

Diagnóstico Ambiental del Estado de México por Regiones Hidrográficas 2007



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



Compromiso
Gobierno que cumple

Directorio

Lic. Enrique Peña Nieto

Gobernador Constitucional del Estado de México

Mtro. Guillermo Velasco Rodríguez

Secretario del Medio Ambiente

Lic. Roberto Cervantes Martínez

Director General de Prevención y
Control de la Contaminación Atmosférica

Año de elaboración: 2007

Gobierno del Estado de México
Secretaría del Medio Ambiente
Vía Gustavo Baz Prada 2160, 2.º piso,
Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz,
Estado de México, C. P. 54060

Hecho en México

www.edomex.gob.mx

CONTENIDO

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	5
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL	11
1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	11
1.2. DELIMITACIÓN POR REGIONES HIDROGRÁFICAS.....	11
1.3. TIPOS DE CLIMA.....	16
1.4. HIDROGRAFÍA.....	20
1.5. OROGRAFÍA.....	25
1.6. GEOLOGÍA.....	27
1.7. EDAFOLOGÍA	29
1.8. TIPOS DE VEGETACIÓN	32
1.9. RIQUEZA DE ESPECIES.....	37
CAPÍTULO 2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	39
2.1. POBLACIÓN	39
2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN ZONAS METROPOLITANAS	41
2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS	43
2.4. USO DEL SUELO	50
CAPÍTULO 3. RECURSO: AGUA	55
3.1. ORIGEN DE EXTRACCIÓN Y USO DEL AGUA	55
3.2. DESCARGA DE AGUAS A CUERPOS RECEPTORES	56
3.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	57
3.4. CALIDAD DEL AGUA	59
CAPÍTULO 4. RECURSO: SUELO	61
4.1. EROSIÓN DEL SUELO.....	61
4.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	63
4.3. RESIDUOS PELIGROSOS.....	66
4.4. USO DE FERTILIZANTES Y PLAGUICIDAS	68
CAPÍTULO 5. RECURSO: AIRE.....	71
5.1. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVCT.....	71
5.2. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVT	73
5.3. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMVM.....	75
5.4. CALIDAD DEL AIRE EN ZMVT	78
5.5. CALIDAD DEL AIRE EN OTRAS REGIONES DE LA ENTIDAD	79

CAPÍTULO 6. RECURSOS NATURALES.....	81
6.1. INCENDIOS FORESTALES.....	81
6.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	83
6.3. REFORESTACIÓN	86
6.4. ESPECIES EN RIESGO.....	89
CAPÍTULO 7. EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y VULNERABILIDAD.....	91
7.1. ASPECTOS GENERALES.....	91
7.2. EMISIONES DE GEI EN MÉXICO.....	92
7.3. VULNERABILIDAD A NIVEL NACIONAL.....	93
7.4. VULNERABILIDAD A NIVEL ESTATAL	95
CONCLUSIONES:.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	105

Siglas y acrónimos

CAEM	Comisión del Agua del Estado de México
CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM
CEPANAF	Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DGPCCA	Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica
GDF	Gobierno del Distrito Federal
DF	Distrito Federal
GEM	Gobierno del Estado de México
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica de Alemania
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
PROBOSQUE	Protectora de Bosques del Estado de México
SEDAGRO	Secretaría de Desarrollo Agropecuario
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMAGDF	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
SA	Secretaría de Salud
ZMVCT	Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca

INTRODUCCIÓN

El Estado de México es la entidad más poblada del país, con poco más de 14 millones de habitantes; asimismo, por su ubicación geográfica colindante con la capital de la república, presenta una intensa actividad industrial y comercial, aunado a una creciente demanda de servicios de vivienda, vías de comunicación, agua potable, recreación y consumo de combustible a expensas de los recursos naturales sin prever los costos ambientales; todo esto, ha ocasionado, en la mayoría de los casos, el desequilibrio de los ecosistemas naturales y urbanos, la contaminación de los elementos naturales y la afectaciones en la salud de la población.

El Gobierno del Estado de México (GEM), interesado en atender y resolver la problemática ambiental de la entidad, aplica diversos instrumentos de política ambiental tales como programas, normas técnicas estatales, estudios ambientales, entre otros, los cuales están enfocados a aprovechar de forma sustentable los recursos naturales y brindar a los mexiquenses un ambiente adecuado para su desarrollo y seguridad integral, tal y como se concibe en el *Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011*. Es aquí donde interviene el Diagnóstico Ambiental, el cual consiste en un documento técnico mediante el cual se pueden identificar los principales agentes que deterioran los recursos naturales, la cantidad y calidad que éstos guardan, y con ello fundamentar las acciones de los planes y programas estatales, sectoriales y otros estudios técnicos dirigidos a atender la problemática ambiental.

La elaboración del Diagnóstico Ambiental de carácter estatal, regional y municipal está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente (SMAGEM) por conducto de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA) de acuerdo con las atribuciones que le confiere la fracción XXX del Artículo 4.º del *Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México* y la fracción IX del Artículo 9.º del *Reglamento Interior* de la SMAGEM.

El Diagnóstico Ambiental parte de la recopilación, sistematización y análisis de datos de las variables ambientales tales como generación de aguas residuales, emisión de contaminantes a la atmósfera, generación de residuos sólidos urbanos, erosión, incendios forestales, reforestación y áreas naturales protegidas, así como de las variables socioeconómicas referentes a población, actividades económicas y usos del suelo. En su elaboración se ha tomado en cuenta la importancia que tienen las tres regiones hidrográficas de las 37 en que se divide país, siendo éstas la del río Pánuco, la del río Lerma y la del río Balsas, tanto por su extensión, manejo de agua potable, ubicación de asentamientos humanos, como por el grado de contaminación de sus cuerpos de agua. Abordar los problemas ambientales del Estado de México basándose en la regionalización por cuencas hidrográficas permite diferenciar y comparar las distintas variables de estudio y, por tanto, visualizar la magnitud de tres diferentes realidades.

El antecedente del primer Diagnóstico Ambiental por cuencas hidrográficas data de 1993. En 1996 se elabora un segundo diagnóstico con motivo del *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999*, siendo de carácter general sin regionalización. En 1998, en el marco de la prepa-

ración del Ordenamiento Ecológico del Territorio Estatal, se elabora un diagnóstico basado en sistemas complejos. Para el año 2000 se cambia el enfoque metodológico y se incorpora el modelo de indicadores ambientales Presión-Estado-Respuesta (PER). Es hasta 2002 que se retoma nuevamente la regionalización por cuencas hidrográficas y la metodología PER. Desde entonces, el Diagnóstico Ambiental está inmerso en un proceso de actualización continua e innovación; es así que para la edición 2005, el diagnóstico incorpora mapas temáticos elaborados mediante un sistema de información geográfica.

El presente documento fue integrado con información obtenida a partir de gacetas e informes de gobierno, bases de datos ambientales, censos de población y económicos, publicaciones gubernamentales, así como de artículos y otros trabajos publicados en Internet. En su mayoría, las cifras comprenden hasta 2006, o el último año que están disponibles. Dentro de las fuentes de información oficiales estatales participan: la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF), la Protectora de Bosques (PROBOSQUE) y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO); entre las fuentes federales están: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el Instituto Nacional de Ecología (INE) la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), entre otras.

El *Diagnóstico Ambiental del Estado de México por Regiones Hidrográficas 2007* consta de siete capítulos. El primero, “Aspectos del Medio Natural”, se hace una descripción de la zona de estudio en cuanto a ubicación, climatología, hidrología, orografía, geología, edafología y biodiversidad; se continúa con el de “Aspectos Socioeconómicos” donde se habla acerca del crecimiento poblacional, la distribución de la población en zonas metropolitanas, actividad productiva y usos del suelo. Del tercer al sexto capítulo, los cuales hacen referencia a los recursos Agua, Suelo, Aire y Forestal, se da una aproximación al conocimiento de la situación de la problemática ambiental en las tres regiones hidrográficas, para lo cual se utilizan gráficas y cuadros estadísticos. Por último, en el séptimo capítulo se aborda brevemente el tema del cambio climático global y sus implicaciones en la entidad.

El presente trabajo consta de los siguientes objetivos:

- **Objetivo General:**

Actualizar el Diagnóstico Ambiental del Estado de México para identificar e informar la situación que guardan los elementos y recursos naturales dentro de las tres regiones hidrográficas que conforman el territorio mexiquense.

- **Objetivo Específico:**

Recopilar la información más reciente generada y disponible por las distintas dependencias estatales y federales, retomando lo más relevante respecto a la situación ambiental del Estado de México.

- Alcances:
 - Actualizar la base de datos que administra el Departamento de Diagnóstico de la DGPCCA para el seguimiento de indicadores ambientales.
 - Poner a disposición una base bibliográfica para la elaboración de instrumentos de política ambiental (programas estatales, sectoriales, municipales y otros estudios).
 - Brindar a otras dependencias del ejecutivo estatal, a los gobiernos municipales y a la población en general, información accesible, confiable y oportuna sobre el sector ambiental de la entidad.
 - Contribuir en la educación ambiental proporcionando información a los distintos sectores de la población.

Finalmente es oportuno aclarar que el *Diagnóstico Ambiental del Estado de México por Regiones Hidrográficas 2007* está inscrito en una dinámica de enriquecimiento y mejora continua, por lo que no necesariamente hay plena coincidencia con los documentos que le antecedieron, máxime si se toma en cuenta que se presentan nuevas necesidades y se identifica más información relevante, a la par que se desarrollan metodologías o esquemas para la elaboración de diagnósticos.

CAPÍTULO I. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL

1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Estado de México se localiza en la porción centro de la República Mexicana, entre los paralelos 18° 21' 57" y 20° 17' 27" de latitud norte y entre los meridianos 98° 35' 50" y 100° 36' 45" de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich. Colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo, al este con Puebla y Tlaxcala, al sur con Morelos, Guerrero y el Distrito Federal (DF), y al oeste con Michoacán y Guerrero (figura 1.1).

Tiene una superficie territorial de 22 499.95 km², que representa 1.15 % del territorio nacional. La división política-administrativa comprende 125 municipios cuya superficie comprende 22 185.46 km². La diferencia entre la superficie estatal y la municipal involucra zonas de litigio que no fueron consideradas para efectos del presente trabajo.

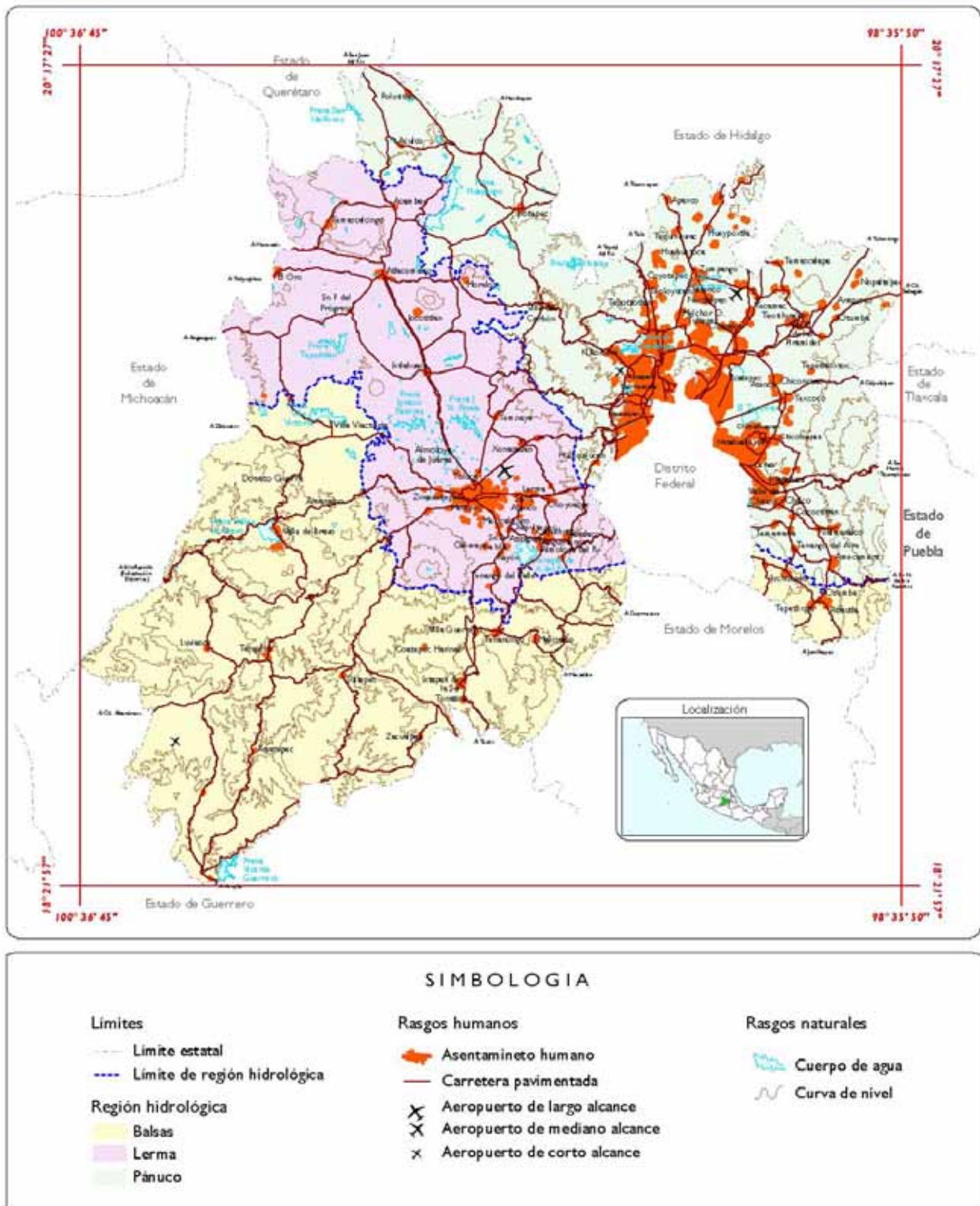
La altitud promedio de las 125 cabeceras municipales es de 2 320 metros sobre el nivel del mar (msnm) con un rango que va de 1 330 a 2 800 msnm.

1.2. DELIMITACIÓN POR REGIONES HIDROGRÁFICAS

Resulta conveniente utilizar un enfoque de cuenca hidrográfica para entender las interrelaciones de los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque brinda la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo. Por esta razón se considera que las cuencas hidrográficas constituyen un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación {véase Antón y Díaz (2000), Cruickshank (2003), Cotler (2004) y Maass (2004)}.

En la búsqueda de instrumentos de gestión que posibiliten la interrelación de políticas sectoriales, diversos países han reconocido a las grandes cuencas hidrográficas como un instrumento de planeación y de gestión adecuado. El manejo integral de cuencas hidrográficas no sólo permite la gestión equilibrada de los recursos naturales, sino también, la integración de los actores involucrados en una sola problemática en lugar de atender varios problemas sectoriales dispersos. La elaboración de un enfoque integrado que supere la fragmentada visión sectorial es determinante para la optimización de los recursos naturales (Cotler, 2004).

Figura 1.1. Localización



Manejar los problemas ambientales del Estado de México, con apoyo de la regionalización por cuencas hidrográficas, permite definir los sistemas naturales a distintos niveles jerárquicos con límites fácilmente reconocibles, pudiendo establecer:

- El potencial de los recursos naturales.
- La concentración de las actividades productivas.
- Los efectos de las dos zonas metropolitanas de la entidad.
- El análisis y representación cartográfica de su estado actual.
- Estadísticas y mapas sin que sean afectados por cambios en el número de regiones administrativas o incorporación de nuevos municipios.
- El diagnóstico ambiental, procurando la delimitación y seguimiento de los principales problemas ambientales.

