructura urbana. Deben ser zonas que no tengan fallas geológicas, grutas, cavernas o rellenos, y preferentemente características de dureza que no encarezcan las cimentaciones, por lo que zonas rocosas no son las más apropiadas para el desarrollo urbano.

Los suelos altamente orgánicos tienen poca resistencia al peso y una elevada cantidad de agua que no es apropiada para el desarrollo urbano.

Potencial inadecuado del suelo

Agricultura: cuando el manejo de la tierra arable es el inadecuado; esto incluye una variedad de prácticas como el uso excesivo de fertilizantes, cuando la calidad de irrigación de agua es pobre, mal manejo o ausencia de medidas para el control de la erosión o el uso frecuente de maquinaria pesada, los tipos de degradación comúnmente ligados a este factor causativo son la erosión (hídrica o eólica), compactación, pérdida de nutrientes, salinización y contaminación (por pesticidas o fertilizantes). En la región de Jacala y Pacula existen zonas planas aptas para el cultivo, pero también existe una mala distribución de los fertilizantes, lo que ocasiona, en ocasiones, malas cosechas.

Deforestación y remoción de la vegetación natural: definida como la eliminación de la vegetación natural en grandes extensiones de terreno, por ejemplo para usar la tierra del bosque para agricultura, para comercializar la madera, por la construcción de caminos, el desarrollo urbano. La deforestación a menudo causa erosión y pérdida de nutrientes. En la región del Parque Nacional existe una deforestación por parte de la industria minera no metálica, lo que conlleva a una erosión lenta pero constante y a la falta de vegetación natural; este problema crece lentamente pero constante y en poco tiempo el parque tiende a desaparecer.

Sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico: contrario a la deforestación, este factor no se refiere necesariamente a la remoción completa de la vegetación natural, pero hay un rango de degeneración en la vegetación remanente, esto provoca que la protección contra la erosión sea insuficiente, se incluyen actividades como la colecta excesiva de madera para combustible, forraje y madera para construcción local. Esto se observa entre el Parque Nacional y Pacula.

Sobrepastoreo: además del sobrepastoreo actual por la ganadería, borregos, chivos, cabras, etc. también se consideran los animales de monta; la consecuencia es usualmente la compactación del suelo y el decremento de la cobertura vegetal, ambos factores propician el riesgo de erosión hídrica y eólica. Esto se puede observar en los alrededores de Zimapán, en donde casi ya no existe vegetación y la erosión es excesivamente fuerte debido principalmente al sobrepastoreo.

Actividades Industriales: las industrias, la generación de energía, la infraestructura y urbanización y los malos manejos de los diversos recursos, están a menudo ligadas con diferentes tipos de contaminación y la pérdida de funciones productivas (van Lyden y Oldeman, 1997). Principalmente la industria minera, tanto metálica como no metálica que se practica en la región de Zimapán y en el Parque Nacional Los Mármoles

Contaminación de suelos por actividades mineras.

En la región de Zimapán, principalmente, existen obras públicas y privadas poco respetuosas con el medio, pero otras acciones como las actividades mineras poco cuidadosas, los jales mal controlados, el paso de vehículos con mineral por la ciudad y las plantas de molienda de carbonatos, provocan la contaminación de tipo antropogénica. Es por ello que esta población está más expuesta a sufrir ciertos tipos de problemas tanto en la piel como en el organismo por el arsénico contenido en los minerales (arsenopirita), lo cual en las aguas subterráneas, también presenta un riesgo para los mantos acuíferos y los pozos artesianos con que se cuenta en esta región.

IV.3.2 Erosión (Tabla IV.7) (Figura IV.5).

Se denomina erosión en términos genéricos al proceso de desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo. Se reconocen dos tipos de erosión: la geológica y la inducida.

La primera se refiere a los procesos litológicos provocados por la naturaleza. Este tipo de erosión actúa sin intervención antropogénica y participa en la formación de suelos. Por otro lado, la erosión inducida se refiere a la pérdida del suelo debida al mal manejo de los sistemas productivos por parte del hombre (Ortíz y Estrada, 1994).

Uno de los problemas más serios de los cuatro municipios es la falta de estrategias de conservación de suelos, ya que la erosión hídrica que sobre ellos actúan, forman cárcavas, surcos y barrancas con grado variable de ligero a muy severo, esto aunado al cambio de uso de suelo de forestal a agrícola y de este a urbano e industrial.

La unidad de medida de la erosión es la cantidad de suelo perdido en toneladas por hectárea al año (ton/ha/año). Para la evaluación de erosión que se llevó a cabo en la región del Parque

Nacional los Mármoles, se tomaron como variables los valores de precipitación, vegetación, el tipo de suelo, la textura, la fase de formación y la pendiente.

La erosión del suelo es una parte integral de los sistemas naturales, ocurre aún cuando el suelo se encuentra cubierto por vegetación densa. La erosión del suelo es una más de las formas normales del desarrollo del relieve y sólo en algunos casos es el proceso dominante de degradación. Los otros procesos importantes de remoción de sedimentos son los movimientos de masas y la de disolución.

Existen diversas metodologías para estimar la erosión, sus clasificaciones y efectos, así como los temas que se comprenden para estimarla; sin embargo el SGM (2004), adaptó el método de Dejar, (1998), que parte de la topografía a detalle (INEGI, 1:50 000), y se segregan los rasgos fisiogeográficos con la combinación de los escurrimientos hidrológicos y asentamientos; otras modificaciones incluyen la combinación de elementos de micro y nano cuencas y topoformas. Las clasificaciones son dadas en la (Tabla IV.7).

Tabla IV.7. Tipos de erosión presentes en la Región de estudio.

Erosión	Clave	Descripción
Concentrada	Ec1	Concentrada asociada a causas y cañadas
	Ec2	Concentrada asociada a cárcavas
Eólica	Ee1	Acción del viento bajo, velocidad de tranquilo a ligeras con un max. de 13 km/h y solo unas pocas horas del día
	Ee3	Acción del viento fuerte, velocidad de fuerte a muy fuerte con un max de 30 km/h y la gran parte del día
Antropogénica	Ea1	Asociada a asentamientos humanos y manchas urbanas
	Ea2	Asociada a obras civiles, infraestructura o aprovechamientos geológicos
	Ea3	Asociada a la pérdida de la capa vegetal y deforestación
Hídrica	Eh1	Laminar débil
	Eh2	Laminar moderada
	Eh3	Laminar fuerte

NOTA: La erosión eólica depende del tipo de roca y fisiografía del lugar, los valles y cañadas son los más perturbados en cuanto a la fuerza que se ejerce sobre la vegetación. La erosión hídrica depende de la pendiente del terreno, tipo de suelo y de vegetación.

En la carta temática se simplifican algunos temas por la escala a ser representada, como es el caso de la erosión concentrada, antropogénica y eólica.

Erosión Concentrada (Ec 1 y Ec2). La erosión concentrada corresponde al desprendimiento de los suelos de manera vertical contribuyendo a la formación de cárcavas, estas últimas, se refieren a surcos excavados por las aguas de escorrentías y se desarrolla fundamentalmente en regiones semiáridas de la zona que registran fuertes precipitaciones ocasionales. Este tipo de erosión se presenta sobre rocas volcánicas ígneas intrusivas y extrusivas, se erosionan fácilmente debido a su baja compactación, los tipos de suelos que se presentan son: Phaeozem, leptosol y Regosol, la vegetación corresponde principalmente a Matorral Submontano, Matorral Crasicaule y Pastizal inducido, la cobertura vegetal que se presenta es insipiente, y se localiza, al Sureste de la zona, en el municipio de Zimapán, en las localidades de Cuesta Blanca, El Efe, Las Pilas y Llano Seguro, cuenta con una superficie de 4,369 ha.

Erosión Eólica (Ee 1 y Ee3): es el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento. Presenta varias diferencias con la erosión hídrica, la principal es que esta última necesita que el terreno tenga cierta pendiente, mientras que esa característica no tiene efecto causal directo en la erosión eólica. Para que este fenómeno se produzca son necesarias algunas de las siguientes condiciones: superficies más o menos llanas y extensas; suelos desnudos de obstáculos importantes; suelos sueltos y de textura fina; que la zona esté seca (por lluvias escasas y/o mal distribuidas); temperaturas altas que contribuyan a la desecación del suelo además de vientos fuertes y frecuentes. Este tipo de erosión se presenta en el Sur de la zona en los Cerros el Varal y el Tahi, que pertenecen al municipio de Zimapán de Zavála, la cobertura vegetal es incipiente por lo cual es muy vulnerable a erosionarse, un ejemplo clásico de la erosión eólica se puede ver en los jales existentes en los alrededores de la ciudad de Zimapán. Cubre una superficie de 1,163 ha.

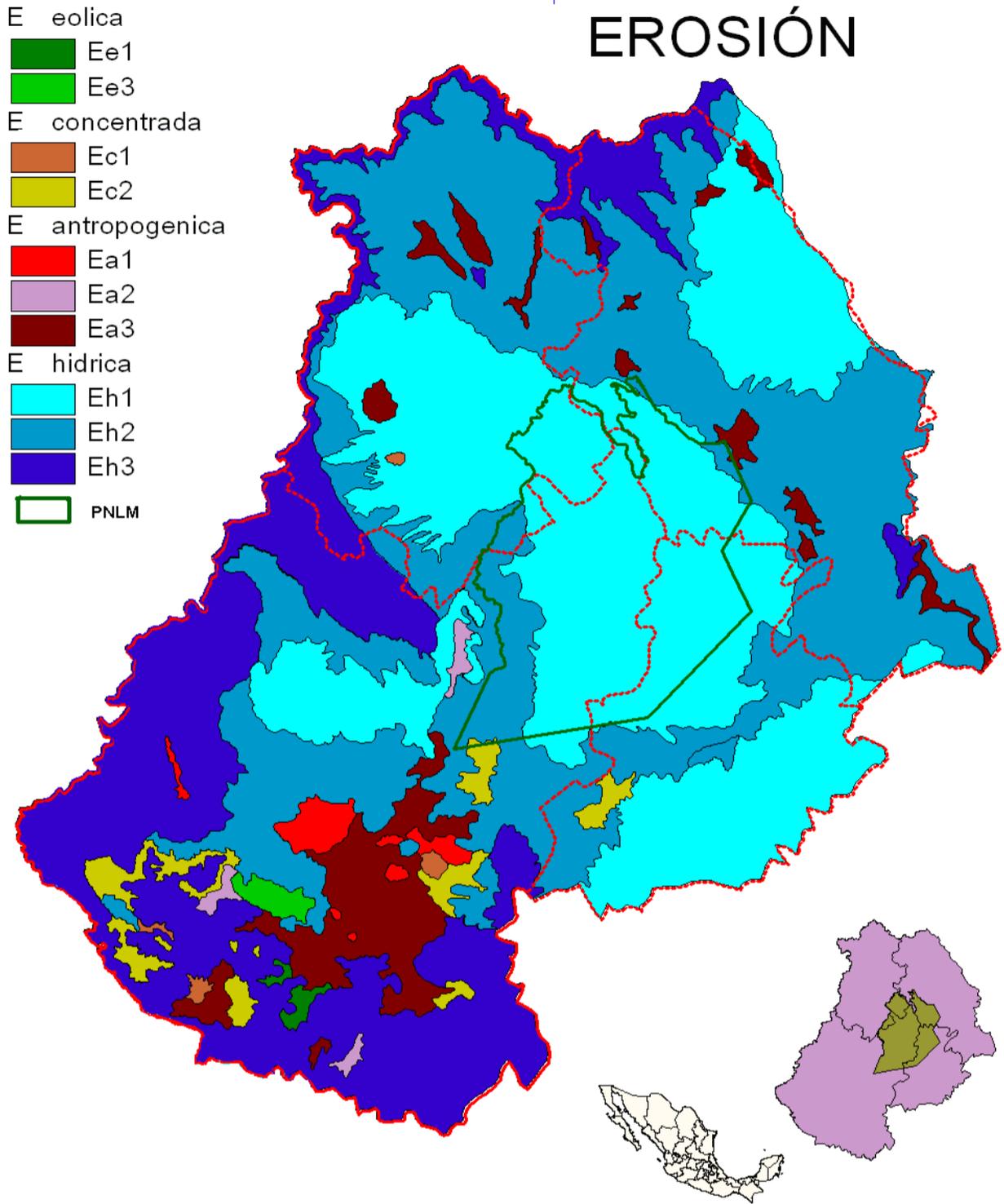


Figura IV.5. Carta temática en donde se muestran los diferentes tipos de erosión: hídrica, concentrada, antropogénica y eólica

Erosión Antropogénica. (Ea 1, Ea2 y Ea3). Corresponde a las acciones realizadas por el hombre que contribuyen al desprendimiento del suelo. Las modificaciones a la superficie de la tierra por influencia del hombre se inician desde que éste existe. Con estas obras se realiza una alteración del ambiente, se rompe un equilibrio y se modifican los procesos de la erosión. No

hace falta decir que este tipo de erosión causada por el hombre y de sus actividades económicas (minería metálica y agricultura) y casi toda se encuentra localizada en el Valle de Zimapán, ya que es el más grande de la zona de estudio.

Este tipo de erosión se presenta en los cuatro municipios principalmente en sus cabeceras, y a terrenos destinados para la agricultura de temporal, por ejemplo, en el valle de Pacula, en el valle de Jacala y en las localidades de mayor número de habitantes, en donde ya no se recupera la cosecha de hace 10 años por el exceso de agroquímicos que se usan. Este tipo de erosión cubre una superficie de 1,496 ha.

Erosión Hídrica Laminar. Se refiere al desprendimiento en capa de los materiales que conforman el suelo y se origina cuando el agua circula sobre la superficie de suelos arenosos y arcillas impermeables con vegetación seca, también se encuentran asociadas a cárcavas de suelos delgados y arcillosos donde se ha perdido la vegetación. Las áreas afectadas por este tipo de erosión y principalmente la hídrica severa, esta altamente correlacionada con las pendientes. Los contornos dibujados por la Eh3, son los mismos que las pendientes mayores a 45 grados en el área del río Moctezuma. Las Eh1 y Eh2 se reparten entre las pendientes de 5 a 45 grados en toda el área de estudio. La Eh1 tiende a ser localizada en las áreas de influencia de los ríos con bajo cauce como el Amajac.

Erosión Hídrica Laminar Ligera (Eh1). Este tipo de erosión se manifiesta, en los cuatro municipios de la zona, cubriendo aproximadamente el 85% del Parque Nacional Los Mármoles, en donde se presentan las rocas duras, como son las rocas ígneas y sedimentarias; los tipos de suelos que se presentan son. Phaeozem, Luvisol y Regosol, la vegetación corresponde principalmente a Bosque de Pino, Bosque de Encino, Bosque de Juníperos, y la cobertura vegetal que se presenta es mayor al 75%, este fenómeno se localiza en: La Barranca El Salto, Puerto Grande, Cerro Laguna Colorada y Mesa Andrade, del municipio de Jacala de Ledezma; Cerro Grande Mesa Chica, Mesa Grande, del municipio de Pacula; Barranca los Monos, Cerro Pardo, del municipio de Nicolás Flores y El Cerro San Antonio del municipio de Zimapán de Zavála. La superficie que cubre esta erosión es de 66,955 ha.

Erosión Hídrica Laminar Moderada (Eh2). Este tipo de erosión se presenta en los cuatro municipios en donde la capa de suelo es de espesores de 10 cm a 1 m y donde se presentan los tipos de rocas sedimentarias de estratos gruesos y masivos; los tipos de suelos que se presentan son. Phaeozem, Luvisol, la vegetación corresponde principalmente a Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Matorral Submontano, Matorral Crasicaule y Selva Baja Caducifolia, la cobertura vegetal que se presenta es menor al 75%, este tipo de erosión se ubica en: Las Barrancas Clara y Ojo de Agua y Cerro La Mina (Pacula); Los Cerros el Caballo, El Membrillar y Puerto el Mezquite (Jacala de Ledesma); La Sierra que cubre a la comunidad del Pijay (Nicolás Flores); Los Cerros Alto Mental y Guadalupe (Zimapán de Zavála). La Superficie es de 72,622 ha.

Erosión Hídrica Laminar Alta (Eh3). Este tipo de erosión se manifiesta sobre las rocas de caliza de estratos gruesos y masivos de la formación El Doctor, rocas calizas y lutitas de la formación Soyatal y rocas volcánicas ígneas intrusivas y extrusivas, se erosionan fácilmente debido a su baja compactación, los tipos de suelos que se presentan son: Phaeozem, Luvisol y Regosol, la vegetación corresponde principalmente a Bosque de Encino, Matorral Submontano, Matorral Crasicaule y Selva Baja Caducifolia y Pastizal inducido, la cobertura vegetal que se presenta es menor al 75%, este tipo de erosión se presenta en las laderas con pendientes mayores a 25°, es decir sobre la vega del río Moctezuma abarcando los municipios de: Pacula, Jacala de Ledesma, Zimapán de Zavála. La Superficie que cubre esta erosión es de aproximadamente 50,548 ha. Una observación interesante sobre este apartado, es que su distribución espacial esta altamente correlacionada con las pendientes mayores a 45 grados de inclinación.

IV.4 HIDROLOGÍA

IV.4.1 Disponibilidad

Si bien es cierto que existe una cantidad considerable de agua en el planeta, estimada en 1400 millones de km³, sólo 2.5% es agua dulce y la mayor parte de ésta se encuentra en forma de hielo o en depósitos subterráneos de difícil acceso. De esta manera, el agua disponible para las actividades humanas se reduce, en teoría y en el mejor de los casos, a 0.01% del total. Además, esta mínima porción de agua frecuentemente se localiza en lugares inaccesibles o esta contaminada, lo que dificulta su aprovechamiento (PNUMA, 2002).

La cantidad de agua disponible varía considerablemente de un país a otro y la población que se asienta geográficamente en cada uno de ellos no necesariamente corresponde con esta disponibilidad. Un indicador ampliamente utilizado en el mundo para detectar posibles problemas de agua es el que se refiere a la disponibilidad natural media *per cápita*. De acuerdo con este indicador los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), de la que México es miembro desde 1994, utilizan la siguiente clasificación descrita en las (Tabla IV.8 y IV.9), la CNA de igual forma adoptó la clasificación antes mencionada.

Tabla IV.8. Clasificación de la disponibilidad natural media de agua

Disponibilidad natural media de agua <i>per cápita</i> (m ³ /hab/año)	Clasificación
Menor a 1 000	Extremadamente baja
1 001 a 2 000	Muy Baja
2 001 a 5 000	Baja
5 001 a 10 000	Media
10 001 a 20 000	Alta
Más de 20 000	Muy Alta

Fuente: Estadísticas del Agua, CNA. 2004.

La Republica Mexicana comparte todas las categorías antes dadas y expuestas por la Tabla anterior; interpolando la clasificación con la Región Hidrológica Administrativa IX: Golfo Norte, donde se encuentra enclavada el área de estudio, se tiene que:

Tabla IV.9. Resumen de indicadores de disponibilidad Región Hidrológica Administrativa 2004-2006 (CONAGUA, 2006).

Indicadores	2004	2005	2006
Disponibilidad natural media total	23 347 hm ³	23 347 hm ³	23 286 hm ³
Disponibilidad natural media <i>per cápita</i>	4 685 m ³ /hab	4 666 m ³ /hab	4 804 m ³ /hab
Escorrimento natural medio superficial total	22 070 hm ³	22 070 hm ³	22 070 hm ³
Recarga media total de acuíferos	1 277 hm ³	1 277 hm ³	1 216 hm ³

Fuente: Estadísticas del Agua, CNA. 2004, 2005, 2006.

La presión sobre el recurso en México, es considerada MODERADA (pero aumentando), ya que ha variado desde un 16% en el 2004 a un 20% en el 2006; de la misma razón, se tiene un gran aporte de agua por medio del complejo Tula-Moctezuma-Pánuco; sin embargo dicho aporte es variable y susceptible a las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca del río Moctezuma. Sin embargo por condiciones de los acuíferos y de captación superficial a nivel de Región HA IX, se tiene una disponibilidad BAJA con 4 685 m³/hab/año (2004) a 4 804 m³/hab/año (2006).

Las regiones donde la disponibilidad es menor a 1 700 m³/hab/año se considera que presentan “estrés hídrico”, donde puede haber escasez con frecuencia, principalmente por las composiciones geológicas y la red de arrastre hidrológico, combinación que no permite la infiltración a pesar de las altas precipitaciones.

Como puede observarse en la figura IV.6, se ilustra el flujo de agua pluvial regido por la orografía. La precipitación anual promedio en el Estado es de 860 mm, equivalente a un volumen de 17,977.76 Mm³, su distribución espacial y temporal en el Estado es irregular, lo que ocasiona que el estado sea considerado árido en casi 80% de la superficie. La disponibilidad y el flujo son regidos por la cuenca del Río Moctezuma.

En el área de estudio la disponibilidad del recurso hídrico, es considerada MUY BAJA con 1 560 m³/hab/año para el año 2004 y aumento ligeramente a 1585 m³/hab/año para el 2006 (NOM-011-CNA-2000). Lo anterior impacta directamente en la construcción y abastecimiento del agua para consumo humano y actividades productivas, lo anterior significa que se debe tener mayor cuidado en las obras de captación y no comprometer los volúmenes extraídos para ampliar las superficies de riego (de subsistencia complementada con temporal) así como cualquier obra de ingeniería que requiera volúmenes considerables de agua. Sin embargo, la tecnificación para represas es factible para luego derivar flujos hacia la irrigación o cultivos de temporal.

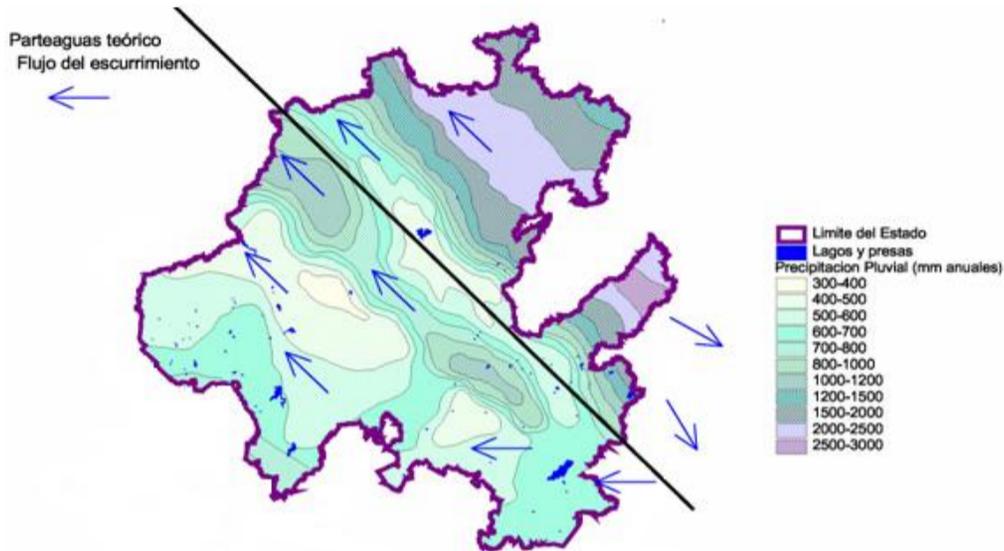


Figura IV.6. Parteaguas teórico del flujo de escurrimiento dado por la geohidrología conjugado con la precipitación pluvial anual. CONAGUA, 2004.

En la figura anterior, en la mayor parte del área, la recarga de los mantos acuíferos es poca, esto aunado a la escasa precipitación que registran las estaciones meteorológicas dentro del área.

Los factores que inciden en la baja disponibilidad se debe a:

I) **Tipos de suelo:** la capa vegetal es muy pobre y no retiene el agua que se precipita, al mismo tiempo que es erosionada y con ello el agua es arrastrada y no infiltrada. Tabla IV.10 (ver apartado de erosión). El flujo de escurrimiento pluvial hacia el área de estudio esta bien marcado y es considerable (con una precipitación en la parte de la Encarnación entre 1000 y 1200 mm), sin embargo el coeficiente de escurrimiento es de alrededor del 60%, según describe Prevert (1998). Se recomienda ver el anexo climatológico donde se segregó las precipitaciones máximas e históricas de 16 estaciones que impactan en la zona de estudio.

Tabla IV.10. Cuantificación de las influencias del bosque sobre la escorrenría, haciéndose comparación con los pastizales y los cultivos agrícolas.

Factores principales	Coeficientes de escorrenría superficial según textura de suelo				
	Uso del suelo	Pendiente (%)	Arenoso – limoso – Limoso - arcilloso	Limoso Limoso - arcilloso	Arcilloso
Bosque		0 - 5	0.10	0.30	0.40
		5 - 10	0.25	0.35	0.50
		10 - 30	0.30	0.40	0.60
		> 30	0.32	0.42	0.63
Pastizal		0 - 5	0.35	0.45	
		5 - 10	0.30	0.40	0.55
		10 - 30	0.35	0.45	0.65
		> 30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola		0 - 5	0.30	0.50	0.60
		5 - 10	0.40	0.66	0.70
		10 - 30	0.50	0.70	0.80
		> 30	0.53	0.74	0.84

II) **Geología:** Son pocos los estratos conformados por roca permeable y porosa como son las calizas en todas sus formas (ver apartado geológico en la etapa de Caracterización), sin embargo este factor solo se puede correlacionar si existe una cobertura forestal que derive las

corrientes y los arrastres. Los factores geológicos se pueden resumir en:

- **El tipo de material** (clase de rocas, capa alterada y tipo de cobertura).
- **Pendiente** (gradiente, forma y longitud de las laderas, así como de las cárcavas por erosión).
- **Condiciones hidrológicas** (infiltración, permeabilidad, profundidad del agua subterránea y cantidad de agua). Ver apartado de Hidrología superficial en Caracterización.
- **Procesos morfológicos** (erosión fluvial e hídrica y movimientos de laderas).
- Clasificación dentro de las Ecoregiones.

III) **Bancos de material:** la explotación de los bancos de material ocasiona una forma de erosión y evita la captación e infiltración de agua pluvial.

Considerando que el área de estudio está regido por las regiones hidrológicas IX y XIII (Golfo Norte y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala respectivamente), se considera que el promedio de precipitación media anual en la región es de 776 mm (CNA, 2005). Siendo los municipios de Nicolás Flores, el Parque Nacional y Jacala los más favorecidos por estas precipitaciones, esto debido a la cubierta forestal con que cuentan.

Como puede observarse, en el área de estudio solo se cuenta con dos ríos de caudal permanente que son el Río Moctezuma y el Río Amajac, los cuales bordean en su parte poniente y oriente la Región de estudio, respectivamente.

Para el caso del Río Moctezuma, es importante mencionar que la Presa Zimapán es un afluente del sistema de presas en la región de Tula (Presa Requena – Presa Endhó), la cual recibe aguas fuertemente contaminadas provenientes de la zona metropolitana de la ciudad de México a través del río Tula. Esta corriente al salir de la presa no recibe tratamiento alguno por parte de la CFE para poder ser utilizada para actividades agrícolas, entre otras, lo anterior es minimizado por la propia ingeniería de las presas, ya que tomando en cuenta el tiempo de residencia dentro de la presa, el espejo de agua expuesto al sol y la oxigenación realizada por las turbinas de la generación eléctrica ayuda a la minimización de la concentración de contaminantes.

Esta corriente disminuye su contaminación al recibir el afluente del río Extoraz aguas más abajo al poniente del Municipio de Pacula, sin embargo, no se observa ninguna comunidad cercana a su cauce en dicho municipio que pudiera utilizar este recurso, esto determinado por la orografía tan abrupta que prevalece en la zona.

Para el caso del Río Amajac, puede observarse que solo es limítrofe en una pequeña porción de los municipios de Jacala y Tlahuiltepa, este último se encuentra fuera del área de estudio. Dicha corriente, se encuentra menos contaminada dado que no existen aportaciones de aguas industriales aguas más arriba, sin embargo, el aprovechamiento de esta corriente de agua es solo utilizada entre las localidades de La Palma y Quetzalapa en las planicies que forma esta parte del Río, utilizándose solo actividades agrícolas y de silvicultura.

En resumen, el área de estudio no cuenta con cuerpos de agua superficiales que pudieran ser aprovechados por las localidades que se encuentran dentro de ella. Esto aunado a las frecuentes sequías que predomina la mayor parte del año, provoca un fenómeno que causa estragos en las actividades económicas, en especial la del sector primario, como la agricultura y la ganadería.

IV.4.2 Calidad del Recurso Hídrico

La calidad del agua en la República Mexicana es proporcionada por un índice que denota el grado de afectación del recurso, no hay que olvidar que en base a la calidad se da el uso del agua. México ha formulado un índice práctico llamado ICA (Índice de Calidad del Agua) para describir la calidad de sus aguas superficiales. El ICA puede variar de 0 (tóxica) a 100 (prístina o excelente calidad); incorpora hasta 18 variables y los resultados son obtenidos de una serie de una red de monitoreo en los principales ríos.

Para evaluar la calidad del agua, actualmente la CONAGUA está utilizando dos parámetros indicadores de la misma, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferente (Tablas IV.11 y IV.12).

Estos parámetros permiten reconocer gradientes de agua que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de aguas residuales municipales o no municipales.

Tabla IV.11. Escala de clasificación de la calidad de agua conforme a la DBO₅ (Cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para la descomposición de la materia orgánica presente en el agua)

DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Criterio	Descripción
Menor o igual a 3 mg/l	Excelente	No contaminada
Mayor a 3 mg/l y menor o igual a 6 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable
Mayor a 6 mg/l y menor o igual a 30 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con Capacidad de autodepuración o con descarga de aguas Residuales tratadas biológicamente.
Mayor a 30 mg/l y menor o igual a 120 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales Crudas principalmente de origen municipal
Mayor a 120 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de Aguas residuales crudas municipales o no municipales.

Tabla IV.12. Escala de clasificación de la calidad de agua conforme a la DQO (Mide la capacidad de consumo de oxígeno de la materia inorgánica en el agua)

DQO (Demanda Química de Oxígeno)	Criterio	Descripción
Menor o igual a 10 mg/l	Excelente	No contaminada
Mayor a 10 mg/l y menor o igual a 20 mg/l	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
Mayor a 20 mg/l y menor o igual a 40 mg/l	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con Capacidad de autodepuración o con descargas de aguas Residuales tratadas biológicamente
Mayor a 40 mg/l y menor o igual a 200 mg/l	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales Crudas, principalmente de origen municipal.
Mayor a 200 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas Contaminadas de aguas residuales crudas municipales y No municipales.

Fuente: Libro Estadísticas del Agua en México. 2005 para ambas Tablas.

Según estos parámetros, la calidad de agua se clasifica con las siguientes normas.

NOM-002-ECOL-1996 regula las descargas en alcantarillado

NOM-003-ECOL-1997 regula las aguas de reúso para el servicio público y

NOM-001-ECOL-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales.

En el Parque Nacional Los Mármoles y municipios conurbados, existen diversas fuentes de contaminación del agua principalmente por descargas de aguas residuales municipales e industriales, en Zimapán y Jacala.

Como se mencionó anteriormente, el área de estudio pertenece a la Región Hidrológica (IX) del Río Pánuco, que es una de las más contaminadas de la zona central de México, así como a la Cuenca del Río Moctezuma, que también esta muy degradada (SEMARNAT 1999).

Finalmente será necesario realizar un estudio del Índice de la Calidad del Agua que determine su utilidad dentro de la Zona de Estudio.

De dicha red de monitoreo, la cual depende de la CNA, en la Presa Hidroeléctrica de Zimapán existe un punto de monitoreo cuyo valor para el 2002 fue de un ICA de 52, en el 2003 fue de 54 y para el 2004 fue de 55. La calidad en general es restringida para muchas actividades humanas incluyendo el uso en la agricultura. La presa de Zimapán oxida los contaminantes vertidos por el río Tula y que no fueron atrapados por la Presa Requena y la Presa Endho, así como por los campos de lirios acuáticos. El arrastre de sedimentos lleva cantidades de metales

pesados y componentes orgánicos. Dichas sustancias se encuentran en el agua del río, en el agua intersticial y en el sedimento.

IV.4.3 Hidrología Subterránea

El suministro de agua para la zona de estudio, se basa principalmente en la explotación de los mantos acuíferos mediante pozos de perforación y artesianos, ya que no existe el reembalsamiento de agua por medio de presas, con excepción de la presa Zimapán. Es por ello que existe un fuerte desequilibrio entre la capacidad de recarga natural y la extracción continua de agua para satisfacer las demandas industriales, comerciales y urbanas.

La recarga de los diferentes mantos acuíferos se hace a través de la captación que recibe el Parque Nacional Los Mármoles y en general el área de estudio, de acuerdo a la precipitación promedio anual reportada por las diferentes estaciones meteorológicas en el área y zona circunvecinas.

El agua subterránea es utilizada para suministro de agua potable, como fuente para dar de beber a los animales, para suministro de agua para la industria y es la única fuente disponible en algunas regiones áridas. La extracción excesiva de agua subterránea esta provocando la disminución del recurso debido a la sobreexplotación que se observa dentro de los tres acuíferos que comparten la zona de estudio.

Solo para Zimapán se tiene un seguimiento de monitoreo de aguas subterráneas / superficiales, sin embargo dichos listados son incompletos para aplicar el algoritmo del ICA.

En el municipio de Zimapán también existe contaminación del agua por arsénico, esto debido a las vetas que en el subsuelo se encuentran y los mantos acuíferos atraviesan dichas vetas, por lo que algunos pozos se encuentran con alto grado de contaminación.

En julio del 2000, la CNA monitoreo las condiciones (indicadores) del agua potable extraída en pozos de Zimapán para determinar si existía evidencia de contaminación por arsénico; en la (Tabla IV.13), se presenta los promedios de las mediciones obtenidas.

Tabla IV.13. Indicadores para el episodio de hidroarsenismo en Zimapán, julio del 2000.

DE CAMPO			DE LABORATORIO					
pH (U. De pH)	Conductividad (usiemens/cm)	pH (U. De pH)	S.D.T. (mg/l)	Dur. Tot. (mg/l)	Dur. Ca. (mg/l)	Dur. Mg (mg/l)	Sodio (mg/l)	Cloruros (mg/l)
7.45	580.23	7.57	418.54	265.77	183.42	74.35	22.59	12.31

La norma **NOM-127-SSA1-1994**, establece que el contenido de Arsénico (As) del agua no debe superar las 0.05 mg/l, el Sodio (Na) 200.00 mg/l (contra 22.59 de la Tabla), los Cloruros 250.00 mg/l (contra 12.31 de la Tabla), el Manganeseo 0.15mg/l, Sólidos Disueltos Totales (SDT) 1000.00 mg/l (contra 418.54 de la Tabla), Dureza Total 500.00 mg/l y el pH entre 6.5 y 8.5. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) intenta fijar el contenido máximo de arsénico del agua potable en 0.01 mg/l, a manera de proteger a los consumidores de los efectos de la exposición al arsénico a largo plazo. Como se observa en la (Tabla IV-11) los límites permisibles de calidad del agua por la norma, no son rebasados dentro del área de estudio.

En general, todos los resultados de los análisis de agua que se hicieron en los pozos de Zimapán se encuentran dentro de los límites que indica dicha norma, sin embargo será necesario realizar un estudio a las fuentes de agua referente a fierro, plomo y zinc ya que estos elementos son un factor de riesgo, realizándose en específico en la localidad de La Encarnación, dentro del mismo municipio.

Asimismo, el SGM, determinó que la evidencia por arsénico se debía a fuentes naturales y no por producto de la industria minera como se pensaba. La migración del arsénico, propia del acuífero se estableció como permanente y cuyo tratamiento para consumo humano obligaba a hacerlo *ex situ*.

Con respecto al arsénico, éste excede los límites de la norma en algunos pozos analizados por el SGM:

- 2 pozos de Zimapán. 0.09 y 0.39 mg/l
- 1 Pozo en San Antonio 1.17 mg/l
- 1 Pozo del Colegio de Bachilleres 0.15 mg/l

Cabe mencionar que el aprovechamiento llamado San Antonio es particular y relativamente nuevo; se encuentra muy cerca de los jales de Santa María (San Miguel) y tiene registrado el

valor mas alto tanto en arsénico (1.17 mg/l) como en sulfatos (745 mg/l); los 2 pozos de Zimapán son de abastecimiento de agua potable para la población, y el del Colegio de Bachilleres se utiliza sólo para riego de jardines y para los sanitarios.

Los resultados, fueron comparados con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Los valores de arsénico registrados por la Comisión Nacional del Agua y los del Servicio Geológico Mexicano son similares, la única diferencia se da en el pozo "San Antonio".

Para los otros tres municipios, no se tienen estudios de los pozos, por lo que será necesario realizar estudios específicos que determinen el impacto hacia la población.

En estado natural, el arsénico se presenta generalmente como una sal. En el hábitat humano es frecuentemente un agente contaminante en las zonas mineras.

La actividad agrícola y la industria de la fundición también contribuyen a la liberación de arsénico al medio ambiente.

En lo que respecta a la calidad del agua subterránea en expresiones comparativas a lo dispuesto por la SEMARNAT, no existen elementos ni información para poder expresar el valor de los tres acuíferos que conforman la zona.

IV.4.4 Factores limitantes de uso y eficiencia de agua

El principal factor limitante del área de estudio es el contar solamente con dos cuerpos de agua permanentes, es decir, el Río Moctezuma y el Río Amajac. El primero presenta una fuerte contaminación y el principal problema limitante es el factor orográfico, ya que en todo el cause de este río la topografía es muy abrupta y no es posible la utilización de este recurso para agricultura u otros usos.

Otro factor limitante es que en gran parte del área de estudio, existen grandes sequías y la recarga de los acuíferos se ve disminuido día a día por las condiciones ambientales que afectan la disponibilidad de este recurso, es decir, por la creciente deforestación, erosión, ampliación de la frontera agrícola y el crecimiento de las manchas urbanas, principalmente hacia las cabeceras municipales.

IV.5 Aire

La calidad del aire en una zona determinada, además de ser afectada por factores climáticos y geográficos, tiene una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos localmente a la atmósfera. Por ello, un componente indispensable para el diseño y la aplicación de cualquier programa para controlar el problema de la contaminación del aire, es la información sobre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos y los volúmenes emitidos por cada uno de los sectores, intensidad y dirección del viento.

IV.5.1 Análisis del comportamiento del viento.

Para el análisis del viento se toman en cuenta sus características de velocidad y dirección principalmente. La velocidad nos proporciona la intensidad, la cual se pondera bajo los siguientes conceptos: ligero, moderado, intenso y fuerte; y para la dirección se toman en cuenta ocho puntos cardinales: Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste. No se consideran mayor apertura de puntos para la creación de la rosa ya que el sistema de monitoreo de los diferentes organismos solo llega a 8 direcciones, en comparación con otras regiones del país donde el mínimo utilizado es de 16 direcciones.

Para éste estudio se tomaron en cuenta los registros de cinco estaciones climáticas (Figura IV.7) (Xithá, Encarnación, Tasquillo, Santuario y Tixqui) ubicadas en diferentes puntos de la zona de estudio, y cuya localización se observa mejor en el diagrama siguiente:

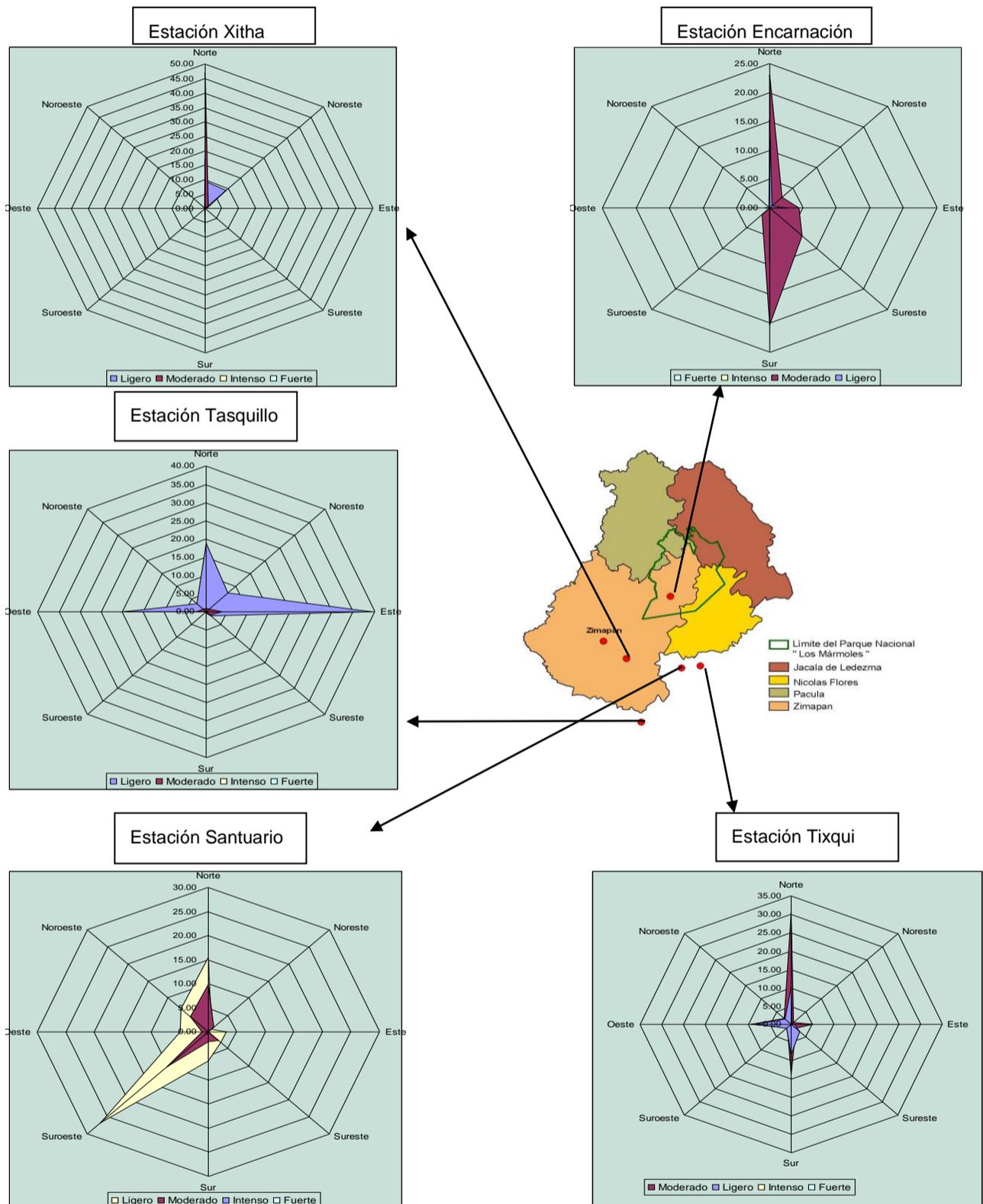


Figura IV.7. Modelación en rosa de los vientos de intensidad y dirección de los vientos, en una

Cada una de las estaciones arriba mencionadas obtuvieron diferentes datos los cuales están representados gráficamente en la “Rosa de los vientos”, y cuya interpretación se describe posteriormente; cada uno de los colores indica el grado de intensidad, y van dirigidos hacia el punto cardinal del cual proviene el viento.