Considerando que en la entidad se originan 3 de las 37 regiones hidrográficas en que se encuentra dividido el país, a saber, las regiones: Pánuco, Lerma-Santiago (en lo subsiguiente, Lerma) y Balsas; y que la información que se genera por distintas dependencias gubernamentales normalmente se presenta a nivel estatal o municipal, lo que limita el análisis de la información por cuencas, se realizó un ajuste en la división de las regiones hidrográficas el cual consistió en integrar en 100 % a los municipios, que por su territorio, tienen mayor influencia con alguna de éstas. Como resultado de tal ajuste las regiones quedaron integradas como se indica en los cuadros 1.1 y 1.2 y en la figura 1.2.

Cuadro 1.1. Superficies de la regiones hidrográficas en el Estado de México y número de municipios que las conforman km²				
Región	Total	Dentro del Estado	A partir del territorio municipal	Núm. Municipios
Pánuco	96 989	7 976.23	7 617.77	60
Lerma	132 916	5 377.49	5 878.05	32
Balsas	118 268	9 146.23	8 689.64	33
Total	348 173	22 499.95	22 185.46	125

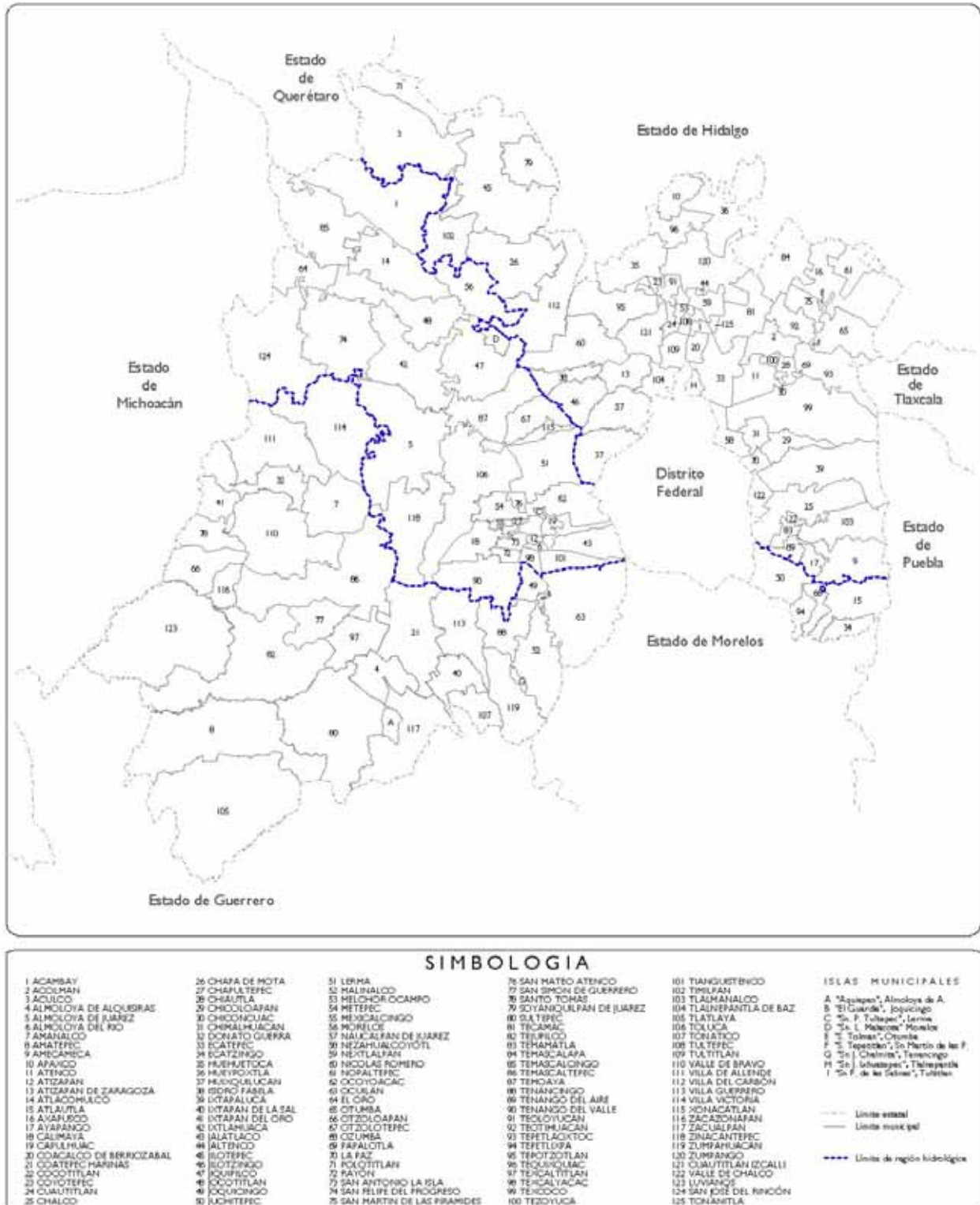
Fuente: CONAGUA (2005a), DGPCCA con información del INEGI (2007a)

Cuadro 1.2. Lista de municipios mexiquenses por región hidrográfica

Región			
Pánuco		Lerma	Balsas
Acolman	Nopaltepec	Acambay	Almoleya de Alquisiras
Aculco	Otumba	Almoleya de Juárez	Amanalco
Amecameca	Papalotla	Almoleya del Río	Amatepec
Apaxco	Paz, La	Atizapán	Atlautla
Atenco	Polotitlán	Atlacomulco	Coatepec Harinas
Atizapán de Zaragoza	San Martín de las Pirámides	Calimaya	Donato Guerra
Axapusco	Soyaniquilpan de Juárez	Capulhuac	Ecatzingo
Ayapnago	Tecámac	Chapultepec	Ixtapan de la Sal
Chalco	Temamatla	Ixtlahuaca	Ixtapan del Oro
Chapa de Mota	Temascalapa	Jiquipilco	Joquicingo
Chiautla	Tenango del Aire	Jocotitlán	Juchitepec
Chicoloapan	Teoloyucan	Lerma	Luvianos
Chiconcuac	Teotihuacan	Metepec	Malinalco
Chimalhuacán	Tepetlaoxtoc	Mexicalzingo	Ocuilan
Coacalco de Berriozábal	Tepotzotlán	Morelos	Otzoloapan
Cocotitlán	Tequixquiac	Ocoyoacac	Ozumba
Coyotepec	Texcoco	El Oro	San Simón de Guerrero
Cuautitlán	Tezoyuca	Otzolotepec	Santo Tomás
Cuautitlán Izcalli	Timilpan	Rayón	Sultepec
Ecatepec de Morelos	Tlalmanalco	San Antonio La Isla	Tejupilco
Huehuetoca	Tlalnepantla de Baz	San Felipe del Progreso	Temascaltepec
Hueypoxtlá	Tonanitla	San José del Rincón	Tenancingo
Huixquilucan	Tultepec	San Mateo Atenco	Tepetlixpa
Isidro Fabela	Tultitlán	Temascalcingo	Texcaltitlán
Ixtapaluca	Valle de Chalco Solidaridad	Temoaya	Tlatlaya
Jaltenco	Villa del Carbón	Tenango del Valle	Tonatico
Jilotepec	Zumpango	Texcalyacac	Valle de Bravo
Jilotzingo		Tianguistenco	Villa de Allende
Melchor Ocampo		Toluca	Villa Guerrero
Naucalpan de Juárez		Xalatlaco	Villa Victoria
Nextlalpan		Xonacatlán	Zacazonapan
Nezahualcóyotl		Zinacantepec	Zacualpan
Nicolás Romero			Zumpahuacan

Arreglo de datos: DGPCCA

Figura 1.2. Regionalización por cuenca hidrográfica

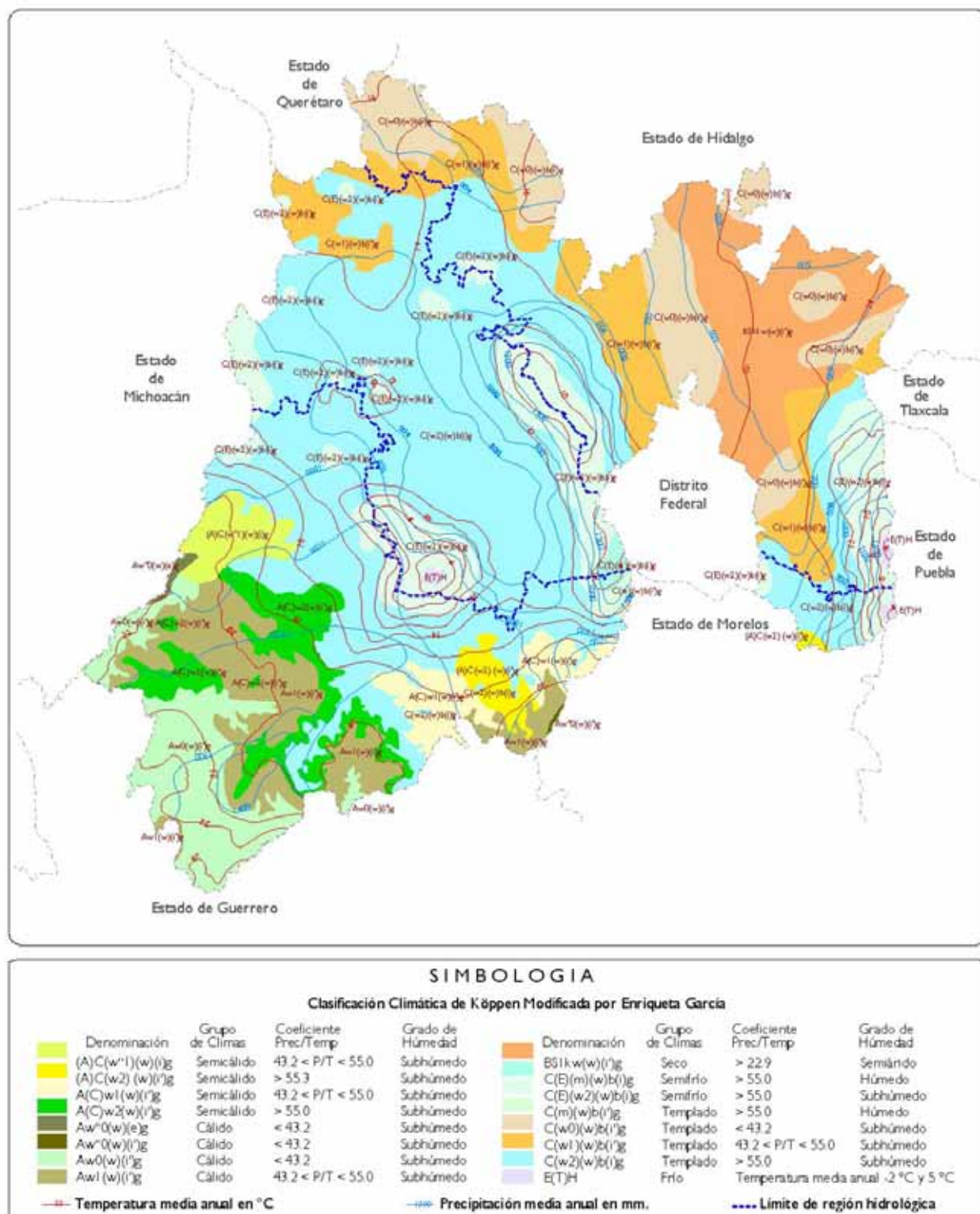


1.3. TIPOS DE CLIMA

Dada la ubicación geográfica del territorio estatal el clima dominante debería de ser tropical, sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas, de tal suerte que existen los templados en los valles elevados, semifríos y fríos en las montañas, semisecos en la parte noroeste y semicálidos y cálidos en el sur y suroeste (figura 1.3). Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, la entidad presenta los siguientes tipos de clima:

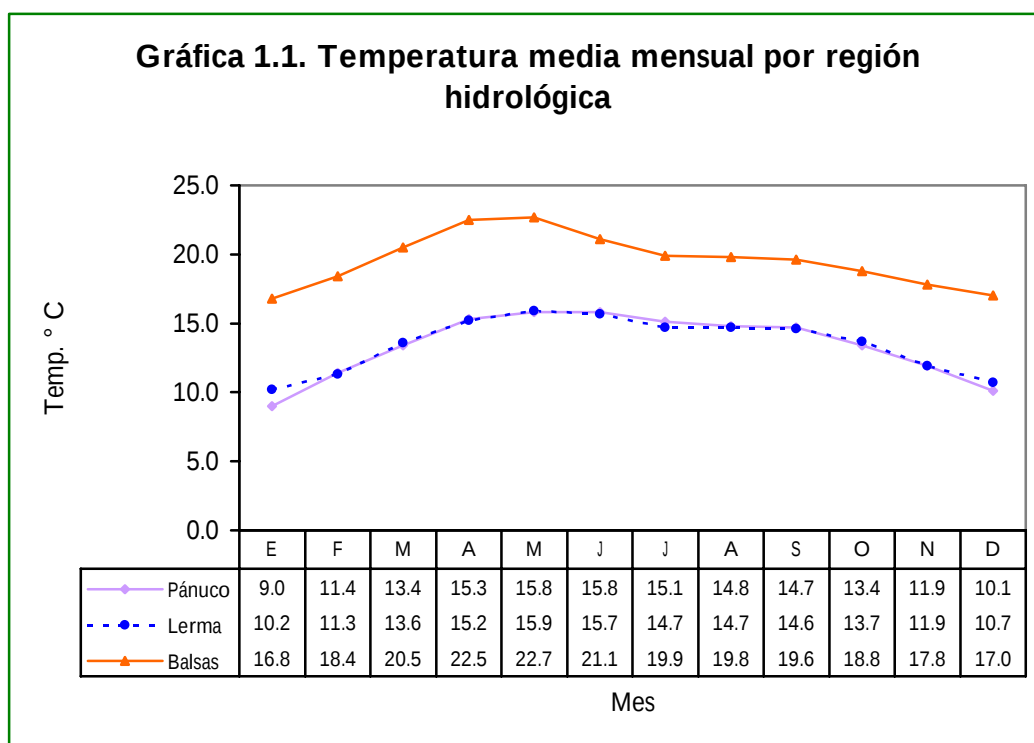
- Templado subhúmedo $C(w)$ presenta verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5 % de la anual, con oscilación térmica de 5-7 °C. Los subtipos de clima presentan las características y simbología siguientes: alta humedad $C(w_2)(w)b(i)g$, humedad moderada $C(w_1)(w)b(i')g$ y baja humedad $C(w_0)(w)b(i'')g$. Está presente en gran parte de las regiones Pánuco y Lerma.
- Semifrío $C(E)$ se presentan dos subtipos, el primero, $C(E)(W_2)(w)b(i)g$, clima semifrío, subhúmedo, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5 %, el verano es largo; isotermal y con la temperatura más elevada antes del solsticio de verano, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el Nevado de Toluca, la Sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. El segundo subtipo, el $C(E)(m)(w)b(i)g$, clima semifrío, húmedo, con verano largo isotermal, la lluvia de invierno es menor a 5 % y la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano.
- Frío $E(T)H$, con temperatura media anual de -2 °C a 5 °C, y la del más frío es menor a 0 °C, es característico de zonas altas, como en el volcán Nevado de Toluca y la Sierra Nevada.
- Seco estepario o semiárido templado $B(s)$ es el menos seco de los secos, presenta lluvia invernal inferior a 5 % con reducida oscilación térmica y la temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano. Su simbología es $BS_1kw(w)(i)g$. Domina la mayor parte del norte de la región Pánuco.
- Cálido $A(w)$ presenta tres subtipos de acuerdo con el grado de humedad: el $AW_0(w)(i'')g$, el más seco de los cálidos; el $AW_1(w)(i')g$, con humedad moderada, ambos con un porcentaje de lluvia invernal inferior a 5 %, poca oscilación térmica anual y la temperatura más alta ocurre antes del solsticio de verano; y el tercero, el cálido subhúmedo $AW''_0(w)(e)g$ que presenta sequía intraestival, valores térmicos extremos de 7-14 °C. Es característico de la región Balsas.
- Semicálido subhúmedo, también manifiesta dos subtipos de acuerdo con el grado de humedad: el $A(C)W_2(w)(i')g$, el más húmedo de los húmedos; y el $(A)C(W1'')(w)(i)g$, de humedad moderada, este último se caracteriza por ser isotermal.

Figura 1.3. Tipos de clima



- Temperatura

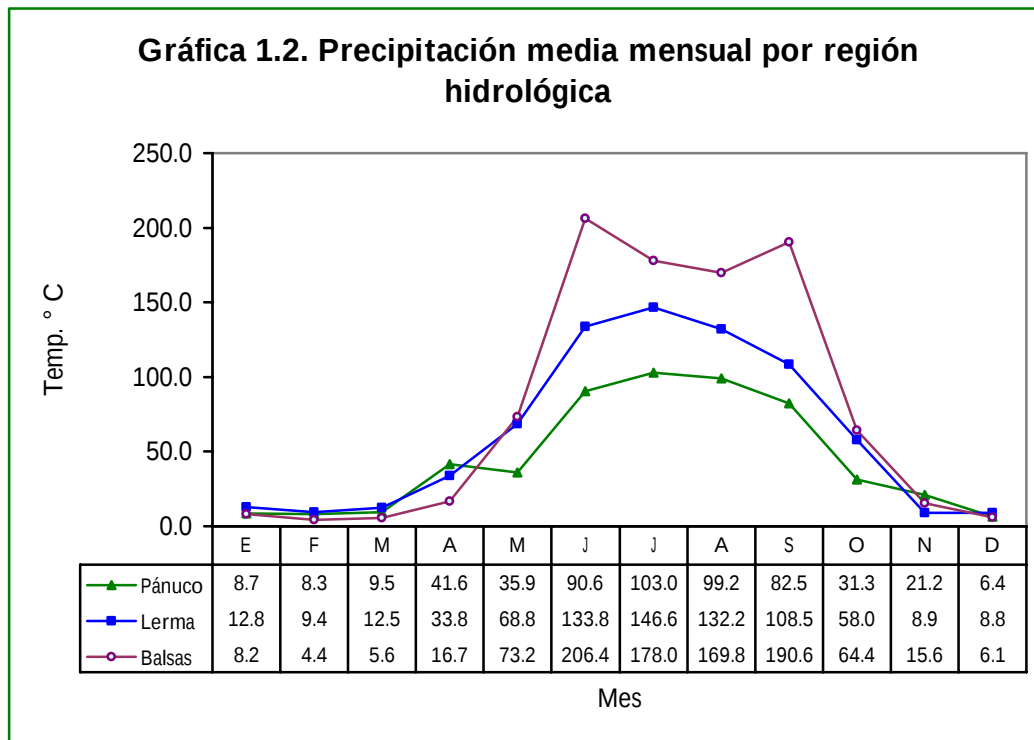
En general, la temperatura media anual de la entidad es de 16.8 °C. Por región hidrográfica, la temperatura promedio en el Pánuco es de 12.7 °C, en el Lerma de 12.2 °C y en el Balsas de 17.3 °C. Durante la primavera la temperatura comienza a aumentar considerablemente en la mayor parte del territorio. Como se aprecia en la gráfica 1.1 sobre las tres regiones hidrográficas se registran las temperaturas más elevadas durante el mes de mayo y las más bajas en los meses de diciembre y enero.



Fuente: DGPCCA con información del INEGI (2006a)

- Precipitación Pluvial

En la gráfica 1.2 se puede apreciar el comportamiento mensual de la precipitación media para cada región hidrográfica donde se observa que las lluvias más abundantes acontecen en los meses de junio a septiembre, temporada en la cual suelen presentarse inundaciones en algunos sitios de los valles. Las lluvias finalizan, normalmente, en la primera quincena de octubre. La precipitación promedio anual en la entidad es de 999 milímetros (mm); por región hidrográfica, Pánuco presenta 539 mm; Lerma, 734 mm; y Balsas 939 mm.

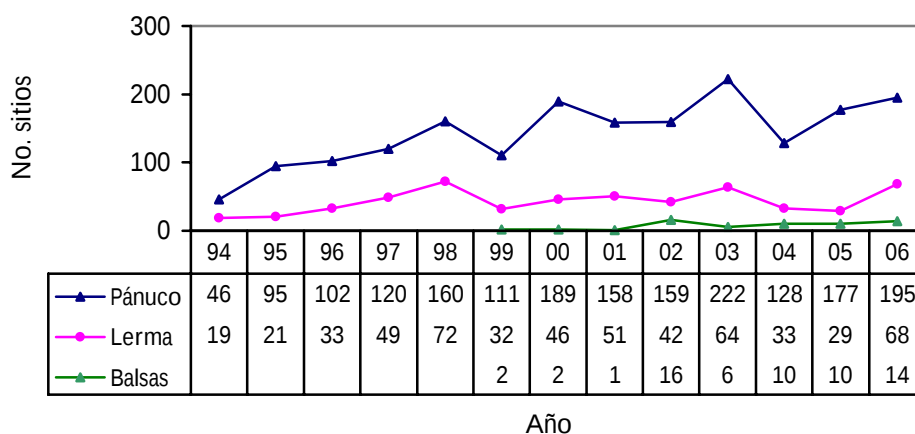


Fuente: DGPCCA con información del INEGI (2006a)

Durante la época de verano, el paso constante de ondas tropicales y la aproximación de ciclones tropicales son comunes. Tales sistemas meteorológicos contribuyen, de acuerdo con su intensidad, con nublados y lluvias abundantes sobre el territorio.

A partir del *Atlas de Inundaciones* de la entidad, en la gráfica 1.3 se muestra el seguimiento de los sitios afectados por inundaciones por año y por región. Se puede apreciar que la región Pánuco presenta históricamente el mayor número de sitios afectados con un comportamiento ascendente, al pasar de 46 a 195 sitios en el periodo 1994-2006. Asimismo, en las regiones Lerma y Balsas, se observa un incremento en el número de sitios afectados.

La causa del aumento de las zonas de riesgo por inundaciones se debe al crecimiento de los núcleos poblacionales. Las zonas de mayor riesgo se localizan en las laderas de las barrancas que son ocupadas por asentamientos humanos irregulares, asimismo, se ha dado una mayor incidencia de inundaciones debido al azolve de los cuerpos de agua superficiales, causado por un aporte cada vez mayor de materiales de arrastre provenientes de la erosión hídrica y eólica de las zonas deforestadas, las cuales presentan una creciente área desprovista de elementos retenedores de suelo, como lo es la cubierta vegetal es sus estratos herbáceo y arbustivo (DGOIA, 2007).

Gráfica 1.3. Núm. Sitios afectados, temporada de lluvias (1994-2006)

Fuente: CAEM (2007)

1.4. HIDROGRAFÍA

El Estado de México se caracteriza por formar parte de las tres regiones más importantes del país, tanto por la extensión y volumen de sus corrientes superficiales, como por la concentración de población y actividades económicas que ahí se desarrollan. Dichas regiones son Pánuco, en la porción noreste; Lerma-Santiago, en la parte centro; y Balsas, en el suroeste (figura 1.4).

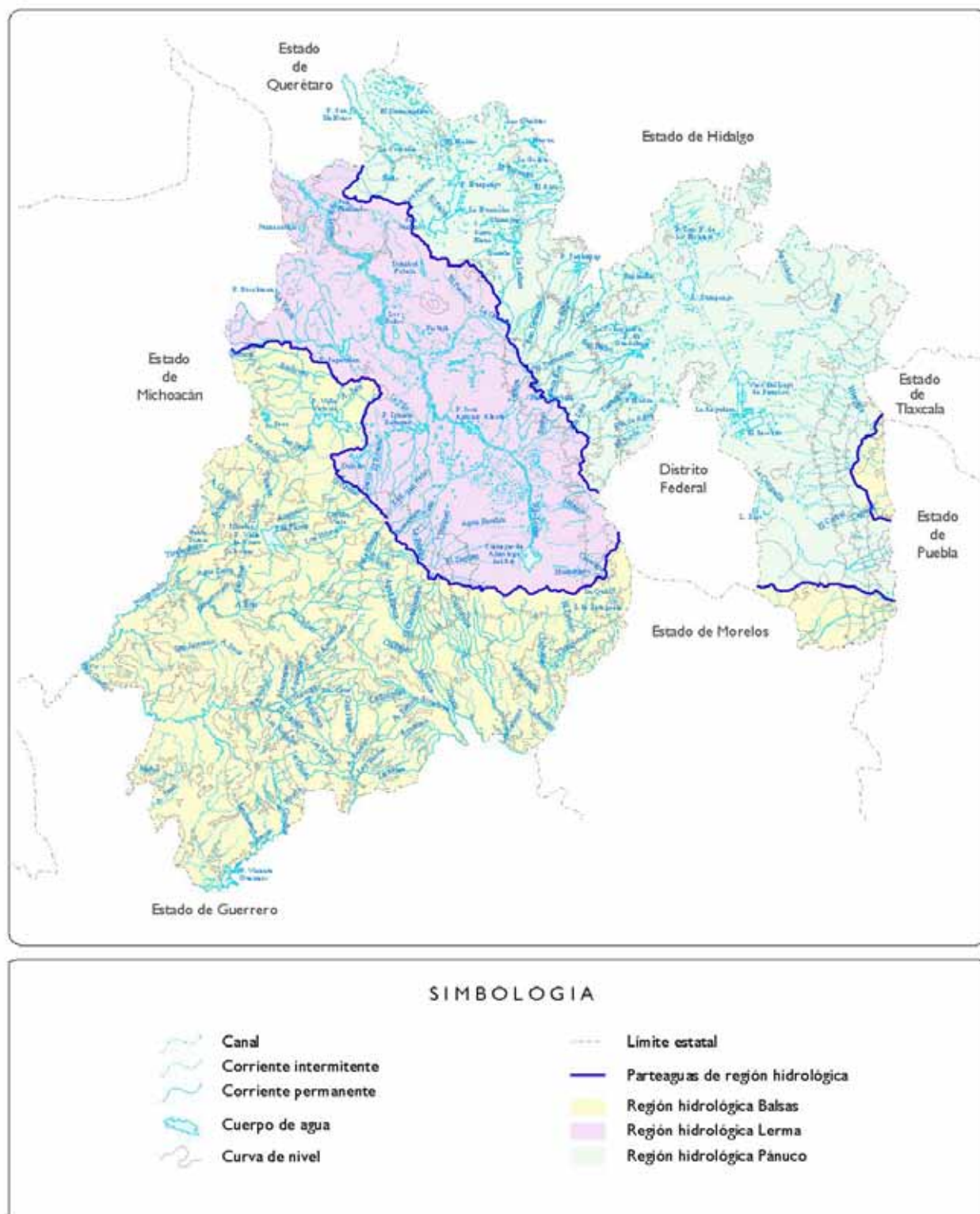
En el cuadro 1.3 se observa que la región con mayor superficie dentro de la entidad es la del Balsas con 9 146.23 km² y representa 40.65 %; en segundo lugar está la región Pánuco con 7 976.23 km² equivalente a 35.45 %; en tercer lugar está la región Lerma con 5 377.49 km² que representa 23.90 %.

Cuadro 1.3. Regiones hidrográficas en el Estado de México		
Región	Superficie (km²)	Superficie (%)
RH 26. Río Pánuco	7 976.23	35.45
RH 12. Río Lerma-Santiago	5 377.49	23.90
RH 18. Río Balsas	9 146.23	40.65
Total	22 499.95	100.00

Fuente: INEGI (2007a)

Respecto a las cuencas tributarias, la región Pánuco está integrada por cuatro, la región Lerma por 26 y la región Balsas por 56 (Véase cuadro 1.4).

Figura 1.4. Hidrografía



Cuadro 1.4. Cuencas tributarias por región hidrográfica

Región Pánuco		
26C Río San Juan Querétaro	26D Río Tula	
26D Río Tula	26F Valle de México	
Región Lerma		
12Aa02 Arroyo Paso Ancho	12Ab06 Afluentes Medio Lerma	12Aa08 Arroyo Agua Apestosa
12Ac05 Afluentes Bajo Lerma	12Aa15 Arroyo San Lorenzo	12Aa07 Arroyo el Arenal
12Ac01 Río Chiquito	12Aa13 Afluentes Presa Antonio Alzate	12Aa06 Río Jalatlaco
12Ac03 Arroyo Tultenango	12Aa14 Río Santa Catarina	12Aa05 Agua Bendita
12Ab04 Arroyo Atotonilco	12Ab01 Río la Gavia	12Aa04 Arroyo Huayatlaco
12Ac04 Arroyo la Jordana	12Aa12 Río San Lorenzo	12Aa03 Arroyo el Zaguán
12Ab02 Río Sila	12Aa11 Río Tejalpa	12Aa01 Área de recarga de Tenango
12Ab03 Río Jaltepec	12Aa09 Río Verdiguél	12Aa02 Arroyo la Ciénega
12Ab05 Arroyo San Felipe	12Aa10 Arroyo Seco	
Región Balsas		
18Ga01 Río Tilostoc	18Gb04 Río Aquiaagua	18Cc04 Río Topilar Afluentes
18Aa02 Río Tuzantlapa	18Gb02 Río Chiquito	18Gc02 Arroyo Cacanica
18Aa03 Río Chiautonco	18Gb05 Río el Naranja	18Ca01 Río San Pedro
18Ga02 Río Temascaltepec	18Gb01 Rincón del Guayabal	18Gc01 Arroyo Palmar Grande
18Fd01 Río Apatlaco	18Fc01 Río Jalatengo	18Cc01 Río el Limón
18Fa04 Río Meyuca las Flores	18Gb11 Río Bejucos	18Cd06 Arroyo la Mora
18Fb03 Río Sn Jerónimo	18Cd07 Río Sultepec	18Gc03 Arroyo la Salinas
18Fc02 Río Chalma	18Cd01 Arroyo Salado	18Ca02 Arroyo Tierra Temblosa
18Fb01 Río Calderón	18Fa02 Río Apetlahuacán	18Cb01 El Carcamán
18Fd04 Río Itzamatitlán	18Gb09 Río Chapulhuacán	18Ca03 Arroyo el Salitrillo
18Fb02 Río Tenancingo	18Gb08 Río San Miguel	18Ca04 Arroyo S P Coatepec
18Ga03 Río Pungarancho	18Gb09 Río Ayuquila	18Cd07 Río Sultepec Afluentes
18Fe01 Arroyo Achichipico	18Gb10 Arroyo Peñuelas	18Cb02 Ixcatecuya
18Cd01 Arroyo Salado	18Cd03 Arroyo Coquillo	18Ca06 Arroyo Limón Terrero
18Fc03 Río Tembembe	18Cd02 Arroyo Acacitlán	18Cd07 Río Sultepec Afluentes
18Fa03 Río Almoloya	18Cd04 Arroyo Jalpa	18Ca06 Río S Antonio Afluentes
18Fe02 Río Yecapixtla	18Cc03 Arroyo Cajones	18Ce01 Poliuatl (Palos Altos)
18Fa06 Río Chontalcuatlán	18Cc02 Arroyo el Terrero	18Gb06 Río el Cristo
18Gb03 Río Tejupilco	18Cd05 Arroyo la Goleta	

Fuente: GEM (1993a)

Entre los principales ríos de la región Pánuco destacan Cuautitlán, El Salado, El Órgano, Ñadó, San Juan, San Bernardino y El Zarco. Asimismo existen obras de ingeniería como el canal La Compañía, que sirve de desagüe de los escurrimientos de la Sierra Nevada y da origen en su curso a pequeños cuerpos de agua como Cola de Pato, La Regalada y El Tesorito. A través del canal Las Sales desembocan las aguas residuales en el caracol Sosa Texcoco, de ahí fluyen por el Gran Canal, colector del DF. Es importante señalar que la cuenca del Pánuco se considera endorreica ya que no tiene salida natural hacia al mar, pero debido a las obras de ingeniería como el Tajo de Nochistongo y las obras de desagüe profundo adquiere el carácter de exorreica.

En esta cuenca se localizan importantes cuerpos de agua entre los que destacan los lagos de Zumpango, Texcoco y Chalco, y las presas Huapango, Santa Clara, Daxhó, Taxhimay y Madín de las que en su mayoría son utilizadas para riego y en menoría para uso urbano.