IV.5.1.1 Estación climática Tasquillo:

Intensidad viento	Tabla IV.14. Dirección del viento estación Tasquillo							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	18.87	7.23	39.31	1.57	0.31	0.00	19.50	3.14
Moderado	0.94	0.94	3.77	1.26	0.00	0.00	2.20	0.94
Intenso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La totalidad de eventos para la estación Tasquillo comprende 318 promedios mensuales con una cuenta de más de 26 años. La Tabla IV.14, comprende la frecuencia de eventos dados en porcentaje y se puede deducir lo siguiente:

El viento en esta zona es normalmente ligero (89.9%) y en ocasiones moderado (10.1%). No hay registros de vientos intensos y/o fuertes. La mayoría de los vientos ligeros provienen del Este (39.31%) aunque también se tienen registros de vientos ligeros en dirección Oeste, Norte y Noreste, representando estos únicamente el 19.5%, 18.87% y 7.23% respectivamente. Los vientos moderados también provienen del Este y solo el 2.2% de las veces del Oeste.

IV.5.1.2 Estación climática Xitha:

Intensidad viento	Tabla IV.15. Dirección del viento estación Xitha							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	9.54	8.78	0.38	0.00	2.67	0.00	0.00	0.38
Moderado	46.95	1.15	0.38	0.00	8.40	0.00	0.00	0.00
Intenso	17.18	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	0.00
Fuerte	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La totalidad de eventos para la estación Xitha comprende 262 promedios mensuales con una cuenta de más de 21 años de observación. Aquí se observa que:

El Norte es la dirección de los vientos predominantes en esta estación, los cuales presentan una intensidad moderada, del 46.95% las más de las veces, le siguen los vientos intensos presentándose el 17.18% de las ocasiones, después, los vientos ligeros representan el 9.54% y por ultimo, los vientos fuertes representan únicamente el 2.29%. Los vientos que provienen del Noreste son principalmente ligeros (8.78%), en cambio, los vientos con dirección Sur son moderados (8.40%). Los vientos con dirección este se muestran entre ligeros y moderados con presentación mínima (0.38%). No hay registros de vientos provenientes del Sureste, Suroeste, ni Oeste.

IV.5.1.3 Estación climática El Santuario:

Intensidad viento	Tabla IV.16. Dirección del viento estación Santuario							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	15.49	0.70	3.17	3.17	5.99	26.76	4.93	6.69
Moderado	9.86	1.41	0.00	2.46	2.11	10.21	1.06	4.58
Intenso	0.35	0.00	0.00	0.00	0.35	0.70	0.00	0.00
Fuerte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

El número de eventos para la estación Santuario fue de 284 promedios mensuales que cubrió una cuenta de más de 23 años de observaciones climatológicas.

En esta estación se registraron vientos ligeros, moderados e intensos representando el 66.9%, 31.7% y 1.4% respectivamente. No existen registros de vientos fuertes. La dirección que predomina para los vientos ligeros es Suroeste con el 26.76%, le siguen los vientos provenientes del Norte, Noroeste y Sur, con el 15.49%, 9.69% y 5.99% respectivamente aunque se tienen registros de vientos provenientes de los demás puntos cardinales pero con valores poco representativos. Para los vientos moderados, se tiene que también la mayoría proviene del Suroeste con el 10.21%, le siguen los que vienen del Norte con 9.86% y los que tienen dirección Noroeste con el 4.58% del total, también hay registros de los demás puntos cardinales poco significativos. En cambio los vientos intensos registran tres direcciones únicamente, Suroeste con 0.70%, Sur con 0.35% y Norte con 0.35%.

IV.5.1.4 Estación climática Encarnación:

Intensidad viento	Tabla IV.17. Dirección del viento estación La Encarnación							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	15.35	0.47	2.56	0.00	9.07	0.00	0.70	0.23
Moderado	23.02	2.56	4.42	6.74	20.23	1.63	0.00	0.00
Intenso	10.47	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00
Fuerte	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Para la estación La Encarnación, ubicada casi en el centro del PNLM, se registraron 430 promedios mensuales que cubrieron más de 35 años de observaciones climatológicas.

Los datos obtenidos en esta estación nos indican que el 58.6% de los vientos es moderado, de los cuales el 23.02% tiene dirección Norte y el 20.23% dirección Sur. Los vientos ligeros representan el 28.37% y la mayoría proviene del Norte (15.35%), después le siguen los del Sur con el 9.07%. Los vientos intensos que representan el 11.63% del total de los eventos, se presentan únicamente en dirección Norte y Sur con el 10.47% y 1.16% respectivamente. Con respecto a los vientos fuertes, se tienen datos que indican que el 1.4% de los vientos ha tenido esta intensidad y todos ellos provenientes del Norte.

IV.5.1.5 Estación climática Tixqui:

Intensidad viento	Tabla IV.18. Dirección del viento estación Tixqui							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	10.16	0.39	0.78	2.73	8.20	1.56	8.20	1.95
Moderado	30.47	0.78	5.08	1.56	13.67	1.17	9.38	2.34
Intenso	0.39	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00
Fuerte	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Los registros climatológicos de la estación Tixqui comprendieron 256 promedios mensuales, lo anterior cubrió más de 21 años de observaciones.

De los 256 datos, el 33.98% corresponde a vientos ligeros, el 62.11% a vientos moderados y el resto a vientos intensos, solo se tiene un registro de viento fuerte con dirección Este. De los vientos moderados que son los que tienen mayor representatividad, se tiene que estos provienen de los ocho diferentes puntos cardinales, sin embargo, los mas representativos son:

los del Norte con el 30.47%, el 13.67% del Sur, el 9.38% del Oeste, el 5.08% del Este y el 2.34% del Noroeste. Los vientos ligeros siguen el mismo patrón de conducta en cuanto a la dirección que presentan (10.16% del Norte, 8.20% del Sur, 8.20% del Oeste, 1.95% del Noroeste y 0.78% del Este). En cambio, los vientos intensos se han presentado únicamente en dirección Sur y Norte, el 0.78% y 0.39% respectivamente.

IV.5.1.6 Estación Climática de Zimapán:

Intensidad viento	Tabla IV.19. Dirección del viento estación Zimapan							
	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
Ligero	10.05	0.41	0.81	3.04	5.44	2.14	5.02	2.16
Moderado	25.02	1.75	4.14	2.03	14.14	2.85	8.40	3.22
Intenso	0.40	0.22	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.02
Fuerte	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65

En esta estación únicamente se tienen registrados los vientos de los últimos 5 años por Protección Civil y en ellos se indica que los vientos ligeros corresponde al 29.07%, los vientos moderados al 61.55%, los vientos intensos al 0.99% y los vientos intensos al 1.1% del Este – Noroeste. En esta población es importante registrar todas las intensidades del viento, ya que como se observa en la Tabla IV.16-A, los hay en casi todas las direcciones y si se observa que las plantas de molienda de carbonatos están distribuidas en los alrededores de la población, la contaminación les llega por todas direcciones y casi todo el año.

Se puede concluir que la gran mayoría de los eventos ocurren del norte y son clasificados en vientos ligeros, solo y usualmente por condiciones particulares de la topografía del terreno se dan comportamientos que afectan la dirección e intensidad del viento. En el PNLM, (Barranca de San Vicente) rompe el viento conduciéndolo por pequeñas cañadas que lo dispersan al sur – sureste. La intensidad del viento, clasificada en general como ligero-moderado, no es un factor determinante en la erosión del área de estudio.

IV.5.2 Dispersión de contaminantes

Los gases y partículas contaminantes emitidas a la atmósfera por una chimenea (de una casa, industria o vehículo) se dispersan (es decir se alejan y diluyen) de la fuente emisora debido al arrastre del viento o el efecto de los movimientos verticales. Si el viento es fuerte, la dispersión se debe principalmente al arrastre del viento. Cuando los vientos son débiles, el efecto de los movimientos verticales adquiere mayor importancia en la dispersión de los contaminantes.

Las actividades de gestión de la calidad del aire, exigen la actualización del inventario de emisiones, tanto de la información básica que se requiere como de lo concerniente a los métodos de estimación de las emisiones contaminantes. La importancia de los inventarios de emisiones, como instrumento estratégico básico para la gestión de la calidad del aire, es ampliamente reconocida a nivel internacional.

Para el Estado de Hidalgo solo se tiene una red de monitoreo de la calidad del aire en el corredor industrial Tula – Tepeji, el cual también es validado por el CENICA-INE como organismos autorizados para aprobar los resultados dentro de la Red Nacional de Calidad del Aire y del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire. Para el resto del estado se ha calculado un inventario teórico de emisiones contaminantes y cuyos valores son expuestos en las Tablas IV.14, IV.15, IV.16, IV.17, IV.18 y IV.19.

Se aclara que como es un inventario teórico y esta basado en el parque vehicular, en los censos económicos (1999) y en los pocos registros estatales, solo se logro trabajar y compilar la información para el municipio de Zimapán y específicamente para la ciudad de Zimapán. Solamente el parque vehicular, debido al programa de pago de tenencia se obtuvo datos con valor para los cuatro municipios. Esto último debido a que por tarjetón de cada vehículo, se obtuvo modelo y año y con ello procesarlo para obtener el inventario teórico de emisiones vehiculares.

IV.5.2.1 Calidad del aire

La expresión "Calidad del aire" a diferencia de la "Calidad del agua" que se puede combinar en un Índice conformado por indicadores y que pueden ser combinables entre sí, la calidad del aire no se expresa como lo anteriormente dicho, si no que cada indicador es en sí el propio índice y se transforma por medio de un algoritmo matemático en "puntos de contaminación" derivado y apoyado en la norma. Es decir sólo existe por arriba de la Norma y por debajo de la Norma que rige esa calidad del aire. Tablas IV.20 a IV.23

Lo anterior expresa que no puede haber calidad de aire regular, bueno o malo ya que en si se toma como un sólo medio y no es cuantificable en volúmenes de calidad (De Nevers-Molina, 2002).

Tabla IV.20. Fuentes Puntuales

Subsector industrial	Emisiones (ton/año)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
3710 Industria Metalúrgica (incluye siderúrgica)	98.70	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Consejo Estatal de Ecología, 2005. Inventario de emisiones teórico 2000.

Las emisiones expuestas a la atmósfera sólo corresponden a la estimación del Sector 37 con el subsector 3710, desarrollado por la fundidora que se ubicaba en la ciudad de Zimapán, puesto que no existen registros de la cantidad de combustible consumido, ni la cantidad de material fabricado la estimación se baso en el tiempo de funcionamiento y la energía que pudo haber generado directamente como partículas de carbón menores a 10 micras. La planta dejo de operar en 1986.

Tabla IV.21. Fuentes puntuales de un solo municipio (Zimapán).

Tipo de Fuente	Emisiones (ton/año)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
Fuentes de área	40.36	2.37	270.15	40.76	572.10
Fuentes móviles	43.36	5.45	5,934.82	279.03	587.02
Fuentes puntuales	98.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	182.42	7.38	6,204.96	319.79	1,159.12

Fuente: Consejo Estatal de Ecología, 2005. Inventario de emisiones teórico 2000.

Tabla IV.22. Inventario de emisiones desagregado por sector

Sector	Emisiones (ton/año)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	HC
Fuentes puntuales	98.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria metalúrgica (incluye la siderúrgica)	98.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuentes móviles	43.36	5.45	5,934.82	279.03	587.02
Autos particulares	6.72	5.09	5,617.64	242.72	537.36
Taxis	0.25	0.19	64.70	6.30	7.84
Combis	0.20	0.15	200.80	9.13	19.10
Microbuses	0.01	0.01	13.53	0.59	1.23
Pickup	0.00	0.00	0.91	0.06	0.08
Camiones de carga de gasolina	0.00	0.00	4.56	0.32	0.42
Vehículo < 3 diesel	36.06	0.01	32.01	19.13	20.66
Vehículo > 3 diesel	0.11	0.01	0.47	0.65	0.22
Vehículos a Gas LP	0.01	N/A	0.20	0.11	0.11
Motocicletas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuentes de área	40.36	2.37	270.15	40.76	572.10
Consumo de Solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	287.40
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	9.73
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	8.16
Pintura transito	N/A	N/A	N/A	N/A	3.01
Fugas de Gas LP en uso domestico	N/A	N/A	N/A	N/A	74.32
HCNQ en la combustión	N/A	N/A	N/A	N/A	75.77
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.00
Tiraderos a cielo abierto	37.33	2.33	195.99	14.00	100.33
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46
Combustión habitacional	0.77	0.04	3.41	24.72	0.91
Incendios forestales	2.26	N/E	70.75	2.04	12.02
Total	182.42	7.83	6,204.96	319.71	1,159.12

N/A.- No aplica

N/E.- No estimado

N/S.- No significativo

Fuente: Consejo Estatal de Ecología, 2005. Inventario de emisiones teórico 2000.

Tabla IV.23. Diagrama de procesos para las emisiones por sector.

Categoría	Subcategoría	Modalidad
Fuente de área miscelánea	Incendios forestales	Por tipo de vegetación
Manejo y tratamiento de residuos	Rellenos sanitarios y vertederos	Municipales no peligrosos
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Fugas en Instalaciones	Industrial
	Hidrocarburos no quemados	Servicios Habitacional
		Industrial
	Servicios Habitacional	General
		General
		Estufas
		Calentadores

IV.5.2.2 Fuentes de área

La principal contaminación atmosférica se debe a la quema de la basura como forma de control, puesto que no es clasificada en residuos por su origen o material, se incluye en la combustión llantas, material con grasas y aceites, hidrocarburos y materiales con orgánicos. Le sigue en importancia los incendios forestales y en tercer lugar los que se agrupan bajo el uso de combustibles derivados del petróleo como gas L.P. queroseno, diáfano, asfalto y demás. El uso de solventes es por la venta de ferreterías, refaccionarias y talleres mecánicos. Es interesante observar que no se tengan estimaciones de las emisiones fugitivas de la venta de gasolina ya que el valor reportado es cero. Tabla IV.24

Tabla IV.24. Fuente de Área

Municipio	Emisiones (ton/año)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Jacala	21.353	1.191	170.838	14.589	159.383
Nicolás Flores	0.431	0.025	37.601	5.194	68.030
Pacula	1.649	0.102	8.597	2.903	45.453
Zimapán	17.004	1.057	88.910	20.632	317.598
Total	40.436	2.375	305.947	43.319	590.464

Fuente: Consejo Estatal de Ecología, 2005. Inventario de emisiones teórico

En lo que se refiere a las emisiones vehiculares, la principal causa son los vehículos de uso particular y el estado que guardan, la existencia de vehículos de modelos obsoletos tecnológicamente o desechados por bajo rendimiento y alta contaminación principalmente del DF y de los Estados Unidos por el fenómeno de la migración, ayuda a las altas concentraciones de contaminantes. Es segundo lugar se tienen a los vehículos de transporte de pasajeros o combis en las rutas de las cabeceras municipales a las poblaciones circunvecinas. Una variante de lo anterior son los taxis cuyo número es considerable tanto en Zimapán como en Jacala. Tabla IV.25

Tabla IV.25. Fuentes Móviles

Municipio	Emisiones (ton/año)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Zimapán	36.179	5.434	4,544.180	215.778	452.777
Pacula	2.527	0.00	391.307	18.652	39.211
Jacala	3.841	0.00	898.701	42.278	88.810
Nicolás Flores	0.641	0.00	200.129	9.198	19.763
Total	43.189	5.34	6,034.318	285.906	600.561

Fuente: Consejo Estatal de Ecología, 2005. Inventario de emisiones teórico 2000.

IV.6 Calidad de los Recursos Naturales

IV.6.1 Calidad Ecológica (FIGURA IV.8 y TABLA IV.26)

Se define como calidad ecológica a la ausencia de perturbación de un ecosistema determinado, espacialmente a una unidad ambiental. Un ecosistema en el cual el hombre no ha intervenido, es considerado como de alta calidad ecológica, tiene la inexistencia de procesos externos lo cual permiten mantener, dentro del sistema, una dinámica ya definida para sus ciclos naturales y el comportamiento de los elementos.

Los criterios que se toman para la realización del mapa de calidad ecológica se llevaron a cabo bajo la combinación de los temas realizados en caracterización como geología, erosión, relieve, pendiente, edafología, uso de suelo y vegetación (SEDUE, 1998).

En la (Tabla IV.26), se muestra la combinación de los criterios con cada parámetro proporcionándonos, cinco niveles de calidad los cuales son empleado para describir cada área.

Tabla IV.26. Niveles de calidad ecológica según diferentes parámetros (SGM, 2005)

Parámetro por importancia	Nivel de calidad				
	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
Vegetación	Bosques de encino, encino – pino, matorral crasicaule, matorral submontano, Matorral desértico Y	Todos los tipos de selva baja.	Bosque de pino, pino – encino, bosque de tascate, chaparral	Pastizal y pastizal inducido	Todos los tipos de agricultura y asentamientos humanos
Usos potenciales del suelo	Forestal sin combinación Y	y/o Forestal con combinación agrícola y/o	Forestal con combinación pecuaria y/o forestal en general y/o	Pecuaria y agrícola todos los tipos. y/o	y Asentamientos humanos e infraestructura Y
Erosión del suelo	Erosión ligera hídrica Y	Erosión media hídrica y/o	Erosión alta hídrica y/o	Erosión antropogénica Más erosión eólica y/o	La suma de todos los tipos de Erosión antropogénica Y
Hidrología superficial	Y abastecimiento por escorrentías, arroyos intermitentes y acumulación no permanente Y	Arroyos intermitentes menos evidentes pero existe acumulación No presenta	Con deterioro del suelo para acumular agua y se presentan arrastres intensos Puede presentar	Con deterioro del sistema de drenaje, contaminación ligera y	Con deterioro o con deterioro importante por contaminación y escasez y

Hidrología subterránea	Disponibilidad e infiltraciónes del 80 al 100%	Disponibilidad e infiltración del 25 al 75%	Disponibilidad comprometida	explotados	sobreexplotados
	Y	y FA ligeramente modificados en relación a la vegetación y relieve	y/o	y/o	y
Meteorología – climatología (Microclima) y vías de comunicación	Fenómenos atmosféricos (FA) con condiciones naturales y sin limitantes. <i>Menos del 10% de las vías de comunicación.</i>	Del 20 al 30 % de las vías de comunicación	FA Moderados y modificados por las coberturas antropogénicas (urbanas y agrícolas). <i>Del 40 al 50 % de las vías de comunicación</i>	FA cambiante y severos por nuevos usos de suelo y frontera agrícola. <i>Del 60 al 70 % de las vías de comunicación.</i>	FA Extremos por carencia total de coberturas. <i>Más del 80 % de las vías de comunicación.</i>

Un criterio importante para la estructuración y la determinación de los niveles de calidad ecológica fue la consideración del deterioro, ya sean leves o severas. Consideraciones leves son las que tienen pocas repercusiones en el sistema y se pueden controlar mediante técnicas sencillas y las consideraciones severas son las que afectan las condiciones del sistema y en ocasiones constituyen condiciones irreversibles como la agricultura, la presencia de erosión. Por lo tanto se determinan cinco niveles de calidad ecológica (Tabla IV.27). A continuación se describe los niveles de calidad ecológica y sus características.