En la región Lerma, existe gran número de almacenamientos entre los que sobresalen las presas Tepetitlán, José Antonio Alzate e Ignacio Ramírez, el resto son cuerpos de agua de menor capacidad utilizados casi en su totalidad para riego. La importancia de esta región radica en que ahí se encuentran las zonas agrícolas de temporal y riego más importantes de la entidad, así como algunas zonas industriales que demandan gran parte del agua disponible. Entre los principales afluentes de la región destacan los ríos Lerma, Zacango, Jaltepec, Gavia, Tejalpa, Verdiguél y Otzolotepec.

La región Balsas, se caracteriza por presentar la mayoría de los embalses de la entidad, en esta también se encuentran ubicados importantes cuerpos de agua destinados a la generación de energía eléctrica como la presa Villa Victoria. Asimismo, de esta región se exporta un volumen considerable del agua que se consume en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); también en ésta se localizan zonas de pastizales y áreas destinadas a la floricultura y fruticultura. Sus escurrimientos están integrados por numerosos ríos de importantes caudales como el Temascaltepec, Sultepec, Topilar, San Pedro, Amacuzac, Cutzamala, San Felipe-el Naranjo, Meyuca, San Martín Pungaranchó, la Asunción, Ixtapan, Almoloya, los Lobos y Chalma.

En el Estado de México se han construido embalses que se aprovechan para la generación de energía eléctrica, riego agrícola y uso urbano. En el cuadro 1.5 se muestran los volúmenes de almacenamiento que se tienen en las principales presas de la entidad, para los años 2004 y 2005. Se puede observar que en todos los casos el volumen de almacenamiento disminuyó.

Cuadro 1.5. Comparativo de las principales presas de la entidad			
Volúmenes de almacenamiento			
Millones de m³ (Mm³)			
Presa	Capacidad de diseño	Año	
		2004	2005
Molino	7.40	7.18	5.22
Isla de las Aves	9.33	6.54	3.33
Madín	10.25	10.82	10.60
La Concepción	11.90	11.36	11.17
Ñadó	16.03	16.32	6.50
Ignacio Ramírez	18.80	23.46	14.76
Danxhó	30.55	30.69	20.99
José Antonio Alzate	32.70	15.09	12.00
Guadalupe	55.50	51.04	48.55
Tepetitlán	67.32	62.74	57.58
Huapango	121.00	89.28	37.65
Villa Victoria	182.03	180.55	100.13
Valle de Bravo	418.25	355.80	297.17

Nota: Volúmenes para septiembre

Fuente: CONAGUA (2004, 2005b)

- Balance Hidrológico

El volumen total que recibe el Estado de México por precipitación es de 22 mil 472 millones de metros cúbicos pero la mayor parte, aproximadamente 80 % regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Cabe mencionar que el agua que recibe por precipitación es diferente año con año por lo que la disponibilidad de agua muestra variaciones temporales y espaciales que pueden llegar a ser de hasta 30 % (CONAGUA, 2001).

Del total de agua disponible, 1 067 Mm³ se infiltran y 3 707 Mm³ escurren incorporándose a ríos, arroyos y embalses de la entidad. Por región hidrográfica, el Balsas recibe la mitad del volumen de precipitación y también participa con un importante volumen de escurrimiento. La región Lerma destaca por su participación en la infiltración y por tanto en la recarga de mantos freáticos.

Cuadro 1.6. Balance hidrológico del Estado de México						
Región	Precipitación		Infiltración		Escurrecimiento	
	mm	Mm³	Mm³	m³/s	Mm³	m³/s
Pánuco	771	6 367	383	12.14	748	23.72
Lerma	915	4 735	524	16.62	799	25.33
Balsas	1 254	11 370	160	5.07	2 160	68.48
Estado	999	22 472	1 067	33.83	3 707	117.53

Fuente: CAEM (2002)

Además del aporte natural, la entidad recibe al año 109.8 Mm³ de agua proveniente de las presas Tuxpan y El Bosque, ambas pertenecientes al estado de Michoacán, que junto con las presas mexiquense Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo alimentan el Sistema Cutzamala (CONAGUA, 2001). Por otra parte el Estado de México exporta al año un volumen aproximado de 540.2 Mm³ de agua potable al DF a través de los sistemas Lerma-Cutzamala, Norte y Oriente (CAEM, 1999, 2002).

Una situación paradójica que se presenta en la ZMVM, por una parte, la requisición de un enorme caudal para satisfacer la demanda creciente de la población y, por otra, la necesidad de desalojar grandes volúmenes de agua residual y pluvial pues debido a las alteraciones de los cauces naturales de la antigua zona lacustre, hoy en día se presentan serias inundaciones.

Respecto al balance hidrológico de aguas subterráneas, en el cuadro 1.7 se puede apreciar que existen una recarga de 876.6 Mm³ y una extracción de 1 777 Mm³ por lo que el balance es negativo, es decir se extrae más de lo que se ingresa. Esto representa un serio problema de sobreexplotación, particularmente en las regiones Pánuco y Lerma, sólo el Balsas no presenta déficit. Aunado al problema de sobreexplotación también está el caso de contaminación de algunos pozos de la región Pánuco por lo que la calidad de agua no es apta para consumo humano.

Cuadro 1.7. Balance hidrológico de aguas subterráneas			
Mm³/a			
Región	Recarga	Extracción	Balance
Pánuco	371.7	1 114.9	-743.2
Lerma	455.8	630.4	-174.6
Balsas	51.1	31.7	19.4
Estado	876.6	1 777.0	-900.0

Fuente: CAEM (2004)

Es importante resaltar que la cantidad y calidad del recurso agua es vital no sólo para el ser humano, sino también para mantener el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, asimismo de no cuidarla y administrarla adecuadamente, su escasez puede convertirse en un factor limitante para el desarrollo económico y social de la entidad.

1.5. OROGRAFÍA

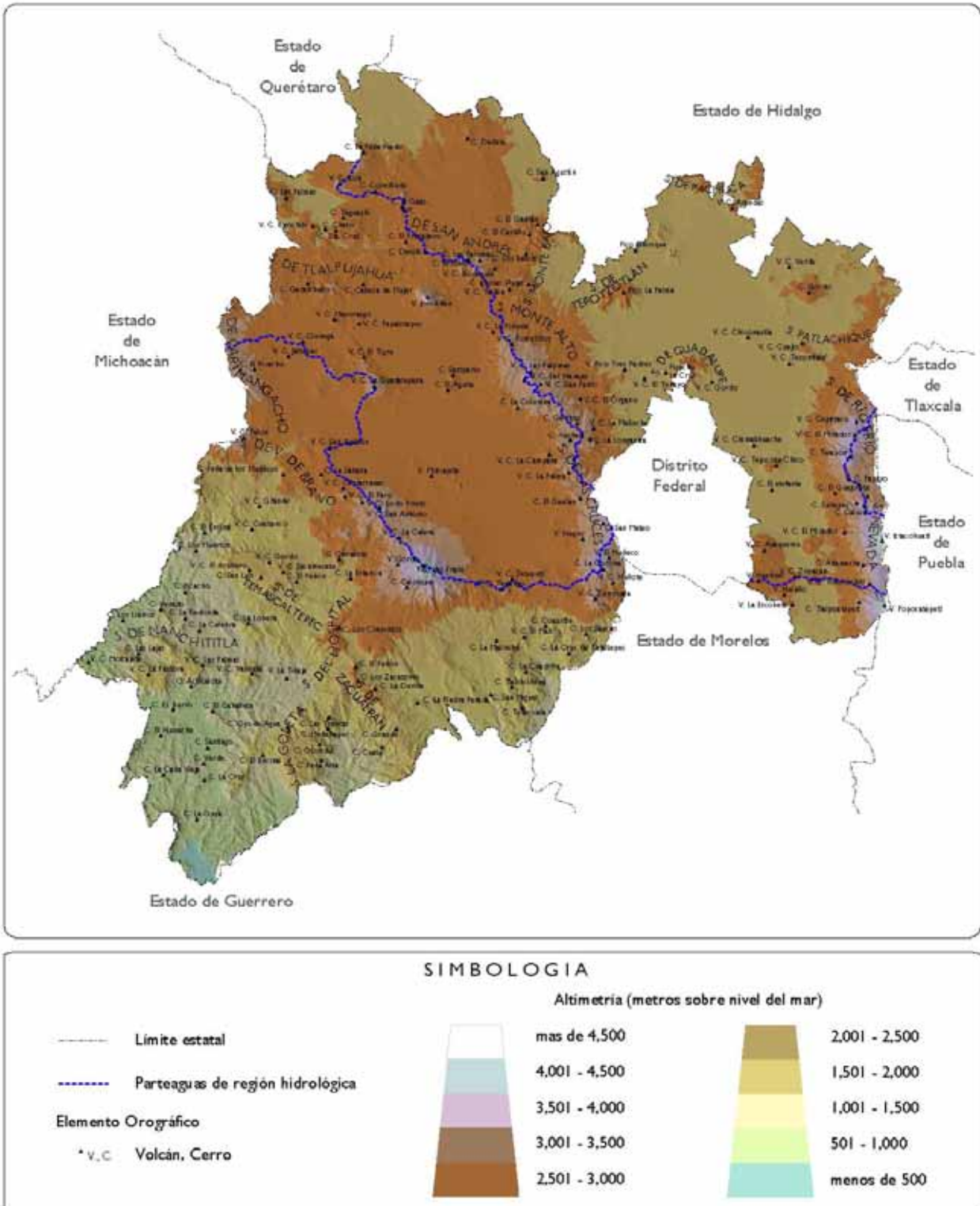
El territorio del Estado de México, se encuentra enclavado en el sistema orográfico de la provincia del Eje Volcánico Transversal que comprende las subprovincias Mil Cumbres, Lagos y Volcanes de Anáhuac y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; y en la provincia Sierra Madre del Sur que comprende las subprovincias Depresión del Balsas y Sierras y Valles Guerrerenses (INEGI, 2002). El relieve es bastante irregular pues en 76.1 % del territorio predomina sierras y lomeríos, en tanto que en el restante 23.9 %, llanuras y valles (GEM, 2003a). Véase figura 1.5.

La región Pánuco es una estructura geomorfológica con límites espaciales precisos: un partea-guas cerrado que la define como una cuenca endorreica. Es en sí una extensa planicie rodeada al norte por las sierra de Tepetzotlán y de Pachuca, al sur por la Sierra Chichinautzin; al poniente la Sierra de las Cruces, la Sierra de Monte Altos y la Sierra de Montes Bajos, y al oriente por la Sierra Nevada. Otro grupo de montañas que se levantan sobre la planicie de la cuenca conforman la Sierra de Guadalupe.

Los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl se encuentran en el sistema orográfico Sierra Nevada. Estos volcanes pertenecen al tipo estratificado poligenético y tuvieron su origen durante el periodo Terciario de la era Cenozoica (Varga, 2005). La actividad volcánica del Iztaccíhuatl cesó antes de la última glaciación mayor, mientras que el Popocatepetl continúa en actividad, registrando las más recientes exhalaciones explosivas durante el 29 y 30 de enero de 2001, las cuales lanzaron pequeños fragmentos sobre la ladera oriental del volcán (SEGOB, 2007).

La región Lerma, limita por su extremo sur con la Sierra Matlazinca (extensión de la Sierra Chichinautzin) por su lado poniente con las sierras Nevado de Toluca, Valle de Bravo, Tlalpujahua y Carimangacho. Se presenta como un amplio altiplano conteniendo en su interior montañas de origen volcánico, por ejemplo la Sierra de San Andrés y la Sierra Morelos, así como lomeríos de aluvión y escalones de fallas.

Figura 1.5. Orografía



La región Balsas está limitada por el parteaguas que forman, en su extremo norte la Sierra Valle de Bravo, al este por las sierras de Nanchititla y San Vicente; y por la Sierra la Goleta y Sierra Zacualpan en el extremo sur. En su parte central se presentan los sistemas montañosos de la Sierra de Temascaltepec. Esta parte del territorio estatal se caracteriza por una morfología accidentada con presencia de valles angostos, profundas cañadas y barrancos; estructuras rocosas de origen marino que al levantarse han sufrido fuertes plegamientos y fracturas.

1.6. GEOLOGÍA

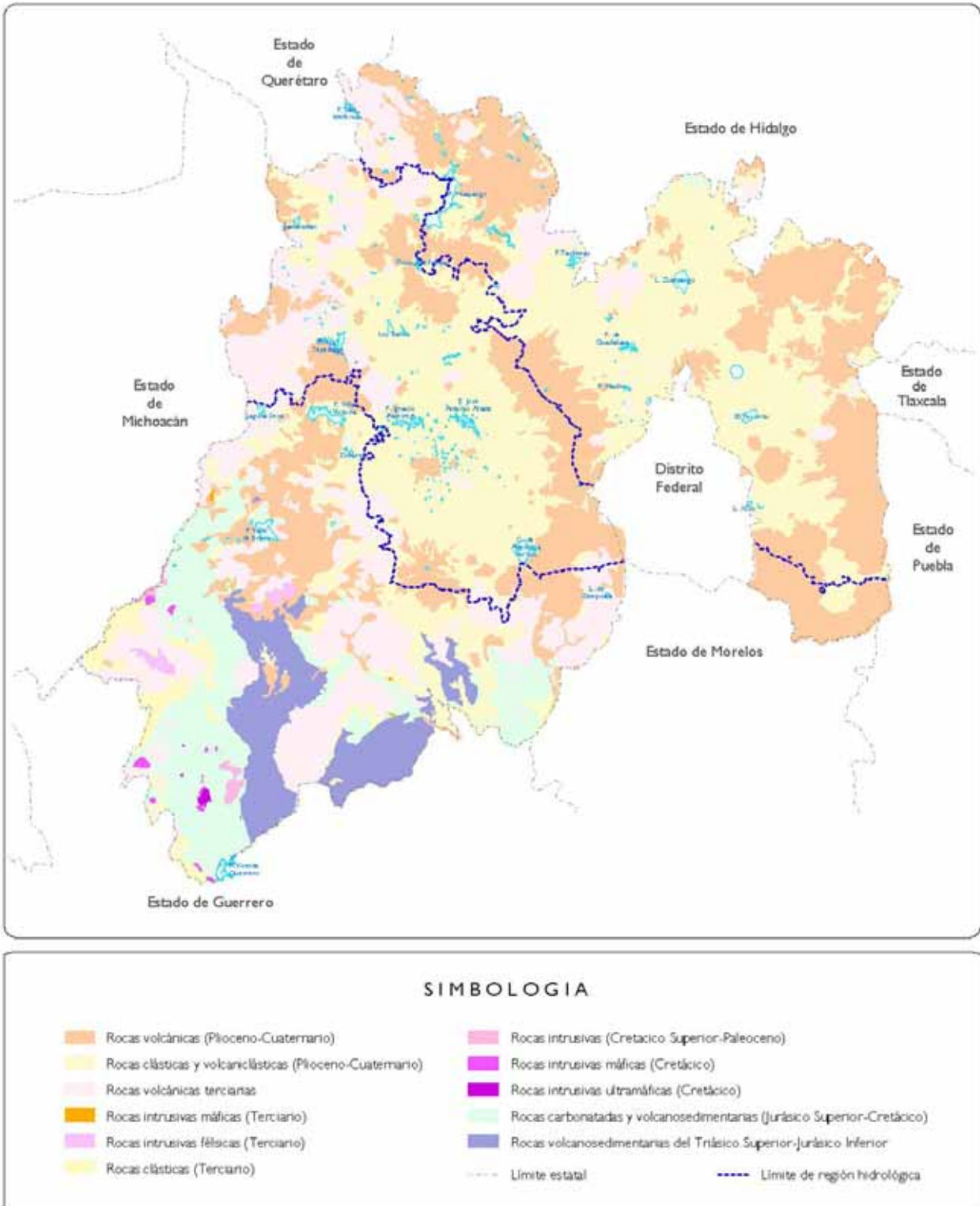
El Estado de México se diferencia por dos grandes provincias: la geología volcánica cenozoica del Eje Neovolcánico Transversal y la geología estructural y sedimentaria marina de la cuenca del Río Balsas y (figura 1.6).

En cuanto a la provincia del Eje Neovolcánico Transversal, la geología más extensa es la ígnea, y comprende desde la roca verde andesita metamorfozada del Triásico, hasta las formaciones del Mesozoico, pero la secuencia más abundante corresponde al periodo Terciario-Cuaternario de la era Cenozoica.

La estratigrafía volcánica, se inició con la riolita tilzapotla del periodo Oligoceno, misma que creó tobas, lahares y brechas volcánicas. Entre el periodo Mioceno-Plioceno se presentaron extensas capas de andesitas y basalto, mismas que formaron el cuerpo principal de las grandes sierras (Nevado de Toluca, de las Cruces y Nevada). Ya en tiempos recientes como el Pleistoceno-Holoceno se presentaron focos magmáticos con derrame de materiales de gran fluidez como las lavas basálticas de la formación Chichinautzin. Esta formación presentó una gran cantidad de focos que arrojaron piroclastos y formaron los volcanes monogenéticos encontrados tanto en las regiones hidrográficas Lerma y Pánuco, incluso, en la del Balsas como los volcanes de Texcaltitlán.

En la región Balsas las rocas más antiguas son de tipo metamórfico como el esquisto Taxco y rocas tipo pizarra negra de edad paleozoica. Sobre estas antiquísimas rocas, se encuentra la formación “roca verde” surgida a partir de metamorfismo de contacto, con depósitos de rocas volcánicas y andesitas marinas. Posterior a este basamento, se presenta una serie de formaciones de origen marino con presencia de rocas calizas, lutitas y areniscas. La edad de estas formaciones va desde el Jurásico hasta el Cretácico Superior de la era Mesozoica. Subsiguiente a estos depósitos sólo se encuentran rocas sedimentarias del tipo detrítico continental, lo que sugiere que a partir del Cretácico Superior el territorio estatal emergió del fondo marino. En los valles de Toluca y México los estratos marinos sedimentarios que han sido encontrados quedaron sepultados por los depósitos volcánicos hasta profundidades de 200 a 300 metros.

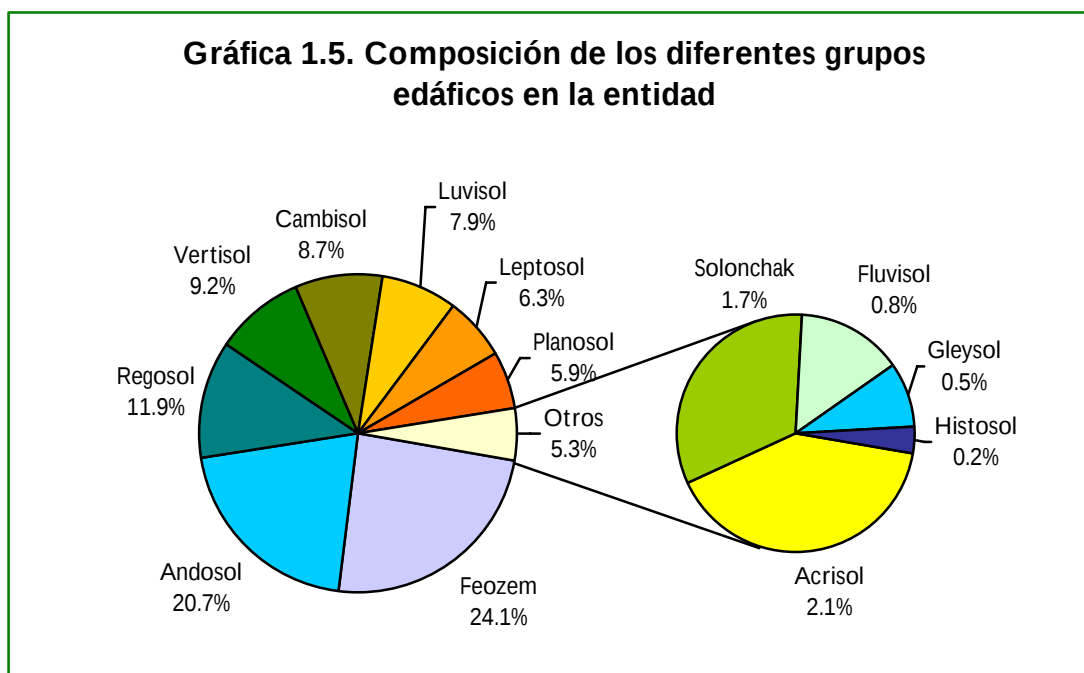
Figura 1.6. Geología



1.7. EDAFOLOGÍA

Las condiciones geológicas, topográficas y climáticas del Estado de México propician una gran variedad de suelos, los cuales están representados por 13 grupos edáficos de los 38 establecidos en el mapa mundial de suelos de la FAO-UNESCO. En poco más de la mitad del territorio estatal (56.7 %) están presentes tres grupos de suelo: feozem (24.1 %), andosol (20.7 %) y regosol (11.9 %); el resto de la superficie está representado por otros 10 grupos edáficos, lo cual establece la gran diversidad de suelos y la complejidad para su uso y manejo (gráfica 1.5).

El grupo de los feozem, localizados en planicies, se caracterizan por ser suelos aptos para la agricultura, asimismo, aquellos localizados en laderas o pendientes pronunciadas se emplean en actividades pecuarias. Los andosoles son suelos que se han formado a partir de ceniza volcánica; su textura es muy suelta por lo que tienen una gran susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica; su uso en la ganadería y agricultura es poco redituable. Los regosoles son suelos formados por material suelto, con frecuencia son someros y pedregosos; su aptitud para la agricultura es moderada, se localizan en zonas montañosas y lomeríos (Véase GEM, 2003a).



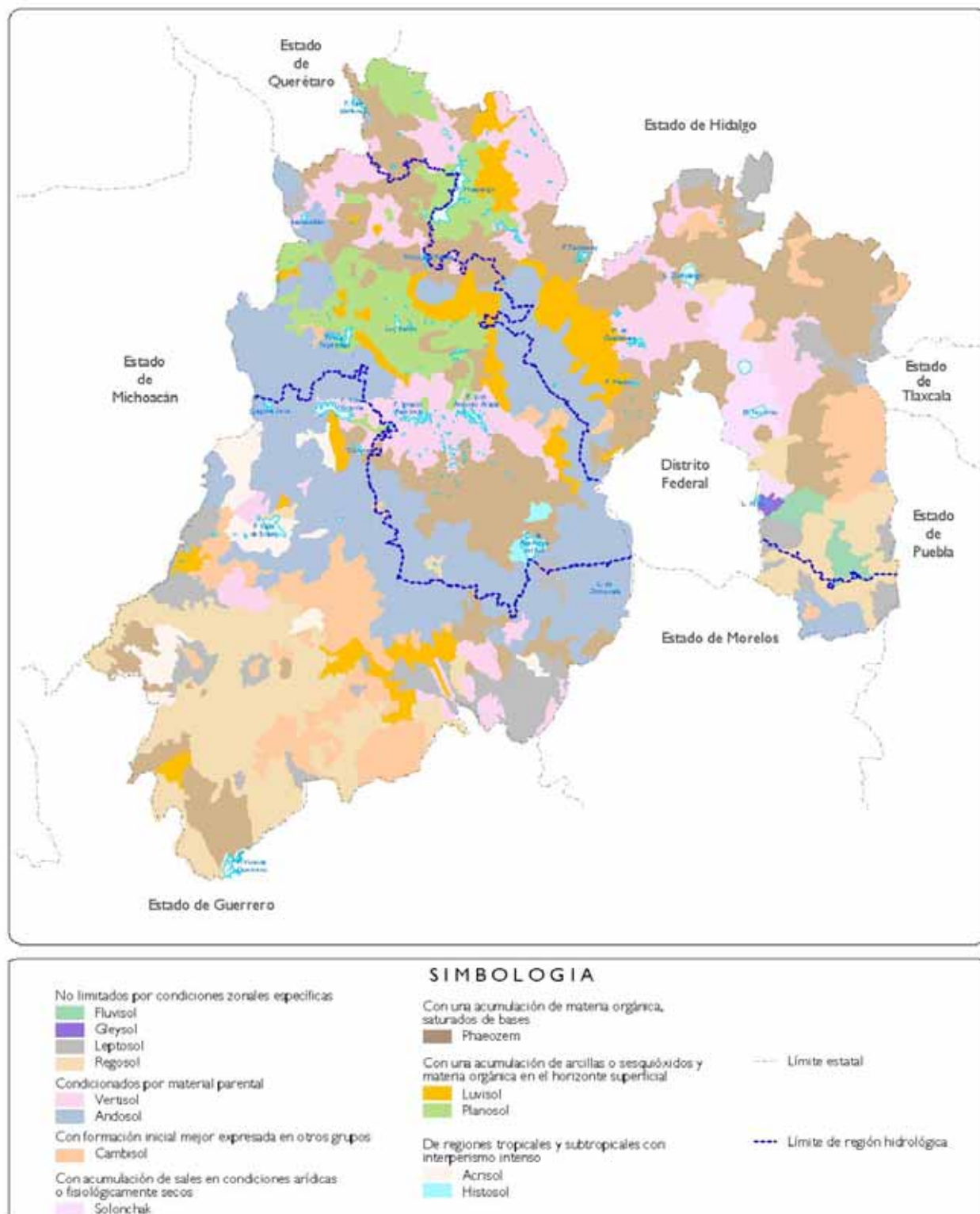
Fuente: GEM (1993a)

La distribución de los 13 grupos edáficos se aprecia en la figura 1.7 y sus características generales se mencionan a continuación (GEM, 1993a):

1. Acrisoles. Se les encuentra en zonas tropicales o templadas muy lluviosas, presentan horizontes arcillosos y son generalmente ácidos; se utilizan en la agricultura con rendimiento muy bajo y en la ganadería con rendimiento medio; son moderadamente susceptibles a la erosión.

2. Andosol. Se derivan de cenizas volcánicas, poseen gran capacidad de retención de humedad y fijación de fósforo, son susceptibles a erosionarse, son poco aptos para uso agrícola; se localizan en las áreas volcánicas.
3. Cambisol. Son suelos jóvenes, poco desarrollados; se presentan en diferentes condiciones topográficas y climáticas; son moderadamente aptos para la agricultura; en algunos casos tienen acumulación de caliche suelto.
4. Feozem. Son suelos aptos para la agricultura en clima templado; presentan acumulación de materia orgánica; son de fácil manejo y alcanzan un alto grado de productividad agrícola; son susceptibles a la erosión moderada y alta; se encuentran en zonas de poca pendiente.
5. Fluvisol. Son suelos depositados por el agua; poco desarrollados; se ubican cerca de lagos o sierras desde donde escurre el agua a los llanos; pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles e infértiles en función del tipo de materiales que los forman.
6. Gleysol. Son suelos con hidromorfía, es decir, que se saturan de agua; se desarrollan sobre materiales no consolidados; se localizan en zonas donde se acumula y estanca el agua; se utilizan en la ganadería con rendimientos moderados; son muy poco susceptibles a la erosión.
7. Histosol. Están restringidos a las áreas en donde se acumula el agua y los desechos de muchas plantas que quedan en la superficie sin descomponerse durante mucho tiempo. Se encuentran en las zonas pantanosas o en lechos de antiguos lagos. No son susceptibles a la erosión.
8. Leptosol. Están limitados en profundidad por una roca dura continua por materiales altamente calcáreos; una capa continúa cementada dentro de los 30 centímetros superficiales. Son poco aptos para la agricultura y se encuentran en áreas de montaña y de lomeríos.
9. Luvisol. Son suelos típicos donde la precipitación es alta; presentan acumulación de arcilla o sesquióxidos; presentan coloración rojiza, parda o gris; su vocación natural es la forestal y su rendimiento en la agricultura es bajo; son susceptibles a la erosión en todos sus grados.
10. Planosol. Muestran una capa superficial con alto contenido de materia orgánica; tienen un drenaje deficiente debido a una capa en el subsuelo de muy baja permeabilidad; son moderadamente aptos para la agricultura, se localizan principalmente en zonas bajas y son fáciles de erosionar.
11. Regosol. Están formados por material suelto diferente del aluvial reciente, como los depósitos fluviales, dunas o cenizas volcánicas; son someros y pedregosos; su aptitud para la agricultura es moderada; se localizan en zonas de montaña y lomeríos.
12. Solonchak. Son suelos que acumulan sales en condiciones de aridez, lo que limita el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales; son de color claro y no son aptos para la agricultura.
13. Vertisol. Presentan alto contenido de arcilla, con grietas anchas y profundas en la época de secas, y pegajosos con la humedad, son inadecuados para la agricultura de temporal, pero aptos para la de riego; se encuentran en zonas bajas y lomeríos; presentan problemas de inundación y se destacan por ser expansivos.

Figura 1.7. Edafología



1.8. TIPOS DE VEGETACIÓN

El complejo relieve de territorio estatal, así como sus variadas características climáticas, geológicas y edafológicas permiten el desarrollo de diversos tipos de vegetación que van desde los bosques templados hasta los matorrales de zonas áridas y selvas, intercalando vegetación acuática. De acuerdo con el *Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de México 2005-2025* (SEDAGRO 2006) en la entidad están presentes los tipos de vegetación siguientes:

- | | |
|---|--|
| - Bosque de pino y otras coníferas | - Matorral xerófilo |
| - Bosque de oyamel | - Pastizal natural e inducido |
| - Bosque de encino | - Pastizal de alta montaña |
| - Bosque mesófilo de montaña | - Vegetación hidrófila (humedales) |
| - Bosque mixto pino-encino | - Vegetación halófila y gipsófila |
| - Selva baja caducifolia y subcaducifolia | - Bosque de galería (vegetación riparia) |

Estos tipos de vegetación forman un complejo mosaico y su distribución en la entidad se puede apreciar en la figura 1.8.