Tabla IV.27. Indicadores de la calidad ecológica

Calidad ecológica	Características
Muy alta	El sistema ecológico de la unidad ambiental mantiene todos sus elementos y procesos. La perturbación humana es mínima, la degradación de los recursos de igual forma es mínima
Alta	Están presentes procesos como erosión ligera y formación de vegetación secundaria. En general el sistema mantiene sus elementos y sus relaciones ecológicas en una dinámica cercana a la original.
Media	En este caso, los procesos de perturbación han logrado ser absorbidos o reorientados por el mismo sistema ecológico, de tal manera de que a pesar de presentar diferentes niveles de perturbación, es posible generar procesos de restauración, tanto naturales como antrópicos.
Baja	La modificación de los procesos naturales pone en riesgo la permanencia de alguno de los elementos del sistema ecológico como el agua o el suelo. La restauración del sistema es posible con la aplicación de enormes cantidades de insumo. Algunos ejemplos de esta situación de erosión severa y la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
Muy baja	Para este nivel de calidad ecológica, han desaparecido algunos elementos del sistema y se presentan ciclos y procesos modificados. La restauración no es posible en términos de corto o mediano plazo. Ejemplos de esta situación son las zonas de erosión severa y contaminación de agua subterránea así como superficial en niveles que no es posible implementar procesos de restauración.

IV.6.2 Condición de la calidad ecológica en los cuatro municipios

(Figura IV.8)

Las zonas de calidad ecológica muy alta, son sitios que por su vegetación prístina, no perturbada, con los nichos ecológicos íntegros, que mantiene todos sus elementos y procesos, pueden ser de tipo xerófilo, como es la parte sur de Zimapán, hacia la tinaja, tasquillo, al suroeste rumbo a la presa de Zimapán, y por otro lado también se observa en el bosque de pino, bosque de pino-encino en el bosque de Juniperus fragmentos dentro del parque. Además esta calidad ecológica se da en la transición al bosque mesófilo de montaña en el lado de Querétaro. En el municipio de Jacala hacia la mansión también se presenta una muy alta calidad ecológica.

Las zonas de calidad ecológica alta, son sitios que por su inaccesibilidad no permiten perturbación antropogénica de manera constante, estas zonas corresponden a altitudes mayores a 2700 msnm en donde el tipo de vegetación más común son los bosques de pino, pino-encino. Cabe hacer mención que esto no constituye un obstáculo para talamontes clandestinos, quienes obtienen de estas circunstancias un parapeto para poder efectuar sus actividades ilícitas. Las zonas son dos principalmente, la casi totalidad del municipio de Jacala (entre José María Morelos y Lomas de Pilas) y el sur de los municipio de Zimapán; el primero por los bosques de pino y encino y el segundo por los matorrales xerófitos lo cual se puede apreciar en la carretera Federal que va Zimapán (Cabecera). Dentro del PNLM, son pocas las áreas que no están impactadas y que se conservan en esta categoría.

La calidad ecológica media corresponde en términos espaciales a las zonas de piedemonte, comunicadas a través de caminos de segunda o tercera clase pero, su accesibilidad no es buena. Estas zonas, generalmente tiene vegetación de bosque templado y representan una transición entre la topeforma de la sierra, cañadas y barrancas, de los sistemas de estas regiones se relaciona a aquellas en que la erosión hídrica es de baja a moderada, debido al buen nivel de cobertura vegetal que aun existe y en donde el pastoreo no es una actividad común debido a la accidentado de la topografía, sin embargo las condiciones también son aprovechadas por gente que está fuera de la ley, tal como se menciona anteriormente (presente en la mayoría de la superficie de estudio, sobre todo en el PNLM y en forma diseminada en las partes suroccidente de Zimapán, nororiente de Jacala, el sur de Nicolás Flores y en Pacula). Casi la totalidad del PNLM esta considerada en esta categoría, principalmente por la explotación del Mármol.

La calidad ecológica baja, generalmente está asociada a los límites con las zonas urbanas y poblaciones rurales paralelo también al beneficio agrícola de subsistencia, por lo que las actividades más importantes son: la agricultura y la ganadería (de subsistencia). Principalmente en áreas fisiográficas correspondientes a planicies, mesetas y valles. En ellas el nivel de erosión real y potencial es muy alto y existe un proceso constante de contaminación de los mantos acuíferos y de los cuerpos superficiales de agua como producto de las actividades que se desarrollan en sus cercanías (presente en la parte sur de Nicolás Flores y el occidente y centro de Zimapán).

La calidad ecológica muy baja corresponde a áreas en donde los elementos naturales han sido eliminados parcial o totalmente. Los procesos bioquímicos han sido modificados y ocasionan reacciones negativas en cadena que causan afectaciones dentro y fuera de sus límites. La condición de esta es irreversible y para restaurarla se requiere de una infraestructura muy costosa.

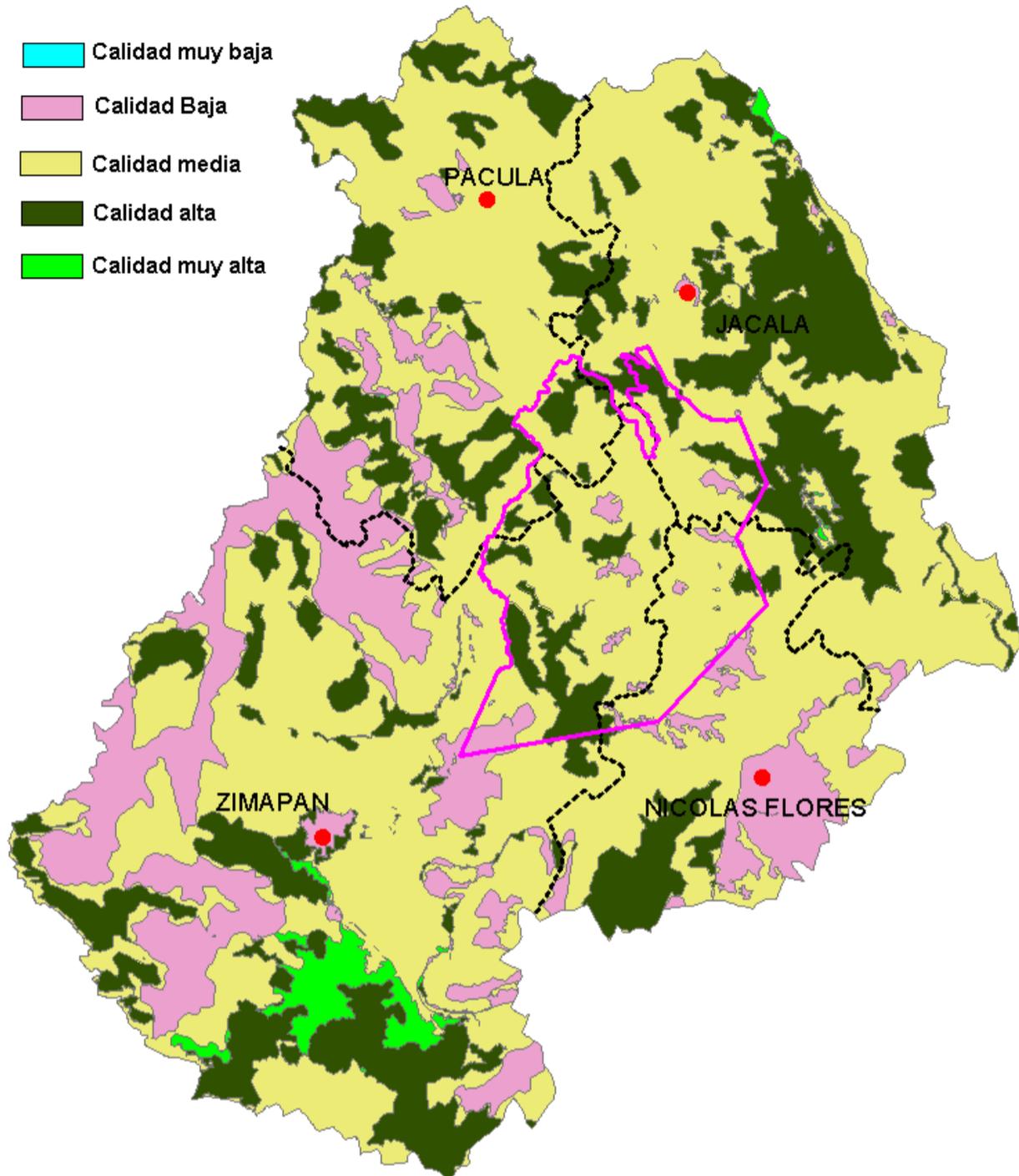


Figura IV.8. Mapa de calidad ecológica en la zona de estudio (SGM, 2007)

Esta última clasificación no existe en los cuatro municipios, de existir se podría decir que son zonas muertas ecológicamente muertas y donde el punto de resiliencia ha sido sobrepasado y sin retorno.

Esta última clasificación no existe en los cuatro municipios, de existir se podría decir que son zonas muertas ecológicamente muertas y donde el punto de resiliencia ha sido sobrepasado y sin retorno.

IV.6.3 Fragilidad Natural (Tabla IV.28)

La fragilidad es la susceptibilidad que tienen los ecosistemas naturales para enfrentar agentes externos de presión, tanto naturales como humanos, la fragilidad está definida en función de dos características básicas del ecosistema, su resistencia y su resiliencia. El primero se refiere a la capacidad del sistema ecológico a enfrentar procesos que impliquen modificaciones extremas en sus ciclos y por lo tanto en su funcionamiento, la resiliencia es la capacidad que el

sistema ecológico tiene para que, una vez modificados dichos ciclos, pueda paulatinamente readecuarlos hasta alcanzar un estado similar al inicial.

De esta manera existen ecosistemas a los cuales, un pequeño cambio natural e inducido produce grandes alteraciones que pueden llegar a ser irreversibles, mientras que en otros casos el ecosistema puede soportar grandes cambios sin verse alterado en su conjunto de manera significativa, o puede regenerarse a la condición inicial en un periodo reducido de tiempo.

Se obtuvo la siguiente Tabla de fragilidad utilizando cuatro parámetros principales

1. Uso de suelo y vegetación
2. Relieve
3. Pendiente
4. Edafología

Y cuatro parámetros secundarios

5. Erosión
6. Geología
7. Estructura y capacidad de regeneración de la vegetación
8. Susceptibilidad de cambio de suelos.

La condición de la vegetación esta referida a la capacidad de recolonización, en tiempo y espacio de las especies más representativas, el tema desarrollado y la metodología que lo acompaña fueron tomados del Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio (SEDUE 1998).

Se establecen niveles de fragilidad: muy alta, alta, media, baja, muy baja, de acuerdo con la convergencia de los parámetros y los criterios para la determinación de la fragilidad.

Tabla IV.28. Elementos básicos para llegar a esta clasificación son (SGM, 2006)

Parámetro por importancia	Fragilidad			
	Muy alta	Alta	Media	Baja
Vegetación	Bosques de encino, encino – pino, matorral crasicaule, matorral submontano, Matorral desértico Y	Todos los tipos de selva baja. y/o Lomas disectadas	Bosque de pino, pino – encino, bosque de tascate, chaparral y/o	Pastizal y pastizal inducido y/o
Relieve	Barrancas Montañas Cañadas Y	Relieve cársico Estructural Serranía cársica Serranía Cársico en disolución o	Serranías volcánicas Cuestas o	Lomerío suave Meseta Pie de monte Valle y
Pendiente	Muy fuertemente inclinadas y abruptas (30 - >45) Y	Fuertemente inclinadas (20 – 30) y/o	Medianamente inclinadas (15 – 20) y/o	Ligeramente a medianamente inclinadas (5 - 15)
Suelos	Regosol eútrico, regosol calcárico, Leptosol lítico Y	Luvisol crómico, Leptosol rédnzico Luvisol vértico	Phaeozems, háplico, calcárico, Lúvico	Phaeozems calcáricos, son fértiles y con buen drenaje
Susceptibilidad a los incendios	Baja probabilidad de incendios con baja recuperabilidad <i>Rara vez se quema y su recuperación es difícil</i>	Alta probabilidad de incendio con baja recuperabilidad <i>Se quema frecuentemente y su recuperación es difícil</i>	Alta probabilidad de incendios con alta recuperabilidad <i>Se quema frecuentemente y se recupera rápidamente</i>	Baja probabilidad de incendios con alta recuperabilidad <i>rara vez se quema y si se quema se recupera fácilmente</i>

Elaboración adaptada por el SGM de acuerdo a (SEDESOL, 1993, SEDUE 1998)

IV.6.3.1 Condición de Fragilidad ecológica en los cuatro municipios (Figura IV.9)

Fragilidad muy alta, incluye ecosistemas que por sus características de hábitat, estructura y composición florística pueden ser fácilmente alteradas, y cuya regeneración es irreversible. Se incluye en esta categoría Bosque de pino, Bosque de encino, Matorral crassicaule, Bosque pino-encino, Bosque táscate, Chaparral, Selva baja caducifolia y Matorral submontano. El área de estudio presenta esta fragilidad en un 80%, sobre todo en los municipios de Pacula, Jacala y parte norte de Zimapán. En el Parque Nacional de los Mármoles toda la ladera occidental y norte presenta este tipo de fragilidad. Casi la totalidad de esta fragilidad se correlaciona con inclinaciones mayores a 45 grados.

En la **fragilidad alta**, se incluye vegetación que es fácilmente alterada, pero donde la regeneración natural puede darse en periodos cortos de tiempo, se incluye en esta categoría bosques de pino encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea. Se observa en un 20% de la superficie, principalmente en los municipios de Nicolás Flores y Jacala. En el PNLM dicha fragilidad se presenta en toda la parte suroriental. Y en el Municipio de Zimapán se observa en la parte que corresponde al parque y con el límite del municipio de Nicolás flores. Esta fragilidad esta dada principalmente por el relieve y el suelo.

Fragilidad media, la vegetación presenta características que la hacen resistente a cambios, incluye en esta categoría al, Matorral desértico rosetófilo y Matorral crassicaule. En función del hábitat pueden quedar incluidos algunos pastizales. En la zona de estudio se concentra en la parte noreste del municipio de Jacala y en casi el 65% del municipio de Zimapán. La parte central del PNLM presenta este tipo de fragilidad.

Fragilidad baja, esta categoría de vegetación posee gran resistencia a cambios. Presenta una baja diversidad de especies y una alta capacidad de regeneración. Incluye a los pastizales. En un porcentaje del 35% el municipio de Zimapán, en su parte nororiental presenta este tipo de fragilidad. En el PNLM dicha fragilidad se muestra en la parte suroccidental.

Fragilidad muy baja, se presenta principalmente en el valle de Zimapán, en donde la apertura de su cuenca y combinado con la erosión causada por el viento provoca una zona también de baja fragilidad. Otra zona al norte de es el arroyo del río seco y su incorporación a la margen del río Moctezuma. Dentro del PNLM, la explotación del mármol en el área del cerro cangandho y de las Milpas ha provocado áreas de baja fragilidad, así como el acceso al municipio de Pacula. Una zona que se pudiera extender en reducir la fragilidad es el acceso al municipio de Tlahuiltepa.

Las condiciones que determinan la fragilidad se limitan en un primer momento a la vegetación original, ya que los tipos de vegetación más importantes en el área de estudio son los que coincidentemente presentan fragilidades altas o muy altas. Es por ello que los pastizales representan una fragilidad media o baja. El área de estudio presenta condiciones de alta fragilidad con media o baja calidad.

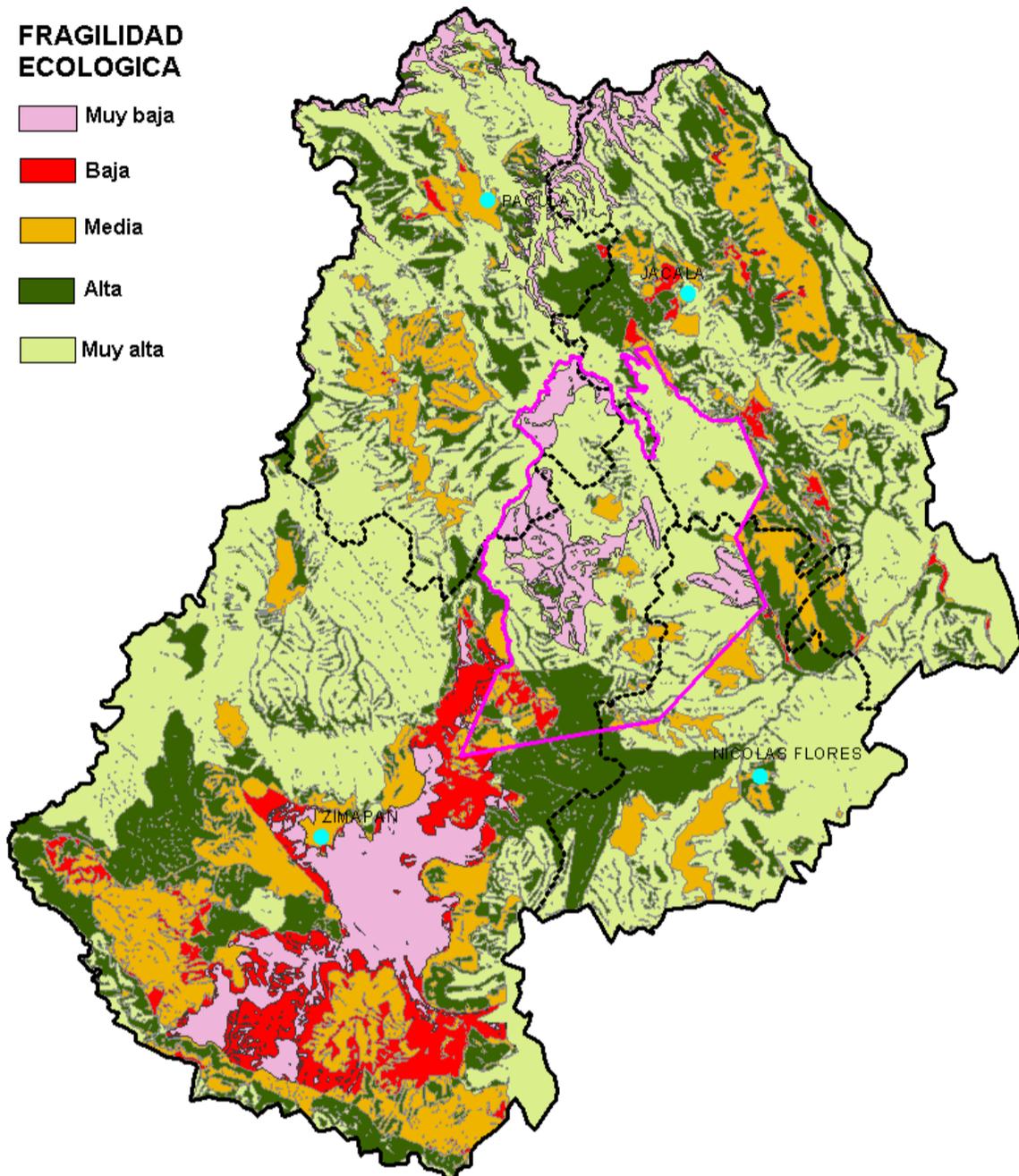


Figura IV.9. Mapa de Fragilidad Ecológica (SGM, 2007)

IV.7 Aspectos Bióticos

IV.7.1 Pérdida de la Biodiversidad

Uno de los problemas ecológicos globales más serios es la pérdida de la biodiversidad. Año con año, miles, tal vez cientos de miles de plantas y animales desaparecen de la faz de la tierra, como consecuencia de las actividades antropogénicas. Por lo tanto es el único impacto irreversible, debido a que, cuando una especie se extingue no hay absolutamente nada que podamos hacer para recuperarla, ya que la biodiversidad se define como variabilidad de genes, especies, y ecosistemas presentes en un espacio determinado. (Challenger, 1998)

La destrucción del hábitat y la explotación irracional se encuentran entre los factores más

severos de la extinción de especies. En México el problema de la extinción es muy grave, por lo menos 52 especies de vertebrados, que incluye al oso gris, al lobo, a la foca monje y al Cóndor de California, se han extinguido en los últimos 50 años.

El hombre a acelerado el proceso de extinción de especies de varias maneras: la caza furtiva, la sobre pesca, la tala de montes, la contaminación ambiental, la modificación al ecosistema, el tráfico ilegal y el uso indiscriminado de sus pieles, han hecho que estas especies desaparezcan. (WWF, México, 2004)

Para llevar a cabo el estudio de la pérdida de la biodiversidad en el PNLM y en los 4 municipios aledaños se realizaron las actividades descritas a continuación:

1- Obtención de datos georeferenciados sobre la colecta de especies de flora y fauna. La información fue proporcionada por la Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad, base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIBM-CONABIO). En el caso de la flora los grupos analizados fueron Bryophyta, Pteridophyta y Angiospermas y Gimnospermas. Mientras que para la fauna los grupos utilizados fueron Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia. Las unidades taxonómicas cartografiadas fueron especie.

2- De la Carta temática de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI 2000). Se utilizaron los polígonos de unidades básicas para el despliegue de la información georeferenciada. Se empleó únicamente la información referente a comunidades vegetales primarias y secundarias.