- Bosque de Pino

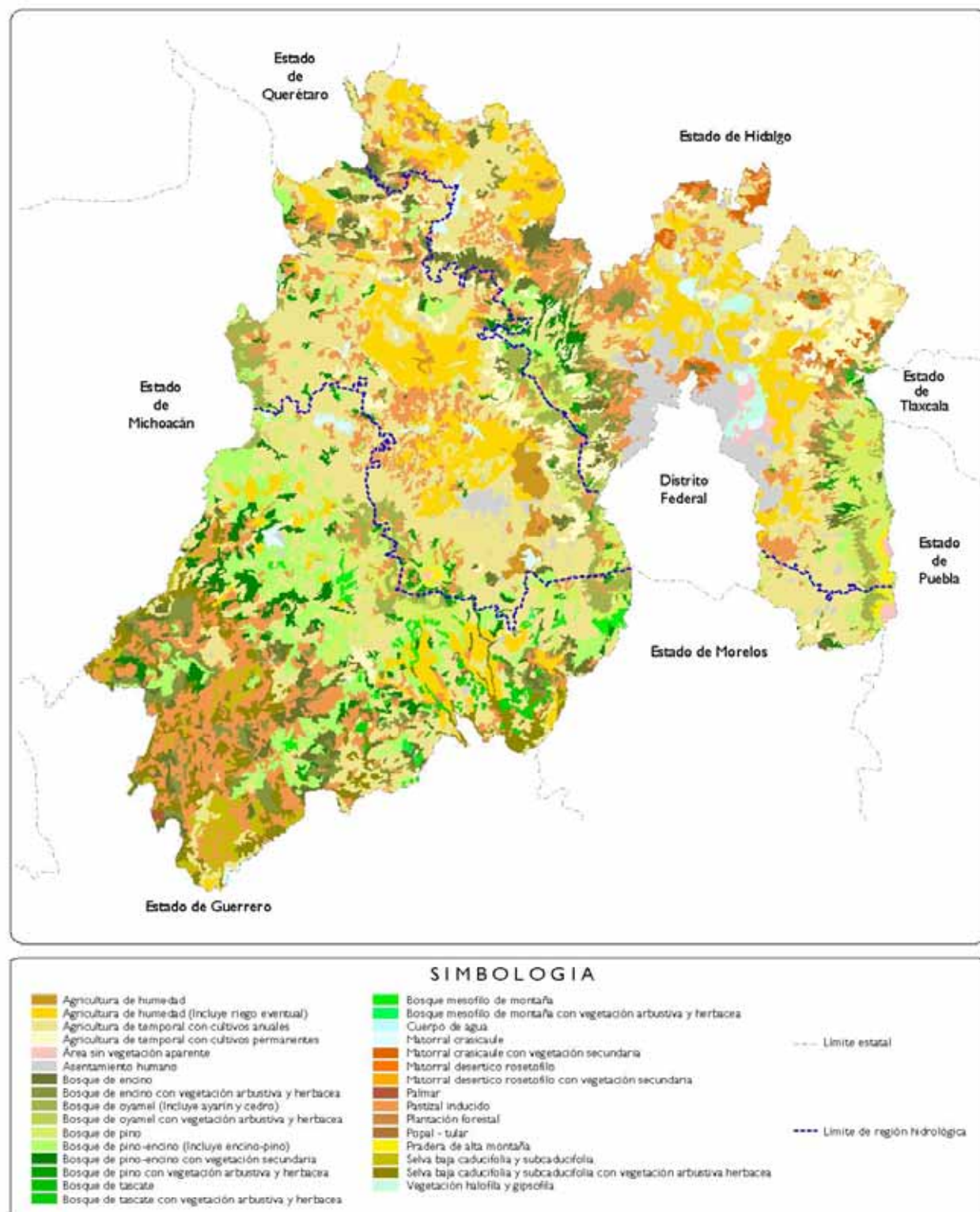
El bosque de pino suele estar asociado con el oyamel para formar rodales en los que ni el *Pinus* ni el *Abies* resultan claramente dominantes, asimismo, también tienden a estar asociados con especies de encino para formar bosques de pino-encino, por lo que resultan menos frecuentes los rodales constituidos exclusivamente por el género *Pinus*. Entre las especies de mayor valor económico están: *P. douglassiana*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*.

Los mayores daños y amenazas que sufre este tipo de vegetación son por el continuo uso del fuego para quemar los pastizales, la tala y el desmonte para la explotación agrícola, el sobrepastoreo y la excesiva explotación, ya que la mayor parte de las especies son un recurso forestal de gran importancia para el país. La vegetación que sucede a los pinares pueden ser diferentes especies de los propios pinares y, si el disturbio es muy intenso y este se destruye, los pastizales y zacatales suelen ser las plantas que sustituyen a este tipo de vegetación.

- Bosque de Oyamel

El bosque de oyamel (*Abies religiosa*) tiene una distribución más restringida, principalmente en lugares de clima frío. Los únicos bosques extensos de este tipo en la entidad forman un cinturón muy denso en las proximidades de la Marquesa, el Nevado de Toluca, la Sierra de las Cruces y en Zempoala. Esta comunidad vegetal presenta un ecotono con el bosque de pino, por lo que es común encontrar cinturones donde las especies de *Pinus* se encuentran mezcladas con las de oyamel.

Figura 1.8. Tipos de vegetación



- Bosque de Encino

Los encinares tienen una distribución amplia, llegando a ocupar zonas templadas, áridas y tropicales. Las principales especies de encino de este tipo de bosque son *Q. macrophylla*, *Quercus rugosa*, *Q. crassipes*, *Q. elliptica*, *Q. acutifolia* y *Q. castanea*. La presencia o ausencia de un estrato arbustivo bien definido está relacionado con el manejo que se le dé al bosque en cada sitio; así por ejemplo, en áreas donde se extrae madera o en sitios perturbados el estrato arbustivo se encuentra poco representado o no existe. Esta es una de las comunidades vegetales que ha sido más afectada por las actividades humanas, debido a la tala, incendios, plagas y la invasión de asentamientos humanos. Tales actividades pueden devenir en un proceso de erosión del suelo por la reducción de la cubierta vegetal, así como la reducción de las especies silvestres de fauna y flora.

- Bosque Mesófilo de Montaña

Los bosques mesófilos de montaña están restringidos a cañadas y laderas abruptas, muy protegidas y húmedas. Su distribución en la entidad es sumamente limitada; se les encuentra entre 1 900 y 2 500 metros de altitud, en las laderas del Popocatepetl e Iztaccihuatl, así como en los municipios de Sultepec, Temascaltepec y Valle de Bravo. Este tipo de comunidad está expuesto a una intensa presión y ha sido eliminado por la extracción de madera. Las principales especies son *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Meliosma dentata*, *Oreopanax xalapensis*, *Quercus laurina* y *Prunus* spp.

- Bosque Mixto

El bosque mixto comprende las comunidades mezcladas de diversas especies de pino, encino y oyamel en proporción diversa, siendo difícil separar una especie de otra, debido a la heterogeneidad con que se presentan. Las asociaciones más frecuentes son pino-encino, pino-oyamel, pino-oyamel-latifoliadas. Las especies dominantes en este tipo de vegetación pertenecen a los géneros *Pinus* y *Quercus* y suelen ir acompañadas por especies de los géneros *Arbutus*, *Buddleia*, *Alnus* y *Cupressus*. Conforman en áreas forestales de importancia económica, por lo que se encuentra en condiciones de disturbio.

- Selva Baja Caducifolia

La selva baja caducifolia se distribuye en la parte sur de la entidad, en lo que corresponde a la región Balsas. Esta comunidad es rica en especies vegetales dentro de las que destacan copales (*Bursera fagaroides*, *Bursera jorullensis*, *Bursera lancifolia*), huizache (*Acacia farnesiana*), casahuate (*Ipomoea wolcottiana*), huamuchiles (*Pethecellobium dulce*) tepehuales (*Lysiloma acapulcensis*), amate amarillo (*Ficus petiolaris*), entre otras. La selva baja caducifolia es uno de los ecosistemas tropicales más amenazados, tanto por la explotación agrícola extensiva e intensiva inadecuada, que la transforman en pastizales, como por el establecimiento de asentamientos humanos. Esta situación ha hecho que la extensión de la selva madura se reduzca, poniendo en peligro a un gran número de plantas y animales endémicos.

- Matorral Xerófilo

Los matorrales xerófilos son comunidades de clima templado seco y prosperan en las planicies, lomeríos y serranías, en suelos poco desarrollados, pedregosos o tepetatosos. En este tipo de vegetación dominan arbustos de hojas muy reducidas, o incluso, reducidas a espinas, por lo que están adaptados para evitar la pérdida de agua debido a las altas temperaturas del ambiente.

Podría pensarse que debido a las condiciones climáticas adversas para el desarrollo de la agricultura y la ganadería el matorral xerófilo fuese una de las comunidades vegetales menos afectadas por las actividades humanas, pero esto no es del todo cierto. La utilización más frecuente del matorral xerófilo es para el pastoreo del ganado caprino, debido a que estos animales demandan poca agua para su subsistencia. En las zonas en donde se ha establecido la agricultura de riego, la vegetación original ha desaparecido completamente. En lo relativo al aprovechamiento de las plantas silvestres, este es selectivo y limitado, por lo que también existen especies sobre-explotadas.

- Pastizales Naturales

La mayoría de los pastizales naturales se localizan en la región Pánuco y se refieren a las comunidades vegetales en las que predominan las gramíneas. Los géneros *Bouteloua*, *Andropogon*, *Aristida*, *Cynodon*, *Eragrostis* y *Stipa* son los más representativos. Desde el punto de vista económico esta cubierta vegetal reviste un gran valor, pues constituye el medio apto para el aprovechamiento pecuario, debido a que los pastizales son particularmente adecuados para la alimentación del ganado bovino y equino, aunque la demanda en el mercado del primero favorece el incremento de su cría.

- Pastizal de Alta Montaña

Los pastizales de alta montaña, llamados también zacatonal alpino o pradera de alta montaña, es una comunidad de plantas arroquetadas o amacolladas que crece en lugares fríos por encima del límite de la vegetación arbórea, en altitudes que superan los 3 000 msnm, por lo que su distribución se circunscribe al Nevado de Toluca y la Sierra Nevada. Entre las especies más conspicuas están: *Agrostis tulecensis*, *Eryngium proteiflorum*, *Arenaria bryoides*, *Calamagrostis tulecensis*, *Cirsium nivale*, *Festuca livida*, *Lupinus montanus*, *Trisetum rosei* y *Muhlenbergia montana*. El pastizal se aprovecha para la ganadería y se le quema durante la temporada seca del año.

- Vegetación Hidrófila (Humedales)

Dentro de la vegetación acuática destacan los humedales, ecosistemas muy importantes con comunidades compactas de plantas acuáticas de la familia *Typhaceae* (tifas), *Ciperácea* (escobilla) y *Juncácea* (tules), siendo características las especies *Typha latifolia* y *Scirpus lacustris*. Este tipo de vegetación compone a las Ciénegas de Lerma ubicadas en los municipios de Lerma, Tianguistenco, Almoloya del Río, Capulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac. En las orillas de los

humedales también es posible observar vegetación riparia como el sauce llorón (*Salix babylonica*), el ahuejote (*Salix bomplandiana*) y el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*).

- Vegetación Halófila y Gipsófila

Este tipo de vegetación incluye comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se desarrollan sobre suelos con alto contenido de sales (halófila) o yeso (gipsófila), sobre todo en los suelos de origen lacustre, así como cerca de lagos y lagunas. La especie más común es *Destichlis* spp.

- Bosque de Galería

Se refiere a la vegetación riparia ubicada en las márgenes de los ríos y arroyos. Su cobertura esta limitada en amplitud ya que bordea las fuentes de agua o patrones de drenajes naturales. Su importancia radica en ser unidades protectoras de agua, nichos de hábitat para alimentación y refugio de fauna. Este tipo de vegetación suele estar compuesto por *Taxodium macronatum*, *Salix* spp. *Fraxinus* spp, *Baccharis* spp y *Chilopsis linearis*.

En el cuadro 1.9 se presenta la superficie total según el tipo de vegetación presentes en la entidad. Como se puede apreciar, el 37.26 % de la superficie vegetal corresponde a los bosques, principalmente de coníferas (25.09 %); le sigue en importancia los pastizales con una representación de 30.38 %, de los que 28.98 % es pastizal inducido. A la vegetación secundaria le corresponde 28.91 %.

Cuadro 1.9. Superficie según tipo de vegetación		
Categoría	ha	(%)
Bosque	400 571.06	37.26
<i>Coníferas</i>	269 729.52	25.09
<i>Encino</i>	77 495.63	7.21
<i>Mixto</i>	42 115.52	3.92
<i>Mesófilo</i>	11 230.39	1.04
Matorral xerófilo	16 543.71	1.54
Selva baja caducifolia	16 314.45	1.52
Pastizal	326 561.66	30.38
<i>Natural</i>	15 024.97	1.40
<i>Inducido</i>	311 536.58	28.98
Otros tipos de vegetación	4 165.77	0.39
<i>Hidrófila</i>	3 336.44	0.31
<i>Palmar</i>	829.33	0.08
Vegetación secundaria	310 774.79	28.91
Total	1 074 931.44	100.00

Fuente: INEGI (2006a)

1.9. RIQUEZA DE ESPECIES

El Estado de México posee una alta diversidad biológica a pesar de que su territorio equivale apenas a 1.15 % del territorio nacional. Esto se debe a su peculiar ubicación geográfica, topografía, relieve accidentado, historia geológica, variedad de climas y ecosistemas, que le confieren una enorme heterogeneidad ambiental. Cabe recordar que el Eje Neovolcánico Transversal es el sistema montañoso que divide al país y, por ende al Estado de México, en dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, cada una de las cuales tiene una flora y fauna características, pero que convergen en esta franja. De manera general, la región Neártica comprende la porción centro y norte del territorio estatal, en tanto que la región Neotropical abarca la parte suroeste, particularmente la zona cálida de la región Balsas.

De acuerdo con la CONABIO (1998) en el Estado de México se tiene un registro de 2 420 especies, pero datos más recientes (GEM 2002a, 2007) indican que la entidad tiene una riqueza de 3 428 a 3 735 especies (cuadro 1.10).

Cuadro 1.10. Riqueza de especies en la entidad según fuente de información		
Grupo	GEM (2002a)	GEM (2007)
Flora	2 500	2 081
Mamíferos	118	152
Aves	300	396
Reptiles	87	93
Anfibios	45	53
Peces de agua dulce	18	34
Invertebrados	668	619
Total	3 735	3 428

La riqueza de especies del Estado de México que se aprecia a partir de estas cantidades es sólo una subestimación de la diversidad real, ya que existen muchas zonas geográficas tanto del país como de la entidad que aún no han sido estudiadas en detalle, así como muchos grupos taxonómicos de los que poco o casi nada se sabe, por ejemplo, de insectos, protozoarios, algas, entre otros taxos. Por lo anterior, es de esperar que el número de especies sea aún mayor.

- Especies Endémicas

Las especies o subespecies endémicas son aquellas cuyo ámbito de distribución natural se encuentra restringido a una región geográfica particular, es decir, que son exclusivas de un lugar, y no se encuentra en ninguna otra parte del mundo. Como ejemplo de especies endémicas de México con distribución en la entidad se pueden mencionar:

Aves: Anas platyrhynchos diazi (pato mexicano), *Bubo virginianus mayensis* (tecolote), *Buteo jamaicensis hadropus* (aguililla cola roja), *Cinclus mexicanus* (mirlo), *Cyanolyca nana* (chara enana), *Dendrortyx macroura* (codorniz coluda neovolcánica)

Mamíferos: *Artibeus hirsutus* (murciélago frutero), *Cratogeomys tylosinus* (tuza), *Cryptotis mexicana* (musaraña), *Dipodomys phillipsii* (rata canguro), *Microtus quasiater* (metorito o ratón de alfalfar), *Romerolagus diazi* (teporingo) y *Sciurus oculatus toluca* (ardilla arborícola).

Reptiles: *Barisia imbricata imbricata* (lagarto alicate del Popo), *Ctenosaura pectinata* (iguana), *Geophis bicolor* (culebra del Altiplano), *Kinosternon integrum* (tortuga casquito), *Micrurus laticollaris* (serpiente coralillo del Balsas) y *Phrynosoma orbiculare* (lagartija cornuda de montaña).

Anfibios: *Ambystoma mexicanum* (ajolote), *Ambystoma lermaense* (ajolote de Lerma), *Ambystoma zempoalaense* (ajolote de Zempoala), *Ambystoma lacustris* (Ajolote de Zumpango), *Rana montezumae* (rana de Moctezuma) y *Rana tlaloci* (rana de Tláloc).

Peces: *Algansea barbata* (pupo de Lerma), *Girardinichthys viviparus* (Mexcalpique), *Notropis boucardi* (carpa del Balsas) y *Skiffia lermae* (tiro).

Plantas: *Dasyllirion acrotiche* (sotol brillante), *Encyclia adenocaula* (encyclia conejo), *Furcraea bendinghausii* (palma tehuizote), *Mammillaria backebergiana* (biznaga de Backeberg), *Mammillaria matudae* (biznaga de Matuda), *Mammillaria meyranii* (biznaga de Meyrán) y *Manfreda nanchititlensis* (amole de Nanchititla).

- Especies Migratorias

Las especies migratorias son aquellas que se desplazan a diferente latitud, longitud o altitud de manera periódica como parte de su ciclo biológico.

Las aves migratorias que llegan a invernar al Estado de México proceden de Canadá y del norte de Estados Unidos de América (EUA) incluyendo a Alaska. Los patos, y en menor escala, los gansos, cruzan la altiplanicie mexicana siguiendo la ruta central; pudiendo tomar dos direcciones: una hacia el centro de la república, y otra que los conduce hacia Veracruz y Tabasco. Es tipo de aves se les ha observado en la mayor parte del territorio estatal, principalmente en los lugares donde existen zonas lacustres.

Entre las especies de patos migratorios que llegan a la entidad se pueden mencionar: *Anas acuta* (pato golondrino), *Anas diazi* (pato mexicano), *Anas clypeata* (pato cucharón), *Anas discors* (cerceza de alas azules), *Anas strepera* (pato pinto), *Aythya affinis* (pato boludo), *Aythya collaris* (pato pico anillado), entre otras.

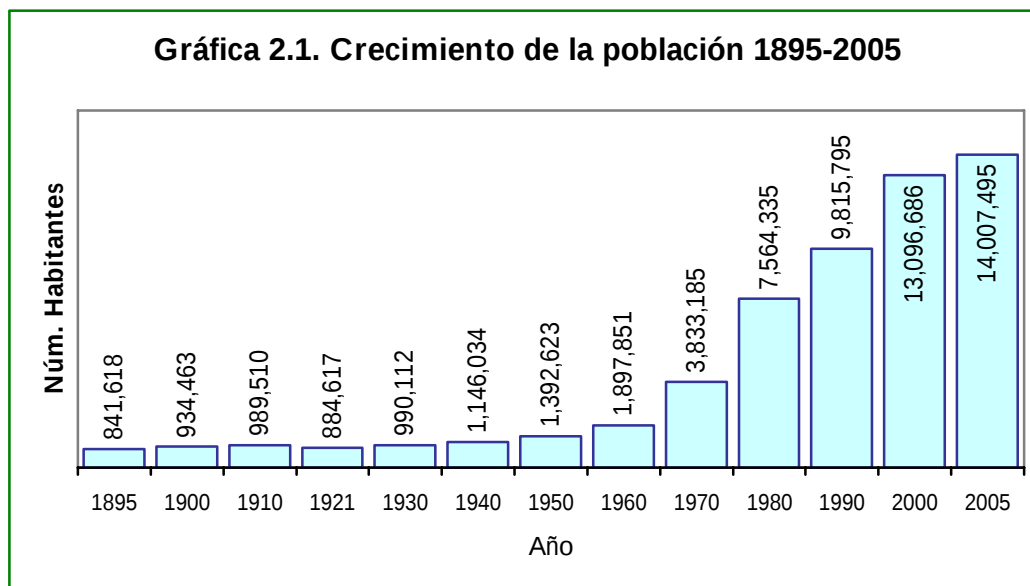
Como parte de la fauna invertebrada es importante señalar a la mariposa monarca (*Danaus plaxippus*) la cual proviene del sur de Canadá y norte de EUA. La ruta de llegada a la entidad es por los municipios de Temascalcingo, El Oro, San Felipe del Progreso, Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria y Valle de Bravo.

CAPÍTULO 2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.1. POBLACIÓN

La satisfacción de las necesidades materiales de la población supone una transformación de la base de los recursos naturales y también, con frecuencia, una alteración del entorno ambiental. Un punto de vista esencial para conocer el estado del ambiente es a través del análisis del crecimiento y distribución de la población. Este enfoque permite identificar aquellas regiones de la entidad que están sometidas a una mayor presión poblacional, así como las áreas potenciales de desarrollo capaces de sostener incrementos de población sin detrimento de los ecosistemas.

De acuerdo con el *II Censo de Población y Vivienda* (INEGI, 2006b), en 2005 la población mexicana llegó a 14 millones (gráfica 2.1). La situación demográfica actual del Estado de México es resultado del rápido crecimiento que tuvo la población a partir de 1960 ya que de 1.9 millones de habitantes en ese año, pasó a 7.6 millones en 1980, a tasas de crecimiento promedio anual (TCPA) superiores a 7 %. La población se cuadruplicó en tan solo dos décadas (cuadro 2.1).



Fuente: GEM (1993b, 2003b), INEGI (2001, 2006b)

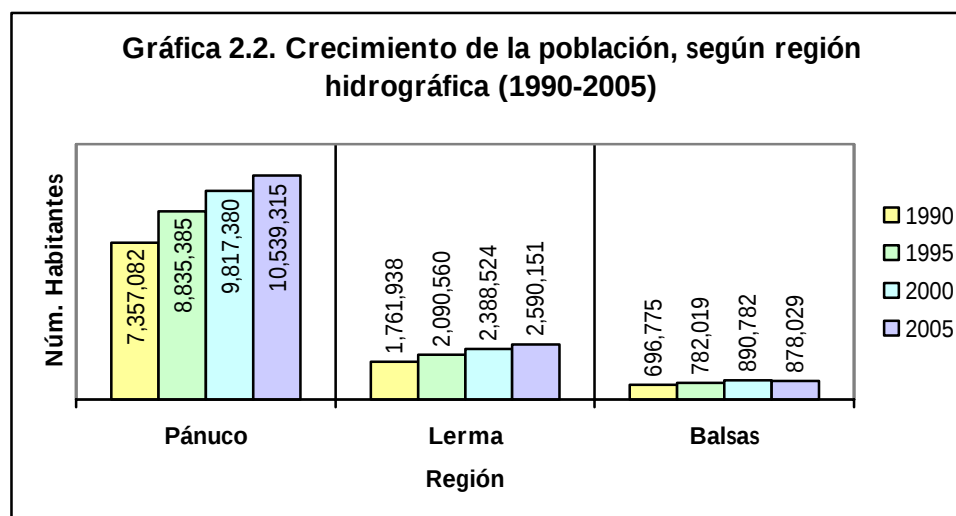
La expansión demográfica de la entidad se explica, además del crecimiento natural, por una serie de fenómenos socioeconómicos y naturales, como la migración, políticas públicas en el DF, actividades económicas, adelantos medico-científicos y eventos catastróficos (sismo de 1985). Por el contrario, una de las políticas públicas de mayor éxito en el contexto nacional para el control poblacional ha sido la planificación familiar. En el Estado de México tal estrategia reflejó una reducción significativa en la TCPA a partir de 1990, de tal forma que para ese año la tasa fue de 2.64 % y para 2005 de 1.35 % (cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de la entidad para distintos periodos

Periodo	TCPA (%)
1895-1900	2.11
1900-1910	0.57
1910-1921	-1.01
1921-1930	1.26
1930-1940	1.47
1940-1950	1.97
1950-1960	3.14
1960-1970	7.28
1970-1980	7.03
1980-1990	2.64
1990-1995	3.59
1995-2000	2.27
2000-2005	1.35

DGPCCA con información de: GEM (1993b, 2003b), INEGI (2001, 2006b)

En la gráfica 2.2 se presenta el crecimiento de la población por región hidrográfica, de acuerdo con los Censos y Conteos de Población y Vivienda de los años 1990 al 2005, respectivamente. En términos absolutos, la región Pánuco es la que muestra un mayor incremento, al pasar de 7 millones 357 mil 082 a 10 millones 539 mil 315 habitantes, esto es una diferencia de 3 millones 182 mil 233 de habitantes, lo que en términos porcentuales representa un incremento de 43.25 %. Sin embargo, la región Lerma presenta el mayor crecimiento, al pasar de 1 millón 761 mil 938 a 2 millones 590 mil 151 habitantes siendo la diferencia de 828 mil 213 habitantes, es decir, un incremento igual a 47.01 %. En cuanto a la región Balsas, ésta presenta un crecimiento de 26.01 %.



Fuente: GEM (1993b, 2003b), INEGI (2001, 2006b)

En el cuadro 2.2, se aprecia que en el periodo 90-95 la región Pánuco presentó la mayor TCPA respecto a las dos restantes regiones, e incluso, de la tasa estatal. Cabe destacar que para los periodos 95-00 y 00-05 la región Lerma es la que muestra las TCPA más altas. Las TCPA de la región Balsas tienen el comportamiento siguiente: la tasa del primer periodo es de 2.34 %, luego, sube a 2.64 % en el segundo periodo y en el tercer periodo muestra una tasa negativa, lo cual señala que no tuvo crecimiento, sino al contrario, una reducción de población.

Cuadro 2.2. TCPA por región hidrográfica y estatal para tres periodos				
Porcentaje (%)				
Periodo	Pánuco	Lerma	Balsas	Estatal
1990-1995	3.73	3.48	2.34	3.59
1995-2000	2.13	2.70	2.64	2.27
2000-2005	1.43	1.63	-0.29	1.35

Fuente: GEM (1993b, 2003b), INEGI (2001, 2006b)

El hecho de contar con más de 14 millones de habitantes y sólo poseer 1.15 % del territorio nacional, hace que el Estado de México sea el mayor poblado del país y el segundo con la mayor densidad poblacional después del DF, con 623 hab./km².

Por región hidrográfica se presentan diferencias significativas, en el cuadro 2.3 se aprecia que la región Pánuco tiene una densidad de 1 384 hab./km², que es más del doble de la media estatal, por su parte la región Lerma está por debajo de la media estatal ya que presenta 441 hab./km², en tanto que la región Balsas es la menos densamente poblada pues sustenta 101 hab./km².

Cuadro 2.3. Población y densidad poblacional por región hidrográfica (2005)		
Región	Población	Densidad (hab./km²)
Panuco	10 539 315	1 384
Lerma	2 590 151	441
Balsas	878 029	101
Estado	14 007 495	623

Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2006b)

2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN ZONAS METROPOLITANAS

En el Estado de México se identifican dos zonas metropolitanas, una en la región Pánuco y otra en la región Lerma. La primera comprende 59 municipios y conforman la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT), donde habita 74.69 % de la población estatal. Es importante señalar que los 59 municipios de la ZMVCT junto con las 16 Delegaciones del DF y el municipio de Tizayuca, Hidalgo, conforman la ZMVM.

La segunda concentración de población corresponde a la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) integrada por 22 municipios, en donde se asienta 13.69 % de la población estatal. El 11.62 % se distribuye en el resto de la entidad, principalmente en la región Balsas (cuadro 2.4).

Cuadro 2.4 Distribución de la población en zonas metropolitanas (2005)			
Zona	Municipios	Población	Porcentaje (%)
ZMVCT	59	10 462 421	74.69
ZMVT	22	1 917 002	13.69
Resto del Estado	44	1 628 072	11.62
Total	125	14 007 495	100.00

Fuente: DGPCCA con datos de INEGI (2006b)

- Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco

Es la región más poblada de la entidad, está conformada por 59 municipios que en su conjunto han experimentado una significativa dinámica poblacional, de tal manera que la región ha venido incrementando cuando menos en una tercera parte su población total durante cada periodo intercensal. Las causas de tan acelerado crecimiento son múltiples, pero obedecen principalmente a su localización casi rodeando la periferia del DF, así como a la aplicación de diversas políticas urbanas y económicas que no previeron las consecuencias demográficas, territoriales y ambientales.

Entre 1950 y 1960 se inició la expansión del DF hacia los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla y Ecatepec; para 1970 ya se había conurbado a la capital del país 11 municipios; en la década de los ochenta se incorporaron otros seis municipios más; para 1990 consistía de 27 municipios conurbados y para el 2000 de 34. Los 25 municipios restantes del Valle Cuautitlán-Texcoco presentan rasgos diferentes en cuanto a su proceso de urbanización. Mientras los que se localizan en el primer y segundo anillo inmediato al DF presentan características metropolitanas, los municipios más alejados, desde el tercer anillo en adelante, aún muestran rasgos rurales (GEM, 2003a).

- Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Constituye la segunda mayor concentración poblacional de la entidad y está conformada por 22 municipios de los cuales doce (Lerma, Metepec, Toluca, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Xonacatlán, Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Mexicalcingo y Otzolotepec) ejercen atracción e influencia socioeconómicas sobre el resto de los municipios (véase SEDESOL, CONAPO, INEGI 2004). Los municipios de esta zona se caracterizan por estar en vías de transformación urbana, es decir, que presentan aún características rurales pero con una marcada tendencia hacia la urbanización con un importante componente de comercios y servicios.

Hoy en día la ZMVT, por su número de habitantes, está dentro de las cinco primeras metrópoli del país. Su concentración de fuentes de empleo y de servicios, así como las relaciones de inter-

cambio comercial se ha traducido en la conformación de una amplia área de influencia tanto al interior como al exterior de la entidad..

- Resto del Estado

En términos generales los 44 municipios restantes se caracteriza por disparidades microrregionales y la limitada articulación entre las localidades, fenómeno que se agudiza en la región Balsas donde predominan asentamientos menores de 2 mil 500 habitantes localizados de manera dispersa, en zonas que dificultan su intercomunicación por las condiciones topográficas y el mal estado o carencia de medios de comunicación y transporte que limitan su integración con el resto de la entidad.

De continuar con las tendencias actuales, se estima que se presentará un patrón de asentamiento aún más desequilibrado, incrementándose las poblaciones menores de 2 mil 500 habitantes con altos índices de dispersión dificultando la dotación de servicios básicos, infraestructura y equipamiento y acentuando los niveles de pobreza (GEM, 2003a).

2.3. ACTIVIDADES ECONÓMICAS

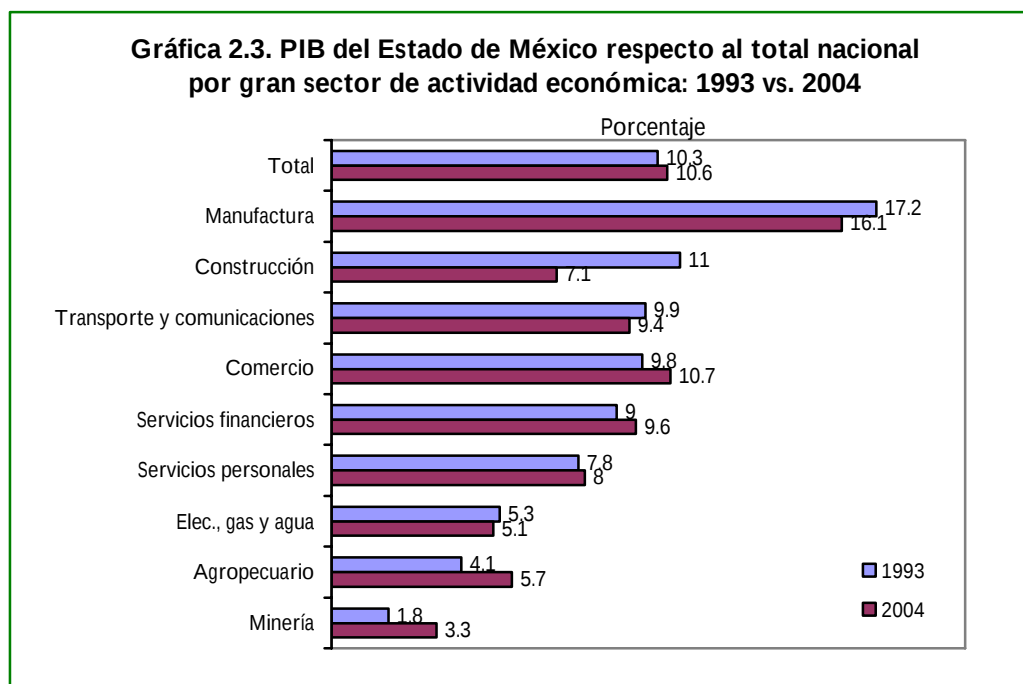
México ha registrado una intensa transformación económica caracterizada por el paso de una economía con predominio agrícola, a otra dominada por la industria y posteriormente a una predominante en el comercio y servicios. De ser una economía cerrada, con una fuerte intervención del gobierno en la actividad productiva, el país ha pasado a ser una economía abierta a los flujos comerciales y financieros del exterior con un estado promotor de la actividad empresarial, en otras palabras, ha tenido un proceso de globalización, en la que la economía nacional está interconectada con la de otros países y su nivel de progreso se determina por la productividad, competitividad y la eficacia en la atracción de capitales. Esta transformación económica ha significado modificaciones en la estructura productiva, los patrones de consumo y en el aprovechamiento de los recursos naturales. El Estado de México no ha sido ajeno a estos cambios económicos y ha tenido un papel preponderante en dicha transformación.

La entidad tiene una economía altamente diversificada por lo que es considerada como una entidad donde se desarrollan prácticamente todas las ramas de la actividad económica. Esta situación se explica por la gran dotación de recursos naturales que, conjuntamente con su capital humano, han logrado generar un cúmulo de riqueza productiva (GEM, 2000a).