3. Se utilizó la información del OET del P. H. Zimapán, de donde se adicionaron los listados de especies (CFE, 1997) para el municipio de Zimapán, (marcados con asterisco (*)).

4. En el área de estudio se sobreponen tres superficies de conservación; “Parque Nacional de los Mármoles”, “Sierra Gorda” (área prioritaria), área de conservación, aun no decretada pero propuesta como una ANP por el gobierno del estado de Hidalgo.) y “El Pinalito” (además de la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera “Barranca de Mezquitlán”, por parte del estado de Hidalgo y de la” Reserva de la Biosfera de Sierra Gorda” por parte del estado de Querétaro. Ambas proporcionan protección y funcionan como corredores de la fauna de la región.

La pérdida de la biodiversidad avanza considerablemente. De las 408 especies de fauna, el 15 % se encuentra en alguna categoría de la NOM-059-ECOL-SEMARNAT-2001, (Tabla IV.25). Existen 63 especies que están sujetas a protección especial, lo que representa un 9.3%.; amenazadas 4.4%, en peligro de extinción 0.73% y 0.98% probablemente extinta en el medio silvestre, del total de la fauna presente en la región. Ver Figura IV.10.

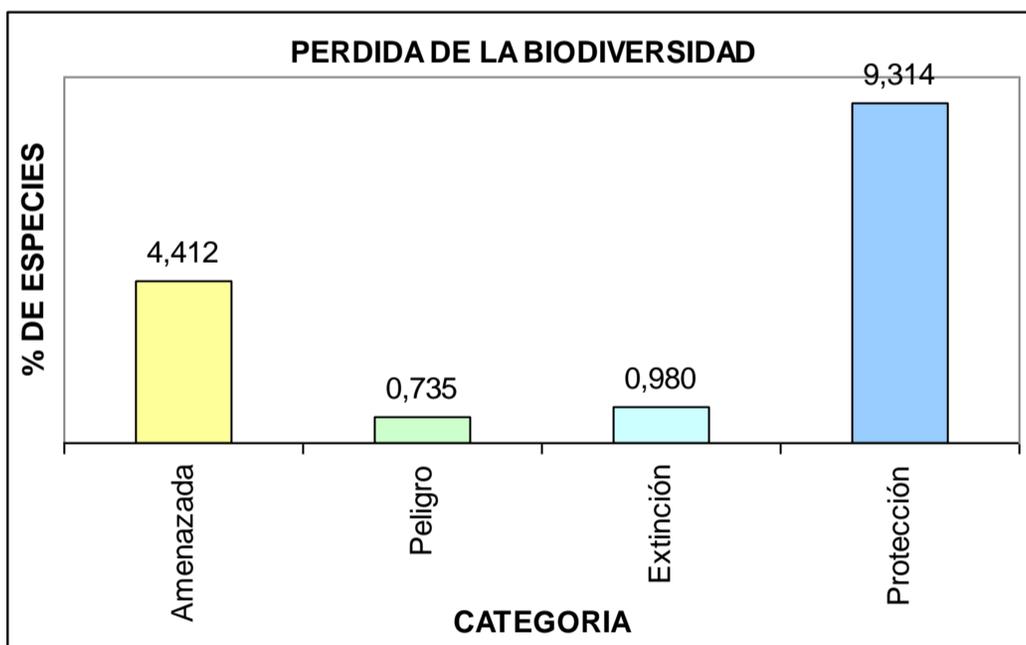


Figura IV.10. Porcentajes de especies presentes en la NOM-059

Dentro de los reptiles *lepidophyma gaigeae* (lagartija) es una especie endémica bien representada y esta sujeta a protección especial, *Pituophis deppei* (culebra sorda mexicana). De estas ultimas las especies de aves son *Pipilo erythrophthalmus* (toquin pinto), *Regulus calendula* (reyezuelo), (Tabla IV.29).

Tabla IV.29. Número de especies encontradas en alguna categoría de riesgo según NOM-059 - SEMARNAT-2001 dentro del área de estudio regional

Grupo	Amenazadas	Especies			Suma Total de las categorías
		En Peligro de Extinción	Probablemente Extinta en Medio Silvestre	Sujeta a Protección Especial	
Mamíferos	9	1	-	6	16
Aves	6	2	4	16	28
Reptiles	2	-	-	11	13
Anfibios	1	-	-	3	4
Agrupación total de especies	18	3	4	36	61

De lo anterior se tiene que, de las especies presentes, el 11.27% corresponden a las especies endémicas y el 4.4% corresponde a las especies no endémicas.

Parte del estudio fue corroborar la existencia del puma y del oso americano los cuales, a pesar de la evidencia en sus rastros (huellas, excremento, marcas en árboles, etc), durante los recorridos de campo no fue visible su presencia. Sin embargo han mencionado la existencia en la reserva de la biosfera Sierra gorda, (Universidad Autónoma de Querétaro, 2004).

IV.7.2 Índice de Riqueza de Especies de la NOM-059-SEMARNAT-2001

El conocimiento de la riqueza biológica de un sitio es fundamental para determinar su valor e importancia en la conservación de la biodiversidad, de manera tal que el reconocimiento de lugares de gran importancia nos ayudan a delimitar áreas de importancia biológica que deben ser mantenidas lo más natural posibles.

El cálculo del indicador se plantea de la siguiente manera:

$$RPE_{NOM} = \left(\sum_{i=1}^n Y_i/n \right) \times 100$$

Donde

- Y_i: es la i-especie de la NOM
- n: es el numero total de especies.

Predominan en el área de estudio los bosques de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de *juniperus* y matorrales, en donde la biodiversidad llega a ser mayor en condiciones no perturbadas. A escala municipal de las especies cotidianas y dominantes en este tipo de ecosistemas la pérdida de la biodiversidad ha llegado a un 20.82 % aproximadamente.

Para el área de estudio que comprende los cuatro Municipios se tienen 909 registros de flora y 408 de fauna, de los cuales se considera que el 20 % esta en riesgo. (Tabla IV.30).

Tabla IV-30. No de especies de flora y fauna que están en categoría de riesgo dentro del área de estudio.

Especies	Amenazadas	Peligro	Extinción	Protección	Endémicas	No endémicas
----------	------------	---------	-----------	------------	-----------	--------------

	-	-	-	-	-	-
ios	1	-	-	3	3	1
les	2	-	-	11	8	5
	6	1	4	16	23	7
feros	9	2	-	6	11	5
a	18	3	4	38	46	18
de	4.41	0.74	0.98	9.31	11.27	4.41
encia						
tas	0	0	0	0	0	0
ofitas	0	0	0	0	0	0
ospermas	5	4	0	8	6	11
ospermas	1	0	0	2	3	0
de	6	4	0	10	9	11
encia	0.66	0.44	0	1.10	0.99	1.21

La Tabla anterior nos expone que solo 127 especies de fauna, que representan el 31.12% del total de especies, es decir de las 408 existentes y con registro válido ante la CONABIO. Para el caso de la flora, solo 40 especies, que representan el 4.4% del total de especies, es decir, de 909 existentes, e igualmente con registro válido ante la CONABIO. De lo anterior desprendemos que se ha profundizado mayormente en la fauna que en recorridos de campo para flora, se puede afirmar que lo anterior también se refleja en un desconocimiento en la biodiversidad en general. Cabe resaltar que el hecho de que del total de especies, tanto de flora y fauna no clasifiquen en alguna categoría de la NOM-059, indica lo conservado de los ecosistemas y se correlaciona con los altos valores de la fragilidad, anteriormente dichos.

Debido al deterioro ecológico de los diferentes ecosistemas por diversas actividades antropogénicas, la ampliación de la frontera agropecuaria y contaminación de cuerpos del agua y suelo está avanzando. Esto significa que considerando la existencia de solo un 25.11 % de extensión boscosa, en toda el área de estudio y tomando en cuenta el gradiente de deterioro mostrado en las matrices, los municipios corren el riesgo de quedarse sin vegetación original y de importancia ecológica en los próximos 10 a 15 años y ser sustituida por vegetación secundaria e inducida. Los listados se encuentran en el anexo de diagnóstico.

El presente apartado esta realizado con la información georeferenciada y proporcionado por la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIBM-CONABIO) para el área de estudio, con los registros históricos y proyectos patrocinados por la misma CONABIO. Los datos georeferenciados están cartografiados en el mapa de fauna (que también incluye flora) dentro del SIG de caracterización y se pide para mayor comprensión consultar el mapa y la base de datos adjunto.

IV.7.3 Cambio de Uso de Suelo y Vegetación

El incremento poblacional en la región, tiene como consecuencia la necesidad de requerir de suministros básicos, para una mejor calidad de vida, por tal motivo se ejerce una presión sobre los recursos naturales. Por lo cual es necesario cuantificar los recursos forestales y del suelo, para llevar a cabo programas de restauración y conservación de estos, por ser considerados de seguridad nacional.

Por la diversidad de enfoques, objetivos e insumos, para cartografiar el cambio y uso de suelo las comparaciones se dificultan. Esta actividad comparativa, sin embargo, es imprescindible para múltiples fines, entre los que destacan el análisis del cambio del uso de suelo y la priorización de políticas de manejo, conservación y restauración de recursos naturales.

El material cartográficos para el análisis de la cobertura vegetal y uso de suelo provienen del Inventario Nacional Forestal, de los años 1994 y del 2000. El análisis de la información vegetal se hizo a nivel de formación siendo este, el nivel jerárquico más alto según la propuesta de clasificación de la vegetación del Inventario Nacional Forestal. IG-SEMARNAT (2000).

A continuación se presentan los diferentes tipos de vegetación, uso de suelo y comunidades que incluyen los subsecuentes niveles de organización jerárquica para el área de estudio (Tablas IV-31 y IV-32). El histograma de frecuencia de las categorías empleadas en la cartografía para en año 1994 (Figura IV.11), para el año 2000 (Figura IV.12), y el cambio del 1994 al 2000 (Figura IV.13).

La Tasa de cambio de la vegetación y uso del suelo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$C = ((T2/T1)^{1/n}) - 1$$

Donde:

C = Tasa de cambio

T1 = Año de inicio (con el que se quiere comparar)

T2 = Año actual o más reciente

n = Número de años entre T1 y T2.

Tabla IV.31. Leyenda jerárquica de vegetación y uso de suelo.

Formación	Tipo de vegetación Y uso de suelo	Agrupación de las Comunidad y otras coberturas
I Cultivos	Agricultura (riego y humedad)	Agricultura de riego (incluye riego eventual)
		Agricultura de humedad
		Riego suspendido
	Pastizal cultivado	
	Agricultura (de temporal)	Agricultura de temporal
II Bosques	Coníferas	Bosque de pino
		Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)
	Latifoliadas	Bosque de encino
	Mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña
III Selvas	Perennifolia y Subperennifolia	Selva baja caducifolia
IV Matorral	Matorral xerófilo	Mezquital (incluye huizachal)
		Matorral crasicaule
		Matorral rosetófilo
		Matorral submontano
V Pastizal	Pastizal	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)
		Pastizal inducido
VII Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación	Área sin vegetación aparente
		Chaparral
VIII Otras coberturas	Asentamiento humano	Asentamiento humano
	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua

Tabla IV.32. Cambio en el uso de suelo en el área de estudio para el periodo de 1994-2000 y 2000 - 2005

Tipo de vegetación	T1 (1994)	T1 ó T2 (2000)	T2 (2005)	6 años	5 años
				1994-2000	2000-2005
				%	%
Bosque mesófilo de montaña	54.05	54.70	--	0.20	0.00
bosque de pino	14,358.03	8,190.14	9,143	-9.10	2.23
bosque de pino-encino	13,689.71	27,460.68	31,160	12.56	2.56
bosque de encino	37,309.36	39,372.73	50,129	0.92	4.95
bosque de juníperos	16,587.21	13,772.27	14,203	-3.11	0.62
matorral submontano	29,177.05	19,939.20	26,549	-6.27	5.89
selva baja caducifolia	1,141.91	3,332.72	3,102	19.97	-1.42
Pastizal	3,476.04	10,634.53	15,676	20.94	8.07
matorral xerófito	36,161.50	24,574.83	25,503	-6.36	0.74
Agricultura	43,990.67	42,717.96	20,034	-0.50	-14.05
Total	195,946	190,050	195,499		

La cobertura de las áreas destinadas a la agricultura cubren una extensión (21.85 %) que representa de 42,717 ha. Estas áreas de cultivo son de temporal, pocas son de riego y

corresponden al municipio de Zimapán (sobre el arroyo Chepinque). El bosque de encino ocupa un 20.14 % con una extensión de 39,372 ha.

El bosque de pino cuenta con una superficie de 8, 190 ha y representa el 4.19 % el bosque de pino-encino 14.05 % y en superficie 27,460 ha, el bosque de juníperus o bosque táscate tiene un 7.05% en superficie 13,772 ha; El matorral submontano 10.20% y una superficie de 19,939 Selva baja caducifolia 1.7% 3,332, el matorral xerófilo 24,574 ha lo que corresponde a 12.5%, Pastizal 5.4 % cuya superficie es de 10.63ha,

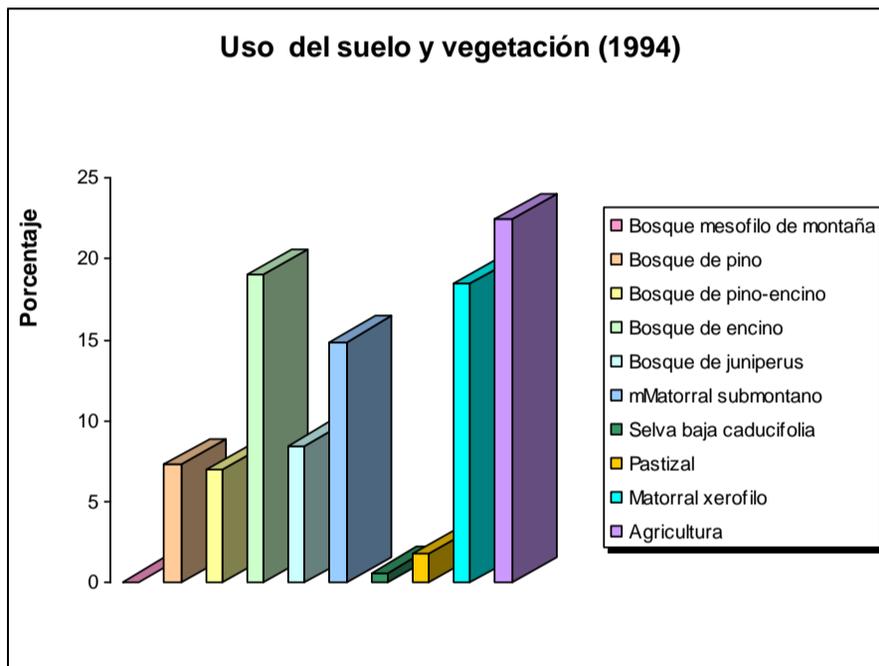


Figura IV.11. Histograma de frecuencias del año 1994 para los tipos de vegetación y uso de suelo en el área de estudio

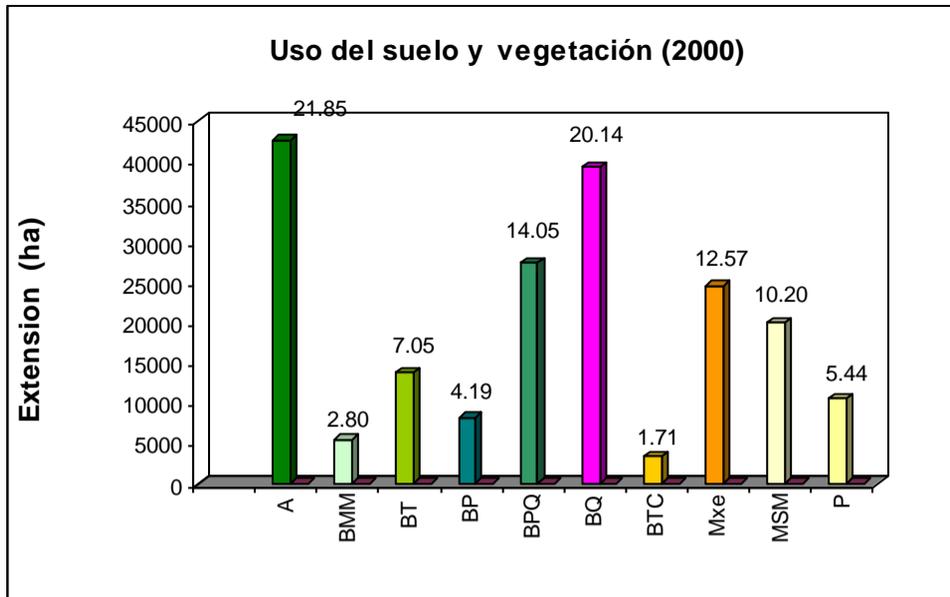


Figura IV.12. Histograma de frecuencias del año 2000 para los tipos de vegetación y uso de suelo en el área de estudio.

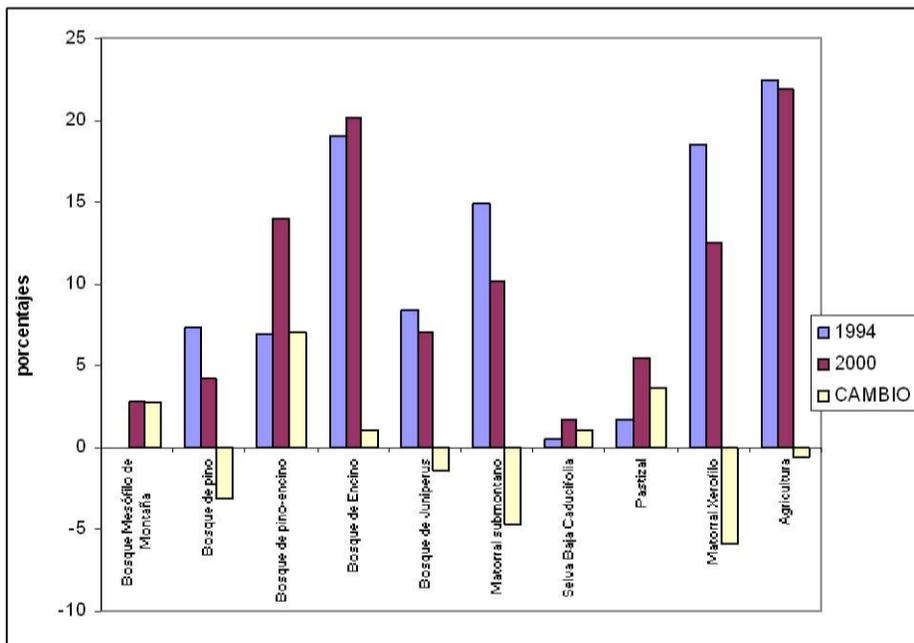


Figura IV.13. Cambio en el uso de suelo y vegetación 1994-2000

Bosque mesófilo de montaña representa 2.80 % cubre una área de 54.70 ha. La agricultura es la que tiene dominancia y sigue ganando terrenos, se observa un cambio negativo y el bosque de encino indica lo contrario ha crecido y el cambio es favorable, lo que indica que hay plántulas regenerando el bosque. Y lo que se tiene del Bosque mesófilo de montaña aun se conserva y no ha habido cambios. (Figuras IV.14, 15 y 16) y en el mapa 2005 no se observa el bosque mesófilo de montaña, durante los recorridos al campo y muestreos no se encontró ningún fragmento, como se muestra en el mapa del 1994 y 2000.

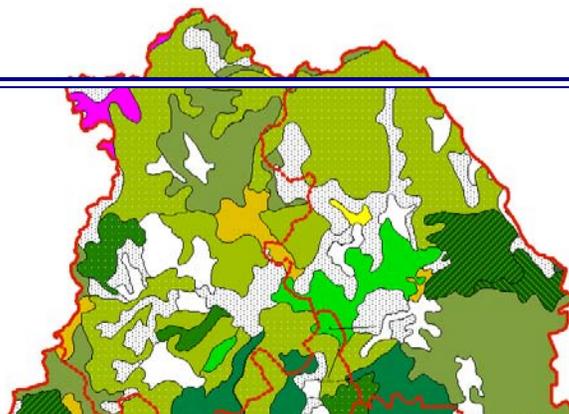


Figura IV.14.- Mapa de uso de suelo y vegetación 1994

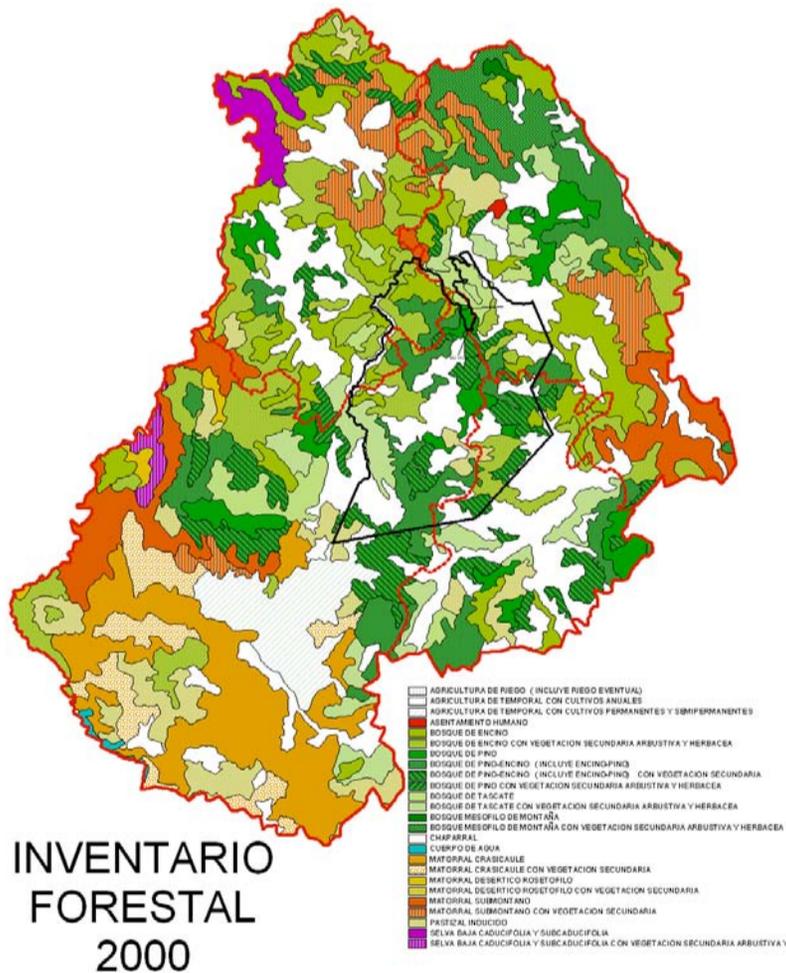


Figura IV.15. Mapa de uso de suelo y vegetación 2000

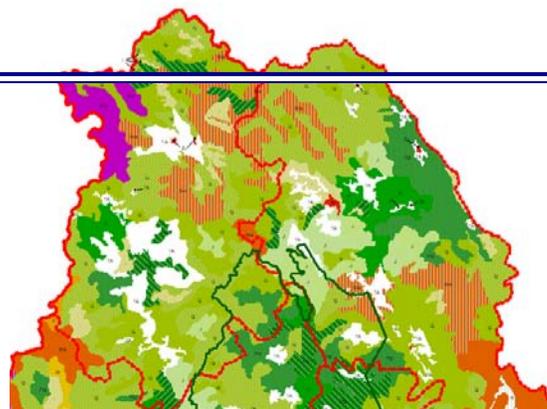


Figura IV.16. Mapa de uso de suelo y vegetación 2005

IV.7.4 Deforestación

IV.7.4.1 Tasa de Deforestación

La tasa de deforestación es un indicador de presión sobre los recursos forestales y resulta un elemento esencial en la evaluación y diagnóstico del comportamiento de otras variables ambientales (clima, suelos, hidrología, entre otras) y socioeconómicas (crecimiento demográfico, densidad de población, actividades económicas, entre otras) asociadas. Figura IV.17



Figura IV.17 Deforestación incontrolada en el PNL

Para obtener el Índice de deforestación se utilizó:

a) Carta temática de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal. (INF 1994) Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH; México 1994. Escala 1:250 000

b) Carta temática de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal, correspondiente a la serie actualizada con base a imágenes SEMARNAT-CONAFOR-UNAM, escala 1:250 000. Para esta carta se utilizó una escala de 1:20 000 para toda el área de estudio y 1:20 000 para el PNL.

El modelo de estimación del proceso de la deforestación se agrupa en las coberturas leñosas (bosques, selvas y matorrales en sus condiciones primarias y secundarias) se agregan, y su dinámica de cambio se describe en un modelo. En éste se enfatiza la probabilidad de cambio de cualquiera de estas categorías hacia las actividades antropogénicas. A este cambio se le denomina *proceso de deforestación* y a partir del mismo se calculan las tasas de cambio de acuerdo con (FAO, 1996). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año.

IV.7.4.2 Índice de Deforestación

$$dn = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

dn= tasa de cambio (para expresar en %, se debe hay que multiplicar por 100),

S1 = superficie en la fecha 1,

S2 = superficie en la fecha 2,

n = número de años entre las dos fechas.

Se realiza la comparación de dos fechas. En 1994 se tenía una superficie de 148,478.82 ha y en el año 2000, se reducen a 142,112.42 ha, El índice es de -4.3 % lo que indica que ha aumentado la tasa de deforestación en estos últimos 6 años. La dominancia del área boscosa se da en toda el área de estudio, y el matorral solo esta presente en el valle de Zimapán. En el área del parque existe una mayor conservación de los bosques, estos bosques son susceptibles a plagas, incendios y extracción ilegal.

El tipo de problemática ambiental más frecuente entre los ejidos y comunidades del parque ha sido generado por un patrón de aprovechamiento inadecuado de los recursos forestales, que es basado en el cambio de uso de suelo, de vocación forestal a agrícola, en áreas cuyas pendientes las hace no aptas para la agricultura, menos aun para la agricultura intensiva que se practica en la región, además el aprovechamiento de las áreas boscosas, basado en una explotación forestal no planeado, ha deteriorado y empobrecido la calidad de los bosques. Es importante tener en cuenta que ambos tipos de patrones se encuentran a menudo relacionados, y que es frecuente que el creciente deterioro forestal concluya con el cambio de uso de suelo, principalmente llevado acabo en el municipio de Zimapán y Pacula.

Para Zimapán la problemática es mayor ya que se ha generado un cambio de uso de suelo y la agricultura en laderas, mientras que para Pacula el cambio de uso forestal continua siendo importante. La mayor parte de los ejidos y comunidades de la región tiene pocas tierras de aptitud agrícola, los manantiales son escasos, la topografía irregular y las temperaturas poco favorables durante el invierno. Sin embargo la agricultura es la actividad más importante en la región.

En el municipio de Zimapán, el suelo permanece seco la mayor parte del año, además de que la vegetación de nopalera y agricultura de temporal con algunos manchones de bosque de pino y pastizal inducido ofrecen escasa protección a los fuertes vientos que se presentan en las llanuras y sierras. Para detenerla esto de erosión es necesario realizar programas de reforestación que contemple especies forestales nativas, ya que están adaptadas a las condiciones locales de la región.

IV.8 Peligros y Amenazas Naturales.

En México se plantea a nivel oficial la existencia de tres subsistemas o agentes relacionados con el desastre:

Perturbadores, referidos a los "agentes dinámicos", clasificados en cinco tipos, dos de carácter natural y tres de carácter social; en los primeros se incluyen: geológicos (sismos, "vulcanismo") e hidrometeorológicos (cyclón tropical, inundaciones, sequías, tormentas de granizo y nevadas); (Figura IV.18) en cuanto a los segundos, se consideran: químicos (incendios y explosiones), sanitarios contaminación ambiental, desertificación y epidemias), y "socio-organizativos" (accidentes -aéreos, terrestres, marítimos y fluviales-, interrupción o desperfecto en la operación de los servicios y sistemas vitales y concentraciones masivas de población) (SEGOB, 1991);

Afectables, al definir entes pasivos, este conjunto de agentes está referido a la población (damnificados), sus bienes y el medio ambiente (SEGOB, 1986);

Reguladores, constituido por subsistemas o agentes que en sí mismos serían portadores de soluciones: organización gubernamental, programas, acciones y normas destinadas a proteger

a los agentes afectables, sobre todo a la población (SEGOB, 1986).

IV.8.1 Deslizamientos

Un deslizamiento es un movimiento de roca o material poco consolidado pendiente abajo a lo largo de una o varias superficies planas o cóncavas denominadas superficies de deslizamiento (Herrera, 2002). Es importante considerar el peligro de deslizamiento de rocas o suelos sobre zonas urbanas o suburbanas, así como en carreteras, caminos de terracería muy transitados o en arroyos o ríos en donde los terrenos tengan mucha pendiente, ya que estos últimos pudieran ocasionar represas que en el momento del rompimiento suceda alguna tragedia. Tabla IV.33

Tabla IV.33. Matriz conjugada de peligros por tipo de deslizamiento

Tipo de deslizamiento	Ubicación del peligro	Intensidad del peligro	Zona de afectación
Deslizamiento de masas	Camino del Poblado de Trancas a Jaguey	MEDIO	Caminos y cultivos
Deslizamiento de masas	Puerto de Piedra, Las Pilas y Segundo Pilas	BAJO	Poblados, cultivos y caminos
Caída de Bloques de roca caliza	Desde Las Trancas hasta Minas Viejas	MEDIO	Carretera Zimapán-Jacala
Deslizamiento de masas	Codornices a Puerto La Estaca	MEDIO	Caminos y Cultivos
Deslizamiento de masas y caída de rocas	Camino Zimapán-Minas El Carrizal	MEDIO	Caminos y Cultivos
Deslizamiento de masas	Puerto de Xodhé a Xodhé	BAJO	Caminos
Deslizamiento de masas	Desde Santa Cruz a Puerto Zoqui, Nicolás Flores	MEDIO	Caminos y cultivos
Deslizamiento de masas	Desde Itatlaxco hasta Pajiadhi	MEDIO	Caminos

Peligros y sismos

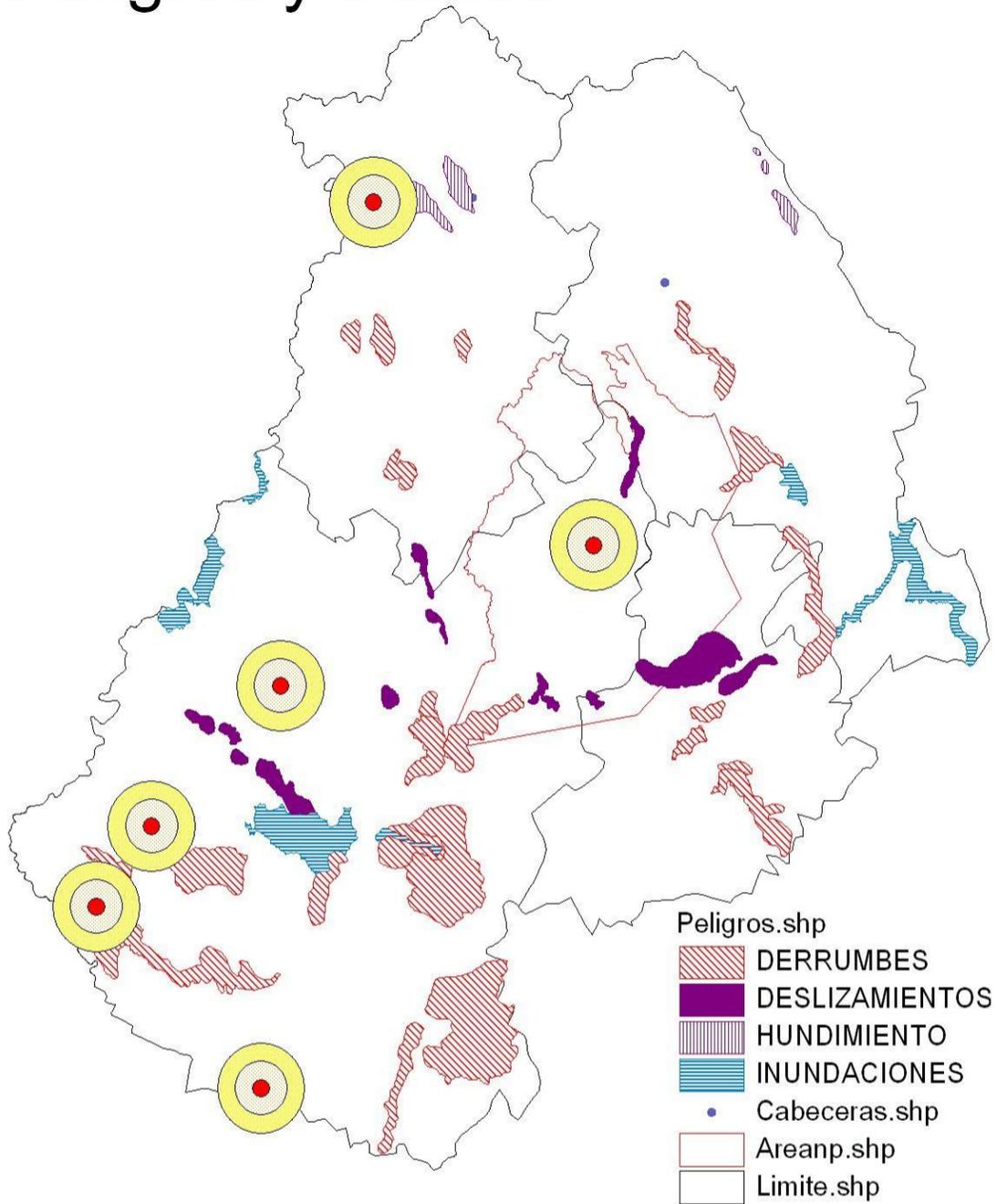


Figura IV.18. Zonificación de peligros y sismos

La información estructural del SGM, como fallas normales y zonas de fuertes pendientes del

terreno mediante análisis del relieve y la disección vertical y horizontal, o bien mediante el análisis de pendientes del modelo digital de elevación, nos pueden indicar los lugares probables para que ocurra un deslizamiento. Otros datos importantes a considerar son: la deforestación, erosión, degradación y abandono de suelos de cultivo, así como la presencia de agua superficial, subterránea y los desechos de aguas negras y drenajes (CNA) sin tubería o superficiales, de alguna manera contribuyen a los deslizamientos.

Para detectar los deslizamientos, fue necesaria la interpretación en fotografías aéreas, ortofotos e imágenes de satélite, para localizar áreas con deslizamientos o desgajadas. En el campo, se observaron principalmente como grandes cantidades de material desplazado, principalmente sobre los caminos con la estratificación de las rocas sedimentarias (calizas y lutitas principalmente) a favor de la pendiente.

En el área de estudio se tienen las siguientes zonas de deslizamiento, principalmente sobre caminos, estos se pueden observar en el plano de riesgos con la simbología abajo descrita: en el camino de Trancas a Nicolás Flores, existen rocas de la Formación Trancas (Js-Ki) cuya pendiente esta a favor del camino, lo que ocasiona que con las lluvias se presenten los deslizamientos. Estos deslizamientos se pueden considerar de riesgo medio, con afectaciones principalmente sobre el camino. Otro deslizamiento que se produce por las lluvias es en el camino de Puerto La Estancia a Pacula, en el tramo entre Codornices y Puerto La Estaca, con las mismas características de los deslizamientos anteriores, pero en este tramo la pendiente es más pronunciada, (ver foto No IV.1). Este deslizamiento se considera de medio riesgo, afectando a las vías de comunicación y algunos sembradíos.

Otros deslizamientos importantes se observan en la carretera de Zimapán a Jacala, en los tramos de: Las Trancas a Villanueva, Los Duraznos al Cobrecito y Barranca El Salto a Minas Viejas, con las mismas características anteriores, pero con afectación a la carretera, estos deslizamientos también se consideran de riesgo medio.

Otros deslizamientos que deben ser considerados son los que se localizan en el tramo del camino de terracería entre Zimapán y las minas de El Carrizal, ya que también existen deslizamientos, por un lado están las calizas y lutitas de la Formación Zoyatal, en estratos delgados, arcillosos y muy plegados y por otro lado, entre la Mina San Guillermo y La Mina La Purísima, existen calizas de la Formación el Doctor en estratos gruesos con una fuerte pendiente hacia el camino, lo que en caso de deslizamiento ocasionaría el cese de las actividades mineras o peor aún un accidente fatal.



Fotografía IV.1).- Calizas de la Formación El Doctor con su inclinación a favor del camino, nótese como arriba se tiene la cubierta vegetal y abajo del camino ya está cubierta por el material que se desliza sobre el camino (Fuente: SGM, 2005)

IV.8.2 Caída de Rocas o Derrumbes

Un derrumbe o caída de rocas representa el movimiento repentino de rocas por los suelos por acción y efecto de la gravedad, favorecido por una pendiente abrupta y la presencia de escarpes con pendiente fuerte, usualmente mayores a 40° (Alcántara y Echeverría, 2001). El movimiento de los bloques es de caída libre, continuando el movimiento aún después de llegados a la parte baja. Es importante la ubicación de las zonas de fuerte pendiente en donde la roca o material poco consolidado presentan intemperismo, erosión, fracturamiento, planos de estratificación o fallas geológicas, (tabla IV.34) ya que representan un peligro potencial de derrumbes en zonas urbanas o de caminos, tal es el caso de la carretera Puente Tasquillo-Zimapán, en el tramo del Río Tula hasta San Isidro, en donde existe un conglomerado y tobas mal cementadas aunadas a pendientes fuertes; otro sitio es en los alrededores del cerro Juárez en donde existe abundante rocas volcánicas mal cementadas y con pendientes fuertes, con peligro para los caminos y las poblaciones (ver fotografía IV.2) , además de que siempre en época de lluvias existen abundantes derrumbes.

Tabla IV.35. Matriz conjugada de peligros por tipo de peligros

Tipo de peligro	Ubicación del peligro	Intensidad del peligro	Zona de afectación
Caída de Rocas y Derrumbes de tobas	Desde el Puente del Río Tula hasta San Isidro, Zimapán	MEDIO	Carretera Tasquillo-Zimapán y algunos cultivos
Caída de rocas volcánicas mal cementadas	En los alrededores del Cerro Juárez, Pto. Juárez Sta. Rita	MEDIO	Caminos, cultivos y poblaciones
Caída de rocas y Deslizamiento	Desde La Loma hasta los alrededores de la Presa Zimapán	MEDIO	Carretera Zimapán-La Presa y camino Yethai-Bothiñá
Caída de rocas volcánicas mal cementadas	Desde Pto. Juárez hasta el Poblado de Las Trancas	MEDIO	Carretera Zimapán-Jacala y camino Pto. La Estancia-Llanitos
Caída de rocas y derrumbes	Desde Jacala hasta San Nicolás	MEDIO	Carretera Jacala-San Nicolás y cultivos
Caída de rocas calcáreas	Los Llanitos, El Refugio y Octupilla	MEDIO	Caminos y cultivos
Caída de Rocas	Desde El Carrizal hasta Santo Domingo	MEDIO	Caminos y Cultivos
Caída de Rocas	Poblado de San Francisco	MEDIO	Población , caminos y cultivos
Caída de rocas por aprovechamiento geológico	Poblado de Jiliapan	MEDIO	Poblado, cultivos y caminos
Caída de rocas	Poblado de Santa María Miraflores	MEDIO	Poblado, caminos y cultivos



Fotografía IV.2).- Camino en los alrededores del cerro Juárez, nótese las rocas volcánicas con poca consistencia y la fuerte pendiente, además de la poca cobertura vegetal.

IV.8.3 Hundimientos

Un hundimiento es un movimiento vertical descendente de roca, suelo o material no consolidado, por acción y efecto de la gravedad. Representa aquellas zonas en donde ha ocurrido colapso por gravedad, disolución y derrumbes de techos de cavernas naturales o hechas por el hombre, como por ejemplo las minas subterráneas en terrenos poco consolidados; hundimientos por compactación del terreno o por reacomodo del suelo por sobre extracción de aguas subterráneas.

Los peligros geológicos originados por hundimiento del terreno se interpretan e identifican mediante las fuentes de información de desastres históricos tanto de documentos bibliográficos y hemerográficos, como de registros específicos (CENAPRED). Se requiere considerar la información de estructuras geológicas (INEGI, COREMI) como fallas normales o zonas semicirculares de hundimiento (cenotes, uvalas) originados por disolución de rocas de carbonato de calcio (caliza), cavidades naturales (cavernas) o hechas por el hombre (minas, socavones, túneles). La región de la Sierra Gorda que comprende desde Querétaro hasta Hidalgo, cubre una parte del área de estudio y dentro de esta se localizaron cuatro zonas semicirculares de hundimiento. Dos de ellas se localizan al NE de Jacala, en el lugar denominado como Coñecito y al oeste de Los Duraznos, en donde se encuentran asentamientos humanos en cada uno de ellos. Los otros dos se localizan en el municipio de Pacula, al oeste de Pacula y Vicente Guerrero. Otros factores que deben de considerarse son los temas de deforestación, erosión, degradación y abandono de suelos de cultivo, la presencia de agua superficial, subterránea, los desechos de agua negras y drenajes sin tubería o superficiales en zonas urbanas y suburbanas. Estos factores se encuentran presentes en cada una de las zonas de hundimiento antes mencionadas, ya que tanto en Coñecito (Fotografía IV.3) como al oeste de Pacula (Fotografía IV.4), los desechos de aguas negras y drenajes sin tubería son arrojados en fallas o grietas sin que se tenga conocimiento hacia donde van esas aguas. Los lugareños le conocen como el sótano y es donde desechan toda basura y aguas residuales, actualmente se desconoce el grado de afectación que se presenta en el subsuelo, pero de que se esta generando un hundimiento, es posible.



Fotografía IV.3).- Panorámico del poblado del “Coñecito”, localizado en una depresión calcárea sin salida de agua, esta se pierde en una grieta o “sótano” se desconoce el destino de las aguas negras.



Fotografía IV.4. Depresión calcárea localizada al oeste de Pacula en donde se vierten las aguas negras de esta población. Esta depresión no tiene salida de agua por lo que se va por una grieta o un “sótano”, lo que pudiera estar produciendo una especie de caverna en su interior y presentarse en un futuro un colapso del suelo.

IV.8.4 Inundaciones

Una inundación es un flujo o escurrimiento de agua que se origina por lluvias, desbordamiento de ríos, rompimiento de presas y otros casos, que generan grandes cantidades de agua, agravado por la deficiencia de la capacidad de drenaje, acumulación de basura y condiciones topográficas de una zona o región que ponen en peligro la vida, las actividades humanas, los bienes y los servicios. Tabla IV.35

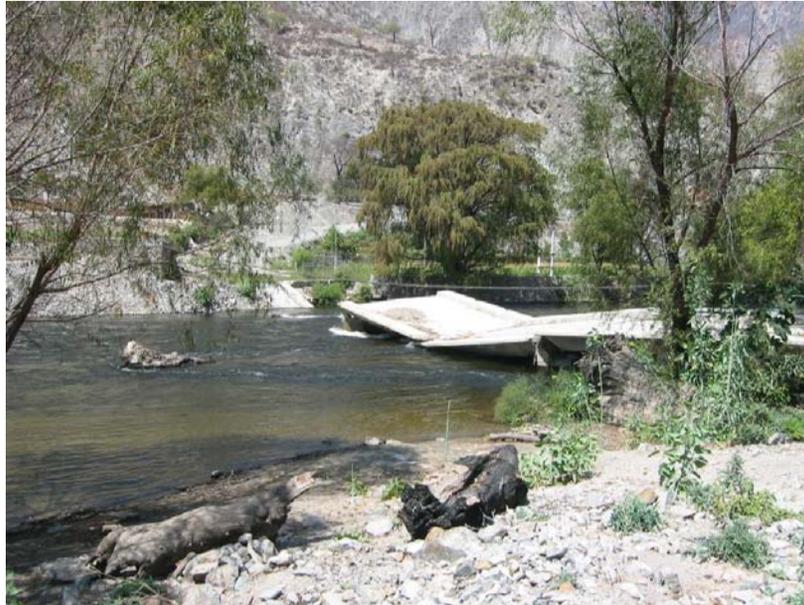
Entre los factores importantes que condicionan a las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos.

En el área de estudio, se tienen pocas zonas de inundación ya que las inundaciones son considerados eventos regulares en aquellas zonas con pendientes bajas o zonas planas y en el área de estudio se tienen pocas zonas de este tipo. Foto IV.5

Se puede decir que únicamente en lluvias intermitentes extraordinarias se pudieran tener algunas inundaciones en poblados cercanos a los cauces de los ríos o arroyos como en la lista siguiente:

Tabla IV.35. Matriz conjugada de peligros por inundación

Tipo de peligro	Ubicación del peligro	Intensidad del peligro	Zona de afectación
Inundación	Población de Francisco I. Madero	MEDIO	Población y cultivos
Inundación	Zimapán	BAJO	Población, en caso de obstrucción del drenaje
Inundación	Xaha, Zimapán	MEDIO	Población y cultivos
Inundación	Octupilla	MEDIO	Cultivos
Inundación	Jiliapan	MEDIO	Arroyo La Bruja y cultivos
Inundación y Hundimiento	Coñecito	MEDIO	Población y cultivos
Inundación	Nicolás Flores	MEDIO	Población, Jardín de Niños y cultivos
Inundación	San Cristóbal y Las Adjuntas	MEDIO	Población y cultivos
Inundación	Vega	MEDIO	Población
Inundación	Rivera del río Moctezuma	ALTO	Poblaciones, cultivos y vías de comunicación



Fotografía IV.5. Durante las grandes precipitaciones, fue necesario abrir las compuertas de la presa Zimapán, lo que ocasiona grandes avenidas en el Río Moctezuma y una de estas ocasionó el desplome del puente que comunica a Las Adjuntas con el Estado de Querétaro.

IV.8.5 Áreas Sísmicas

El territorio mexicano se encuentra afectado por la interacción de cinco placas tectónicas. En el contacto entre placas se producen fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una con respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos que si sobrepasan la resistencia de la roca o se vencen las fuerzas friccionantes, ocurre una ruptura violenta y la liberación de la energía acumulada, originándose movimientos sísmicos.

El país se encuentra dividido en cuatro regiones (A, B, C y D) en función del nivel de peligro. La zona A no ha reportado sismos importantes en los últimos 80 años, y la zona D es la que ha reportado frecuentemente grandes temblores. Las zonas B y C son intermedias, y varían dependiendo del porcentaje de aceleración (Figura IV.19).

De acuerdo a esta clasificación sísmica, la zona de estudio, O.E.T. “Los Mármoles”, se encuentra en la zona B, es decir, en una zona de riesgo moderado, donde se registran sismos no tan frecuentemente.

Durante los años de 1990 al 2000 se registraron los siguientes epicentros dentro del Estado de Hidalgo, registrándose seis dentro de la zona de estudio.

En el año de 1996 se registraron dos sismos en la zona de estudio, los dos en el municipio de Zimapán. El registrado el día 5 de junio tuvo una magnitud de 4.2 y se originó a 19 km de profundidad. El 3 de octubre se registro uno con magnitud de 3.8, siendo su epicentro a 57 km de profundidad. En 1999, el 24 de marzo tuvo su epicentro un sismo de magnitud 3.5 a 8 km de profundidad, en el municipio de Zimapán en el área del Panque Nacional Los Mármoles; otro ese mismo año pero el 22 de septiembre, registrándose su epicentro en el municipio de Zimapán, con una magnitud de 4.2 a 20 km de profundidad. En el 2000, hubo dos sismos consecutivos el 15 y 26 de mayo, con magnitud de 3.5 y 3.6, y profundidad de 5 y 74 km respectivamente. (Figura IV.20)

Para realizar la zonificación de peligros sísmicos se integraron los epicentros sísmicos registrados dentro de la zona de estudio, que fueron publicados por el Servicio Sismológico Nacional para los años de 1990 al 2000. La zonificación se construye a partir de la capa de epicentros y se define un área de influencia considerando un radio geométrico en kilómetros para obtener una superficie circular que envuelve el epicentro y así determinar las zonas vulnerables, es decir aquellas regiones en las que se tiene la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural que pueda afectar sobre una comunidad y su población. (Tabla IV.36).

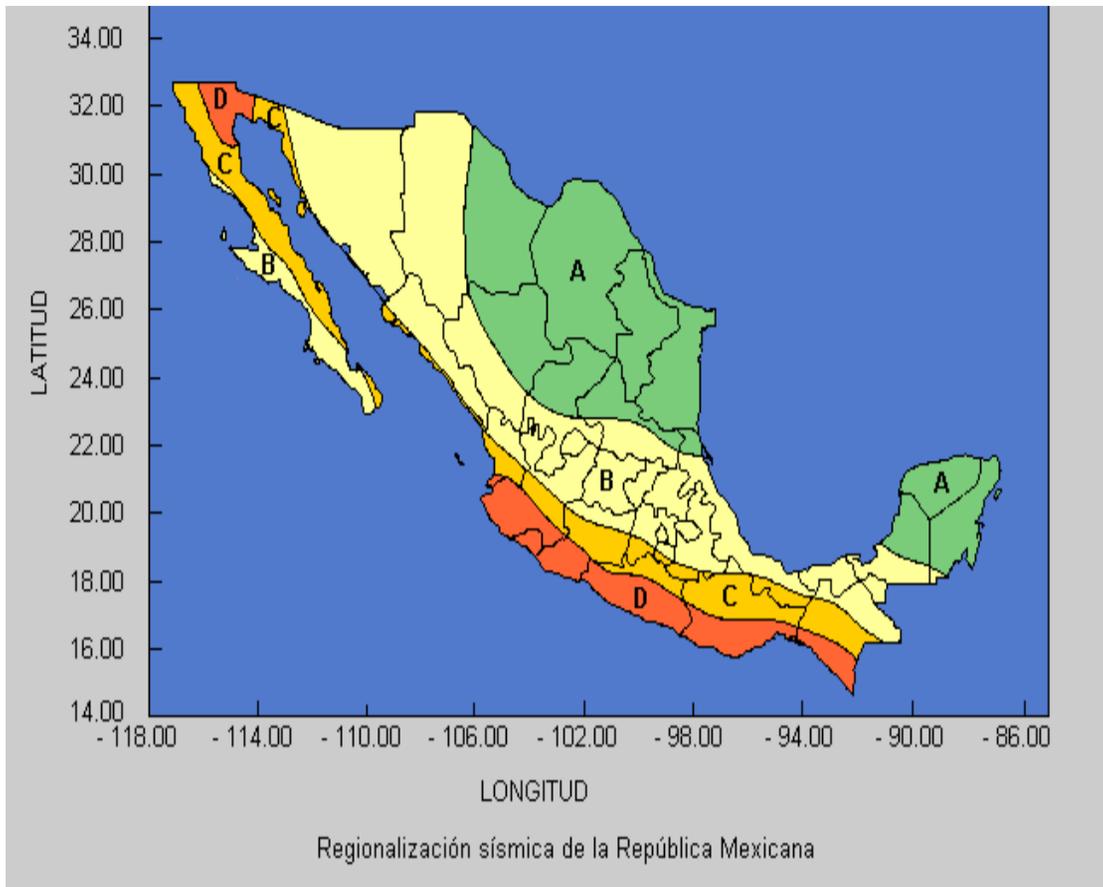


Figura IV.19. Regionalización Sísmica de la República Mexicana. Fuente: CENAPRED (2001)

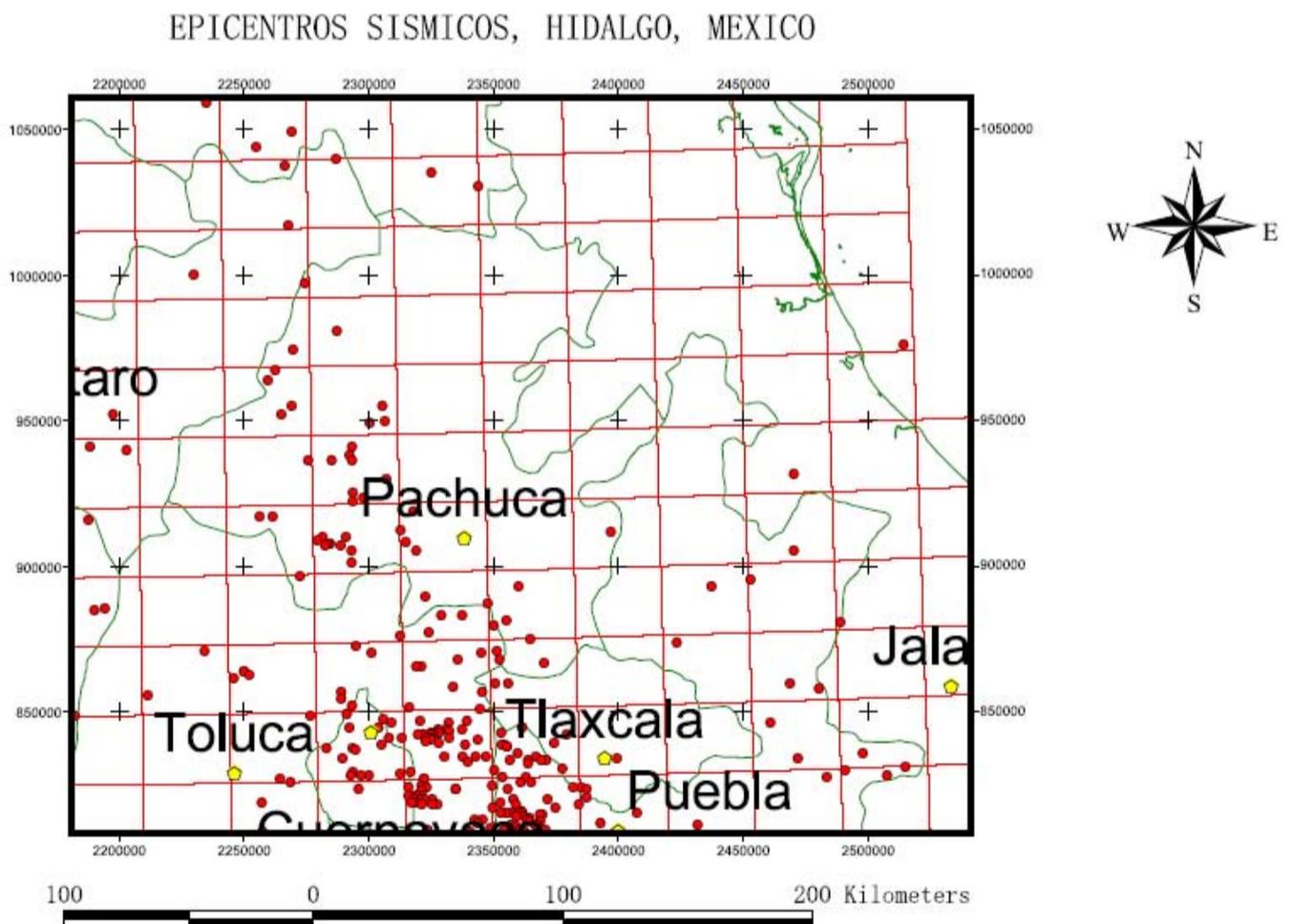


Figura IV.20. Ubicación geográfica de epicentros sísmicos en Hidalgo. Fuente SGM, 2004.

Tabla IV. 36. Área de influencia por sismos

INFLUENCIA POR SISMOS	RADIO	CLASE
ALTO	0.5	A
MEDIO	1.5	B
BAJO	2.5	C

Fuente: Atlas Estatal de Riesgos. Gobierno del Estado de Oaxaca. (SGM, 2004)

En el área de Pacula no se encuentran localidades dentro del área de influencia sísmica; sin embargo, no se debe de descartar la ocurrencia de movimientos sísmicos locales debido al colapso de cavernas existentes en las rocas carbonatadas.

Dentro del municipio de Zimapán el área de influencia sísmica abarca algunas localidades como son: El Cobrecito, Los Durazos, La Manzana, ubicados dentro de un rango de peligro medio y La Calera y La Encarnación con una exposición baja; estas localidades se encuentran dentro del ANP Los Mármoles. Las localidades Las Verdosas, Mezquite Segundo y Pontiu en el municipio de Zimapán, se encuentran en un área de influencia de riesgo bajo.

Otro tipo de sismos que se pudieran presentar dentro de la zona de estudio serían de colapso, generados por el derrumbe del techo de cavernas o “sótanos” originadas por la disolución de las rocas carbonatadas, en caso de ocurrir serían cerca de la superficie con afectación en un área como lo puede ser el “Polje” de Pacula y “El Coñecito”.

IV.8.6 Volcanes Activos

Los eventos volcánicos son generados por la salida del material magmático desde el interior de la Tierra en forma de lava o ceniza, a través de una chimenea o conducto principal. México posee aproximadamente 15 volcanes activos, caracterizados por haber presentado alguna manifestación volcánica de tipo lávica o de ceniza. La mayoría de ellos están ubicados dentro de la Faja Volcánica Transmexicana. Figura IV.21

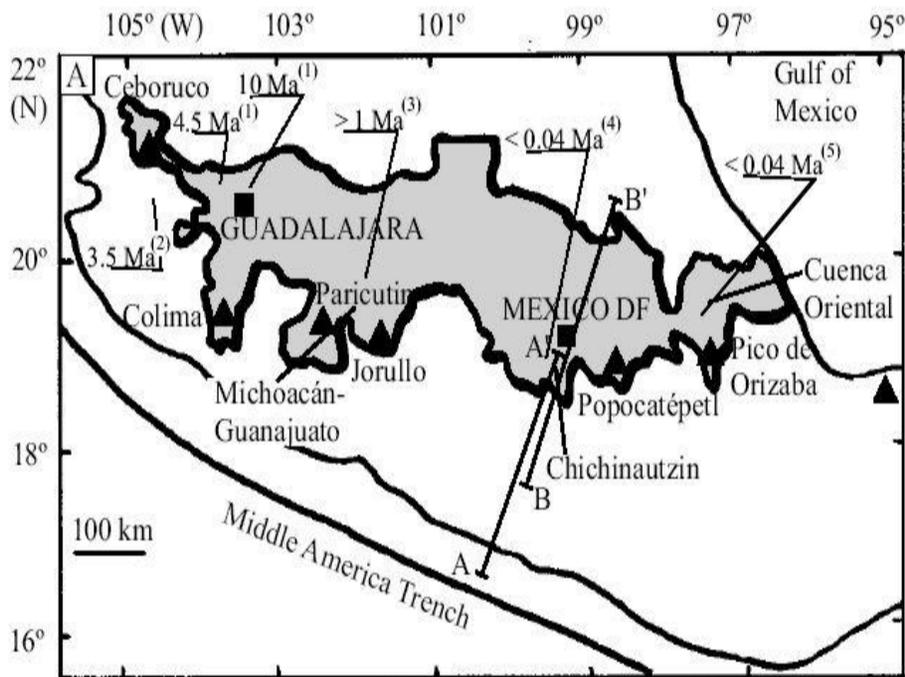


Figura IV.21. Área del cinturón volcánico Mexicano. Uribe-Cifuentes y Urrutia Fucugachi, 1999

A pesar de que la zona sur de la región de estudio pertenece a la Faja Volcánica Transmexicana, caracterizada por su actividad volcánica, no se presenta ningún cuerpo volcánico ni mucho menos con actividad dentro del área de estudio, por lo que éstos no son propiamente un peligro para la zona de estudio.

V DIAGNOSTICO SOCIOECONÓMICO

V.1 Evaluación del desarrollo urbano regional y dinámica de las actividades productivas

V.1.1 Desarrollo urbano e infraestructura

V.1.1.1 Índice de Urbanización

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología, se define como la magnitud alcanzada por la concentración de la población urbana en una unidad territorial, y responde al nivel de urbanización, el cual es la proporción de la población total que habita en localidades clasificadas como urbanas (con más de 15 000 habitantes).

Este índice permite ponderar la importancia relativa de los distintos tamaños de las ciudades para medir el nivel de urbanización de una región.

Sin embargo, la sola presencia de ciudades no implica necesariamente la existencia de un proceso de urbanización. Este es función del crecimiento tanto de la población urbana como de la rural. Por ejemplo, la India tiene más ciudades y población urbana que Inglaterra y Japón, pero no hay duda de que estos dos países están mucho más urbanizados que el primero, o sea que su nivel de urbanización es mayor. En otras palabras, la India tiene mayor proporción de población rural en comparación con Inglaterra y Japón, países en los cuales sus habitantes residen en una elevada proporción, en ciudades.

En general, este índice es aceptable para realizar comparaciones gruesas, aunque es de alcance limitado porque no toma en cuenta las diferencias en el tamaño de las ciudades, las cuales quedan implícitas en un solo por ciento de población urbana.

De dos países con igual proporción de población urbana se considera que está más urbanizado aquel cuya población urbana reside en ciudades de mayor tamaño. Este razonamiento supone que una mayor concentración de población urbana en un punto geográfico, particularmente si corresponde a una ciudad grande, conlleva características más intensamente "urbanas" que las presentes en un grupo de ciudades pequeñas. En otros términos, diez ciudades de 100, 000 habitantes no equivalen a una de 1'000,000.

Aun cuando teórica y operativamente es difícil establecer una base satisfactoria que permita ponderar la importancia relativa de los distintos tamaños de las ciudades para medir el nivel de urbanización de un país o región, existe un "índice de urbanización" en el cual se considera con mayor peso relativo a la concentración de población en ciudades de mayor tamaño.

La utilización de este índice de urbanización se debe, no tanto a que sea el que mejor cumple con el propósito de superar las deficiencias del grado de urbanización como medida del "nivel", sino a que hace más evidentes las diferencias regionales de la urbanización.

Para el caso de la región de estudio no se aplicaron los criterios establecidos por el INE en cuanto al número de habitantes (15 000) ya que la población presente es inminentemente rural, sin embargo, se retomó el criterio utilizado por INEGI, en donde define una población urbana como aquella que registra más de 2 500 habitantes y una rural para lugares con menos de 2 500 habitantes, para lo cual se analizaron los datos conforme a los Censos Generales de Población de 1960 al 2000, así como el Conteo de Población y Vivienda de 1995. Tabla V.1

Derivado de dicho análisis se consideró que no era factible calcular un índice de urbanización conforme a la metodología establecida (Luis Unikel, et. al, 1976), sin embargo, se efectuó el cálculo mediante una simple regla de tres, ya que se observó que del total de localidades en la región de estudio solo se registra una dentro del rango de 2 500 a 4 999 habitantes y una en el rango de 10 000 a 14 999; la primera corresponde a la cabecera municipal de Jacala de Ledezma y la segunda a la de Zimapán. (Tablas V.2 y V.3) (Figuras V.1 y V.2) Situación que denota una inminente población rural en los municipios que conforman la región de estudio.

Tabla V. 1. Localidades Urbanas y Rurales 1960-2000

Municipios	Años	Localidades Urbanas		Localidades Rurales		Total	
		N°	Habitantes	N°	Habitantes	N°	Habitantes
Jacala de Ledezma	1960	0	0	36	10 739	36	10 739
	1970	0	0	36	9 710	36	9 710
	1980	0	0	42	11 117	42	11 117
	1990	1	3 194	46	10 168	47	13 362
	2000	1	3 708	48	9 187	49	12 895
Nicolás Flores	1960	0	0	28	6 524	28	6 524
	1970	0	0	53	5 905	53	5 905
	1980	0	0	30	7 126	30	7 126
	1990	0	0	33	6 838	33	6 838
	2000	0	0	46	7 448	46	7 448
Pacula	1960	0	0	22	4 986	22	4 986
	1970	0	0	28	4 600	28	4 600
	1980	0	0	26	5 882	26	5 882
	1990	0	0	31	5 450	31	5 450
	2000	0	0	36	5 583	36	5 583
Zimapán	1960	1	3 191	66	21 024	67	24 215
	1970	1	2 694	106	15 889	107	18 583
	1980	0	0	86	32 461	86	32 461
	1990	1	8 733	114	26 334	115	35 067
	2000	1	11 818	159	25 617	160	37 435

Fuente: VIII, IX, X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000, INEGI

Tabla V.2.- Población Urbana y Rural e Índices de Urbanización Municipio de Jacala de Ledezma 1960-2000, y su grafica respectiva

Año	Población Total	Población Urbana	Población Rural	Índice de Urbanización
1960	10 739	0	10 739	N.A.
1970	9 710	0	9 710	N.A.
1980	11 117	0	11 117	N.A.
1990	13 362	3 194	10 168	23.90
2000	12 895	3 708	9 187	28.75

N.A.= No Aplica

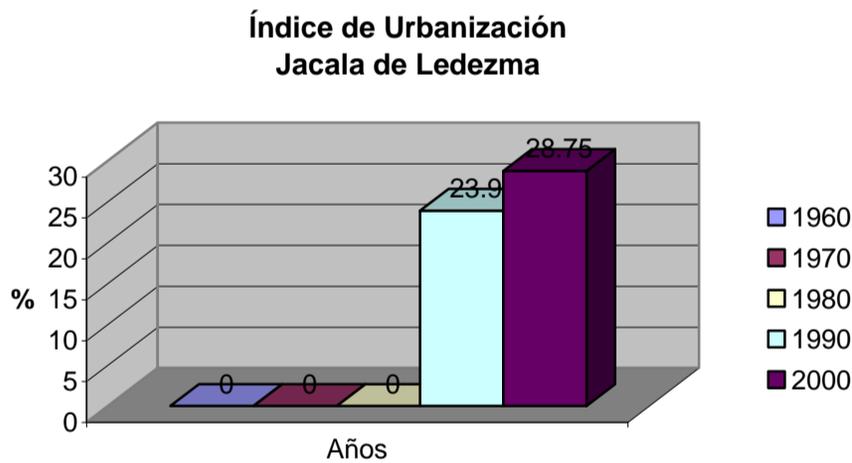


Figura V.1

En el caso del municipio de Jacala de Ledezma, la única localidad urbana se registra a partir de 1990 con una población de 3 194 personas, 3 574 en 1995 y 3 708 para el 2000.

Tabla V.3.- Población Urbana y Rural e Índices de Urbanización Municipio de Zimapán 1960-2000, y su gráfica repectiva

Año	Población Total	Población Urbana	Población Rural	Índice de Urbanización
1960	24 215	3 191	21 024	13.17
1970	18 583	2 694	15 889	14.49
1980	32 461	0	32 461	N.A.
1990	35 067	8 733	26 334	24.90
2000	37 435	11 818	25 617	31.56

N.A.= No Aplica

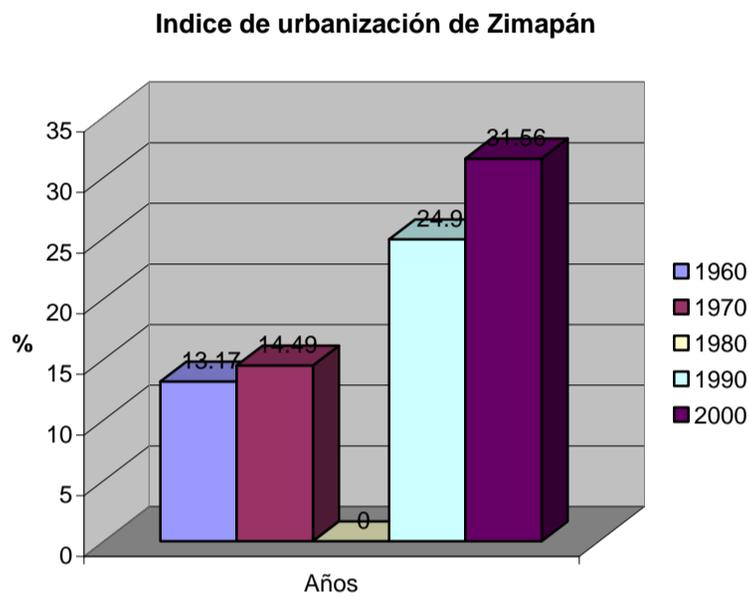


Figura V.2

Para el municipio de Zimapán, el número de habitantes contabilizados en localidades urbanas se da a partir de 1960 con 3 191 personas, en 1970 con 2 694, para 1980 se registra una disminución a 2 334 habitantes, en 1990 se incrementa a 8,733, en 1995 se contabilizan 11,611 y en el 2000 se reportan 11,818 habitantes.

Los resultados mostrados anteriormente obedecen a que la zona está económicamente estancada, debido a que las políticas urbanas a nivel nacional y estatal han estado encaminadas a consolidar e impulsar a las ciudades medias, a efecto de recibir futuras localizaciones de actividades económicas y de población, por lo que se ha propiciado un proceso de urbanización muy lento para la región de estudio. Así mismo, han influido las tasas de crecimiento poblacional que han registrado números negativos durante las últimas décadas, así como los procesos de emigración hacia afuera del país, justificados por la búsqueda de mejores oportunidades de empleo bien remunerados.

V.1.1.2 Características de la vivienda

La vivienda es un elemento fundamental en las condiciones de vida de la población, la misma se encuentra distribuida en las diferentes localidades, formando barrios y otras agrupaciones poblacionales, por lo que son muy importantes como parte del territorio.

La situación de la vivienda en la región de estudio presenta un nivel de mejoramiento en los últimos diez años. Algunas características que definen el estado de la vivienda se reflejan en el cuadro que se muestra a continuación, donde se señalan algunos indicadores para los años 1990, 1995 y el 2000 (ver Tablas V.4, V.5 y V.6).

Tabla V.4.- Principales características de las viviendas.

Estatil y Región Parque Nacional Los Mármoles. Años 1990, 1995 y 2000.

Concepto	Estatil	Región
1990		
Total de viviendas particulares	362 933	11 543
Con piso diferente de tierra	255 036	6 801
Con agua entubada	233 892	4 917
Con drenaje	157 994	2 628
Con energía eléctrica	280 608	7 148
1995		
Total de viviendas particulares	428 324	12 679
Con piso diferente de tierra	N.D.	N.D.
Con agua entubada	343 730	7 115
Con drenaje	250 783	4 718
Con energía eléctrica	381 572	10 484
2000		
Total de viviendas particulares	491 482	14 083
Con piso diferente de tierra	401 850	11 107
Con agua entubada	390 981	8 196
Con drenaje	322 979	6 659
Con energía eléctrica	451 710	12 348

N.D.= No Determinado

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Tabla V.5.- Estado de la vivienda en la Región Parque Nacional Los Mármoles. Años 1990, 1995 y 2000. Valores porcentuales.

Características de la vivienda	Años		
	1990	1995	2000
Con piso diferente de tierra	59%	N.D.	79%
Con agua entubada	43%	56%	58%
Con drenaje	23%	37%	47%
Con energía eléctrica	62%	83%	88%

N.D.= No Determinado

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Tabla V.6.- Indicadores de las características de las viviendas por municipio y Estado. Años 1990, 1995 y 2000.

Estado/Municipio	Ocupantes en viviendas sin servicio de drenaje	Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	Ocupantes en viviendas sin agua entubada	Ocupantes en vivienda con piso de tierra
1990				
Hidalgo	1 040 264	377 555	505 666	556 453
Jacala de Ledezma	8 921	3 253	2 200	5 554
Nicolás Flores	6 152	5 152	2 616	4 954
Pacula	5 309	2 028	1 624	3 582
Zimapán	26 060	11 963	10 757	10 450
1995				
Hidalgo	2 106 125	919 657	224 859	128 233
Jacala de Ledezma	12 711	5 266	1 600	817
Nicolás Flores	7 448	6 990	3 497	1 938
Pacula	6 142	5 928	836	802
Zimapán	38 057	24 014	5 677	18 732
2000				
Hidalgo	2 220 014	790 000	169 701	335 290
Jacala de Ledezma	12 788	5 608	1 046	3 092
Nicolás Flores	6 826	5 071	2 075	1 768
Pacula	5 563	4 528	927	2 996
Zimapán	36 845	17 908	3 292	13 818

N.D.= No Determinado

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

La situación de la vivienda con un piso que no sea de tierra ha mejorado al aumentar del 59 %

en el año 1990, al 79 % en el año 2000. Lo mismo ocurre con el agua entubada y el drenaje que han aumentado también en este período, sin embargo, el ritmo de mejoramiento ha sido menor en comparación con los datos estatales.

Con relación a las viviendas electrificadas, se observa un importante aumento al pasar del 62 % en el año 1990 a 88 % en el año 2000. A diferencia de los otros indicadores, el ritmo de crecimiento de viviendas con electrificación creció mayormente en la región, en comparación con el Estado.

Con relación a las municipios de la región, las diferencias no son muy grandes, pero existen algunos municipios donde la vivienda presenta mejor estado, de acuerdo a las características que se han considerado; a continuación se expresan los diferentes indicadores que caracterizan las condiciones de carencias o limitaciones de los servicios vinculados a la vivienda para los diferentes municipios.

En relación a la cantidad de ocupantes por vivienda que no dispone del servicio de drenaje, la peor cobertura la tiene Pacula con un 81 % y Nicolás Flores con 74%; los demás municipios presentan valores muy similares, Zimapán el de mejor cobertura con sólo el 49 % de su población sin acceso a este tipo de servicio.

La proporción de habitantes que no dispone de energía eléctrica es bajo, sin embargo, por municipio, el de peor servicio es Nicolás Flores, con 30 %, siguiéndole Pacula, con poca cobertura, con el 17 % y los de mejor servicio son Jacala de Ledezma y Zimapán.

La situación respecto al servicio de agua entubada muestra que la región tiene el 35 % de los ocupantes de las viviendas sin este importante servicio; a nivel de municipios el que menor cobertura tiene es el de Pacula con 54 % de sus habitantes sin el servicio, y el municipio con mayor cobertura de agua entubada es el de Jacala de Ledezma con el 24 % de sus ocupantes en vivienda sin cobertura de este servicio.

Tomando en cuenta el comportamiento de estos indicadores a nivel estatal, se puede inferir que una vez más que la región de estudio presenta una gran cantidad de ocupantes en viviendas que carecen de una buena cobertura de servicios, sobre todo en lo que se refiere a drenaje y agua entubada.

En el año 2000 el promedio de ocupantes por vivienda fue de 4.35, el que se considera aceptable, ya que más de 4.5 ocupantes por vivienda se considera como hacinamiento, lo que significa que en la región no hay un fuerte hacinamiento, situación muy diferente a la que se presenta en otras regiones del Estado, por lo que no constituye un grave problema social, aunque la situación existente puede mejorar, ya que en 1990 y 1995 el promedio era mayor, es decir, de 5.12 y 5.05 respectivamente.

En la Tabla V.7 se puede observar la pequeña diferenciación que existe a nivel de municipios, en cuanto a la cantidad de habitantes por vivienda.

Tabla VI.7.- Ocupantes por vivienda, por municipio. Años 1990, 1995 y 2000.

Estado/municipios	Viviendas habitadas	Ocupantes	Ocupantes por vivienda (hacinamiento)
1990			
Hidalgo	367 037	1 881 533	5.12
Jacala de Ledezma	2 786	13 326	4.78
Nicolás Flores	1 348	7 067	5.24
Pacula	1 062	5 439	5.12
Zimapán	6 441	34 399	5.34
1995			
Hidalgo	428 324	2 107 984	4.9
Jacala de Ledezma	2 791	12 720	4.6
Nicolás Flores	1 363	7 448	5.5
Pacula	1 244	6 142	4.9
Zimapán	7 279	38 058	5.2
2000			
Hidalgo	494 183	2 230 697	4.5
Jacala de Ledezma	3 107	12 895	4.1
Nicolás Flores	1 479	14 762	4.6
Pacula	1 320	5 583	4.2
Zimapán	8 179	36 989	4.5

N.D.= No Determinado

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Los municipios con mayor número de ocupantes por vivienda son Nicolás Flores con 4.6, y

Zimapán con 4.5, y los que menor número de ocupantes por vivienda tienen son Pacula y Jacala de Ledezma con 4.2 y 4.1 respectivamente, se hace evidente que las diferencias son poco significativas.

V.1.1.3 Educación

La situación de la educación en la región de estudio presenta una situación muy similar al comportamiento estatal, que ha tenido diferentes cambios, según el período de tiempo que se considere.

Para la entidad los porcentajes de la población de 5 años y más sin instrucción primaria disminuyeron del 20.5 % en 1990 al 15.9 % en el 2000. Quienes tenían primaria completa, pasaron del 16 % en 1990 al 17.3 % en el 2000; de igual forma aumentó la población con instrucción post primaria del 25.7 % en 1990 al 36.1 % en el 2000. (Ver Tabla V.8).

Para la región del Parque Nacional Los Mármoles, la población de 5 años y más sin instrucción primaria disminuyó de 21.1 % en 1990 a 17.2 % en 2000. Así mismo, aumentó el porcentaje de quienes tenían primaria completa de 18.9 % a 20.2 %, en esta misma etapa, aumentaron los del nivel de post primaria de 16.7 % a 24 %; sin embargo, cabe destacar al municipio de Nicolás Flores que disminuyó de 11.4 % en 1990 a 1.6 % en el 2000.

Tabla V.8.- Población de 5 años y más años, según nivel de instrucción 1990-2000. Estatal y Municipal

Estado/Municipio	Total	Sin Instrucción	Con instrucción primaria							No especificada	Con instrucción post-primaria	No especificado
			1 Grado	2 Grado	3 Grado	4 Grado	5 Grado	6 Grado				
1990												
Hidalgo	1 628 542	334 156	91 906	136 465	153 222	107 160	83 564	262 188	-	418 590	41 291	
Jacala de Ledezma	11 554	3 055	661	1 066	1 543	825	694	1 787	-	1 673	250	
Nicolás Flores	6 033	1 408	439	601	682	517	370	1 269	-	691	56	
Pacula	4 705	1 217	271	610	779	435	288	719	-	268	118	
Zimapán	30 200	5 444	1 670	2 604	3 578	2 500	1 813	6 155	-	6 178	258	
2000												
Hidalgo	1 973 968	314 532	105 557	136 251	153 111	103 103	89 117	342 914	433	714 568	14 382	
Jacala de Ledezma	11 441	2 411	722	968	1 278	658	578	1 934	8	2 811	73	
Nicolás Flores	6 061	1 159	440	521	572	398	341	1 309	3	1 300	18	
Pacula	4 889	1 088	397	580	634	318	299	908	0	644	21	
Zimapán	33 035	4 919	1 802	2 353	3 262	2 022	1 708	7 079	0	9 767	123	

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Conteo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

En el censo del año 1990 se reportan de la población de 15 años y más como analfabetas 7 614 personas (22.1 %); de esta cantidad 2 575 son hombres y 5 039 son mujeres. En cambio para el 2000 la cifra disminuyó a 6 695 personas (17.2 %), de las cuales 2 187 eran hombres y 4 508 mujeres. Es decir, de 1990 a 2000 disminuyó el grado de analfabetismo en la región de 22.1 % a 17.2 %, respectivamente. (Ver Tabla V.9)

En cuanto a la población alfabeta de 15 años y más aumentó del 77.7 % en 1990 al 82.6 % en el 2000, predominando el sexo masculino para 1990 y el femenino para el 2000 con el mayor número de personas alfabetas. Situación que guarda cierta similitud con el comportamiento estatal que registró una población alfabeta del 79.1 % para 1990 y del 85 % para el 2000.

Tabla V.9.- Población de 15 años y más años, según condición de alfabetismo y sexo 1990-2000. Estatal y Municipal

Estado/Municipio	Total	Alfabeto		Analfabeta		No Especificada	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1990							
Hidalgo	1 099 122	445 877	424 007	84 211	142 743	957	1 327
Jacala de Ledezma	7 793	2 953	2 613	880	1 340	3	4
Nicolás Flores	3 694	1 526	1 102	340	721	3	2
Pacula	3 113	1 176	994	370	569	1	3
Zimapán	19 726	8 535	7 774	985	2 409	9	14
2000							
Hidalgo	1 424 760	593 224	618 154	77 836	134 616	437	493
Jacala de Ledezma	8 170	3 074	3 260	720	1 107	6	3
Nicolás Flores	3 985	1 590	1 520	255	614	4	2
Pacula	3 281	1 093	1 326	334	526	1	57
Zimapán	23 333	9 681	10 494	878	2 261	16	3

Fuente: INEGI, XI Censo de Población y Vivienda, 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1995; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

El mayor número de escuelas es de nivel primario con 169 escuelas. Le sigue el nivel preescolar con 156 escuelas, seguida de las escuelas secundarias que suman 48 y las de bachillerato que son 6. Cabe hacer mención que también encontramos escuelas preescolares y primarias indígenas, sumando 25 y 44 escuelas, respectivamente, lo que contribuye a la atención en estos niveles de educación regional sobre todo en los municipios de Zimapán y Nicolás Flores. (Ver Tabla V.10)

Con relación a la eficiencia terminal se tiene que el nivel preescolar tiene un promedio regional del 85 %, la eficiencia terminal de la primaria es del 88.7 %, la eficiencia terminal de la educación secundaria es del 59.2 % encontrando los valores más bajos en Pacula y Zimapán con 46.2 y 33.5 %, respectivamente; En cuanto a la eficiencia terminal de la educación de bachillerato se tiene el 80.4 %, siendo Jacala de Ledezma el que registra el valor más bajo con un 48.7 %.

En el curso escolar 1999-2000, la región tuvo un total de 21 169 alumnos inscritos en diferentes niveles, en un total de 448 escuelas con un total de personal docente de 1 132 maestros, lo que equivale a una atención de 18.7 alumnos por docente y a 47.2 alumnos por escuela.

Tabla V.10.- Alumnos inscritos, existencias, aprobados y reprobados, personal docente y escuelas en el sistema escolarizado a fin de cursos y nivel educativo ciclo 1999-2000. Regional y Municipal

Región/Municipio/Nivel	Alumnos inscritos	Alumnos existencias	Alumnos aprobados	Alumnos reprobados	Personal docente	Escuelas
Región						
Preescolar	2397	2274	2041	233	178	156
Preescolar indígena	409	N. D.	N. D.	N. D.	26	25
Primaria	11631	11757	10484	1273	520	169
Primaria indígena	1944	N. D.	N. D.	N. D.	95	44
Secundaria	4121	3909	3612	296	211	48
Bachillerato	1197	920	455	465	102	6
Jacala de Ledezma						
Preescolar	424	406	367	39	38	32
Preescolar indígena	-	-	-	-	-	-
Primaria	2330	2662	2078	584	110	33
Primaria indígena	-	-	-	-	-	-
Secundaria	879	813	800	13	44	12
Bachillerato	189	166	92	74	14	1
Nicolás Flores						
Preescolar	343	322	295	27	29	29
Preescolar indígena	104	N. D.	N. D.	N. D.	7	7
Primaria	1458	1431	1289	142	71	30
Primaria indígena	560	N. D.	N. D.	N. D.	26	9
Secundaria	520	509	499	9	28	10
Bachillerato	53	43	35	8	6	1
Pacula						
Preescolar	211	194	175	19	14	14
Preescolar indígena	54	N. D.	N. D.	N. D.	3	3
Primaria	1099	1079	943	136	52	22
Primaria indígena	263	N. D.	N. D.	N. D.	12	7
Secundaria	318	302	296	6	15	6
Bachillerato	65	53	30	23	5	1