La economía del Estado de México ocupa el segundo lugar a nivel nacional, sólo por debajo del DF quién genera alrededor de 20 % del producto interno bruto (PIB) nacional. El PIB de la entidad en 1993 representó 10.3 % del total nacional y para 2004, 10.6 %.

Respecto a la participación de las grandes divisiones de actividad económica destacan manufactura (16.1 %), comercio (10.7 %), servicios financieros (9.6 %) y servicios personales (8 %). Por otra parte se observa que el comercio, los servicios, pero sobre todo, la minería y la agricultura

muestran una mayor participación con relación a 1993 (gráfica 2.3). La mayor participación del PIB en los sectores comercios y servicios, y la disminución en la manufactura indican la terciarización de la economía.



Fuente: GEM (2005a)

- Agricultura

El Estado de México destaca como uno de los principales productores de maíz en el país. Las principales especies hortícolas que se cultivan son papa, chícharo, haba, tomate, jitomate y zanahoria. Los principales productos frutícolas corresponden a tuna, aguacate y durazno (cuadro 2.5). El Estado es el primer productor nacional de flor de corte; aproximadamente, 17.8 % se produce en condiciones de invernadero y el resto a cielo abierto. Entre las especies que se cultivan destacan rosa, crisantemo, clavel, gerbera y gladiola.

Cuadro 2.5. Principales cultivos del Estado de México (toneladas por año agrícola)

Año	Cultivos cíclicos					Cultivos perennes		
	Maíz grano	Avena forrajera	Papa	Chícharo	Haba	Tuna	Durazno	Aguacate
98/99	2 193 507	713 624	165 902	32 798	29 773	147 237	16 596	13 714
00/01	2 281 790	535 144	150 809	29 133	27 937	177 734	26 974	13 307
01/02	1 976 788	705 916	99 635	27 794	32 989	157 719	26 837	14 980
02/03	1 923 410	1 154 575	112 132	29 631	29 790	199 519	39 906	11 677
04/05	1 211 436	930 566	159 090	31 888	S. I.	162 906	S. I.	S. I.

S/I = s información.

Fuente: INEGI (2000-2004, 2005c, 2006a)

De la superficie de suelo destinada a uso agrícola poco más de 21 % es de riego y punta de riego, el resto es de temporal. El desarrollo de esta actividad se encuentra sumamente polarizado, por un lado existen productores altamente tecnificados, principalmente en la región Lerma, y por otra, hay agricultores que continúan utilizando técnicas rudimentarias de labranza que conlleva a muy bajos niveles productivos, ubicados en la región Balsas.

A pesar de los esfuerzos realizados en la última década, persisten una serie de problemas en la agricultura, que limitan su desarrollo dinámico y sostenido. Sólo por citar un ejemplo está la degradación de los suelos provocada por la desertificación, acidificación y erosión y uso de agroquímicos, sin olvidar los problemas tecnológicos, de financiamiento, de mercado y barreras culturales.

- Ganadería

En las actividades pecuarias que se llevan a cabo en el Estado de México, se explotan animales con diferentes funciones zootécnicas, entre las que destacan bovinos productores de carne y leche; ovinos, caprinos y porcinos; aves y abejas (cuadro 2.6). Asimismo, se realizan actividades pecuarias a menor escala (de tipo familiar y de traspatio) en donde se explota el conejo, pato, pavo y codorniz.

Cuadro 2.6. Producción ganadera y avícola (Número de cabezas) y existencia de colmenas, 1999-2005					
Producto	1999	2001	2003	2004	2005
Ovino	998 364	1 018 158	1 720 559	844 267	960 735
Bovino	734 686	713 719	1 008 599	633 150	639 910
Porcino	706 745	595 521	985 648	580 184	426 439
Caprino	173 160	178 261	116 521	243 805	155 702
Gallina	20,400 169	15 897 202	27 060 027	16 644 649	15 954 870
Guajolote	736 125	756 900	355 931	708 053	711 232
Abejas (colmenas)	39 851	40 836	42 024	42 370	39 982

Nota: sin información disponible para 2002

Fuente: INEGI (2000, 2002-2004, 2005c, 2006a)

- Silvicultura

Las principales especies maderables utilizadas en el Estado de México corresponden a pino, oyamel, cedro, encino, aile y madroño las cuales pertenecen a bosques templados distribuidos principalmente en las Sierras del Nevado de Toluca, de las Cruces, Nevada y de Chichinautzin (cuadro 2.7). Respecto a los productos no maderables, se obtiene: resinas, musgo, leña, tierra de monte y tierra de hoja. Particularmente estas dos últimas actividades generan alteraciones productivas en el ecosistema al interrumpir los ciclos biogeoquímicos.

Cuadro 2.7. Volumen de producción forestal maderable 1999- 2005
m³ en rollo

Producto	1999	2001	2002	2003	2004	2005
Pino	219 120	194 042	153 751	133 055	115 443	106 824
Oyamel	76 006	90 374	59 523	71 518	82 227	64 271
Cedro blanco	3 888	5 548	1 849	2 489	4 049	3 488
Encino	7 912	16 392	8 830	8 074	11 286	9 017
Otras (aile y madroño)	3 329	3 521	2 942	1 811	893	2 768

Fuente: INEGI (2000, 2002-2004, 2005c, 2006a)

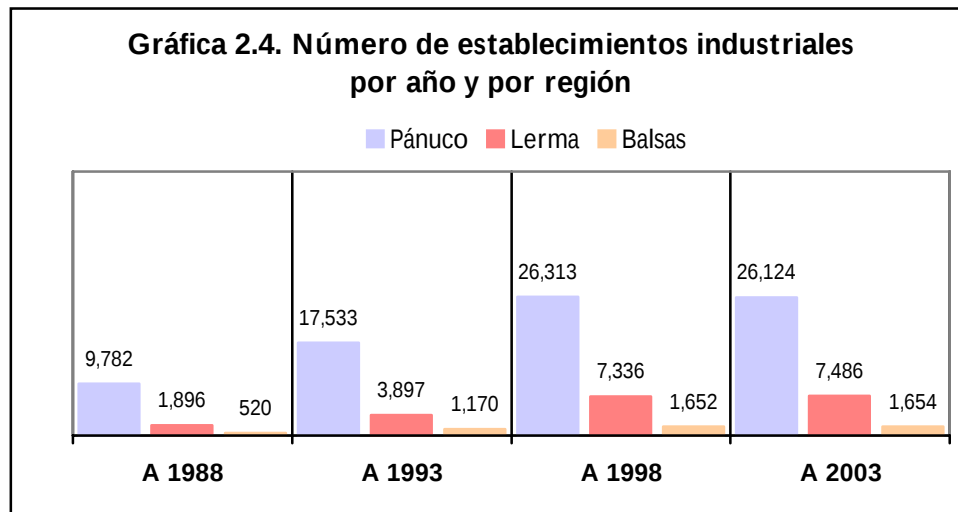
La cobertura forestal constituye un valioso recurso natural que cumple funciones económicas y ambientales. De la superficie total de la entidad, alrededor de 33 % tiene vocación forestal. Entre los principales problemas que enfrenta el sector se encuentran los incendios forestales, la mayoría de ellos inducidos como parte de la actividad agropecuaria, asimismo la tala clandestina, las plagas y enfermedades, cambios de uso de suelo y áreas en litigio.

Respecto a las plagas y enfermedades se ha observado que éstas afectan con mayor severidad a las áreas forestales donde existe un fuerte impacto antropogénico (incendios inducidos, sobrepastoreo) y donde los factores climáticos (sequías, heladas) y edáficos (suelos someros, fuertes pendientes) provocan que el arbolado presente muy bajo vigor. Las áreas de mayor afectación por plagas y enfermedades se localizan en bosques primarios, secundarios y de transición sin manejo forestal. El principal problema sanitario de los bosques es el combate de insectos desfoliadores, descortezadores, barrenadores, plantas parásitas, e incluso, la contaminación del aire.

Un fenómeno que aún persiste particularmente en aquellas localidades de difícil acceso y que por tanto carecen de un adecuado suministro de energía es el uso de leña y carbón como fuente alterna de energía lo que también ha incidido en la deforestación local.

- Industria Manufacturera

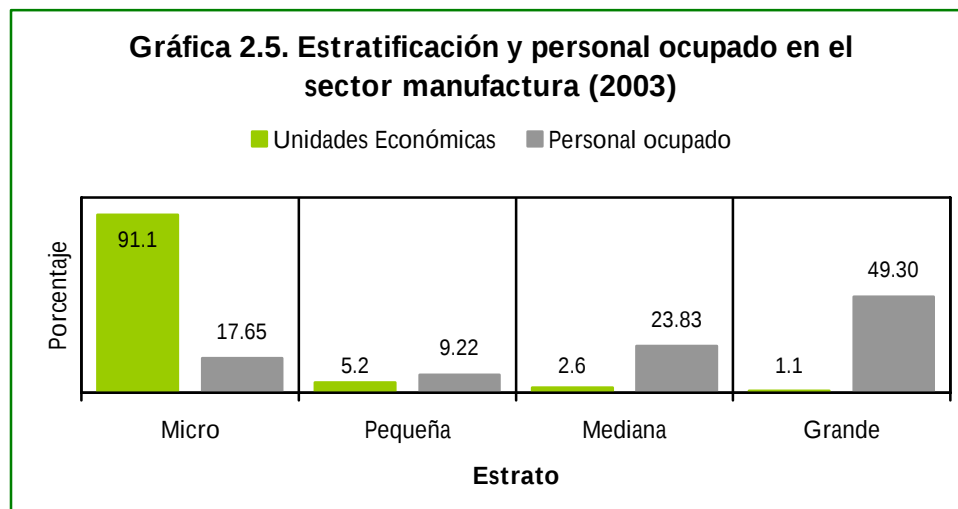
De acuerdo con el *Censo Económico 2004*, hay 35 mil 343 unidades manufactureras de las que aproximadamente 72.49 % se localiza en la región Pánuco, 20.73 % en la región Lerma y 6.78 % en la región Balsas. En la gráfica 2.6 se presenta el crecimiento del número de establecimientos industriales en la entidad. Como se puede apreciar, de 1988 a 1993 casi se duplicó; pero de 1998 a 2003 hubo un ligero decremento equivalente a 5.69 %. Por región hidrográfica, en la del Pánuco se observa una disminución de 0.72 %, en la del Lerma un aumento de 2.04 % y en la del Balsas el crecimiento no fue significativo.



Fuente: DGPCCA con información del INEGI (1992, 1995, 2000, 2005a)

Los estratos de la industria mexiquense según tamaño son micro 91.1 %; pequeña, 5.2 %; mediana 2.6 %; y grande 1.1 %. Respecto al personal ocupado se pudo observar en la gráfica 2.5 que la gran industria, a pesar de que representa apenas 1 % ocupa a 49.3 % del personal en el sector manufacturero, en contraposición, la microindustria, que representa 91.1 % del total de las unidades económicas ocupa sólo 17.65 %.

Cabe señalar que de acuerdo con el *Diario Oficial de la Federación* del 30 de diciembre de 2002, los criterios de estatificación de empresas quedaron como sigue: micro, de 1-10 empleados; pequeña, de 11-50; mediana, de 51-250 y grande, de 251 en adelante.



Fuente: INEGI (2005a).

En cuadro 2.8 se enlistan 15 ramas de actividad económica identificadas por INEGI (2005b) como “potencialmente más contaminantes” presentes en la ZMVM, lo cual está basado en la NOM-052-1993 y en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas de 1990 y

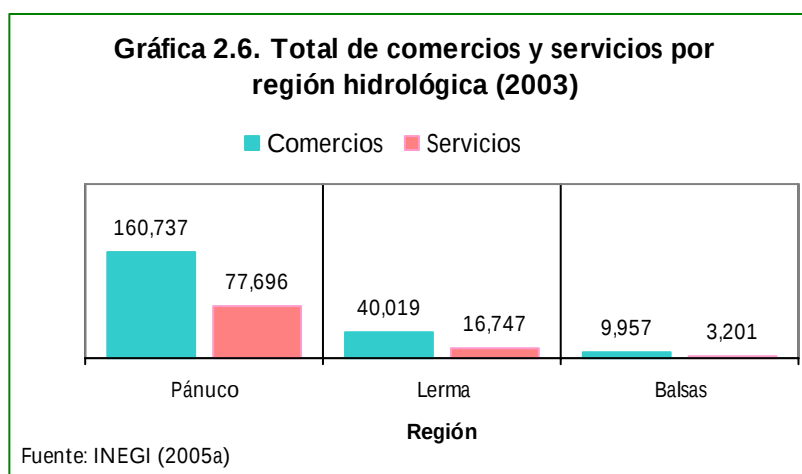
1992, respectivamente. Como se puede apreciar, destacan seis ramas del subsector químico y tres del subsector de maquinaria y equipo.

Cuadro 2.8. Actividades manufactureras potencialmente más contaminantes en la ZMVM por subsector y rama de actividad económica	
Subsector	Rama
Textil	Preparación, hilado y tejido de fibras blandas Curtido, acabado, y talabartería de cuero y piel
Madera	Productos de aserradero y conservación de madera
Química	Productos químicos básicos Producción de fibras y filamentos sintéticos y artificiales Producción de farmacéuticos y medicinas Producción de químicos secundarios Producción de artículos de hule Producción de artículos de plástico
Minerales no metálicos	Industria básica de metales no ferrosos
Metálica básica	Fundición y moldeo de piezas metálicas Producción de otros productos metálicos
Maquinaria y equipo	Producción de equipos, aparatos y accesorios eléctricos Producción de equipos, aparatos y componentes eléctricos Industria automotriz

Fuente: INEGI (2005b)

- **Comercios y Servicios**

A partir del *Censo Económico 2004*, se estima que en el Estado de México hay 210 mil 897 establecimientos comerciales y 113 mil 358 de servicios. Por región hidrográfica se observa en la gráfica 2.6 que en la región Pánuco hay cuatro veces más comercios que en la región Lerma y ésta, a su vez, tiene también cuatro veces más que la región Balsas. Respecto a servicios en la región Pánuco hay 4.6 veces más que la región Lerma y ésta a su vez 5.23 veces más que en la región Balsas.



La importancia de las actividades comerciales y de servicios radica no sólo en su impacto como actividad económica, sino también en los efectos ambientales derivados de sus procesos intrínsecos, por ejemplo, las emisiones a la atmósfera de hidrocarburos de las gasolineras, de compuestos orgánicos volátiles y solventes provenientes de tintorerías y casetas de pintura, y de gases de combustión de hoteles, baños públicos y restaurantes, así como la generación de residuos peligrosos en talleres mecánicos y hospitales, y descargas de aguas residuales en la mayoría de los casos (cuadro 2.9).

Cuadro 2.9. Actividades comerciales y de servicios con impacto ambiental	
Actividad económica ^{al}	Principal problemática ambiental
Comercios	
- Comercio de desechos industriales, papel y cartón y materiales no ferrosos - Centros comerciales, mercados, supermercados y tiendas de autoservicio - Comercio de combustibles (gasolina, gas natural, gas licuado de petróleo) - Comercio al por mayor de pinturas, lacas y barnices - Comercio al por mayor de carbón mineral	Emisión de partículas y generación de residuos sólidos Generación de residuos sólidos Emisión de compuestos orgánicos volátiles. Actividad considerada de riesgo por el manejo de sustancias explosivas Emisión de compuestos orgánicos volátiles. Actividad considerada de riesgo por el manejo de sustancias inflamables y tóxicas Generación de partículas y residuos sólidos
Servicios	
- Hospitales, unidades médicas y centros de salud - Hoteles y moteles - Baños públicos - Talleres mecánicos y de hojalatería - Talleres de soldadura - Servicio de lavado de automóviles - Clubes deportivos, campos de golf, escuelas de natación - Centros de educación superior, media superior y técnica - Restaurantes, cocinas económicas e industriales, loncherías, torterías y similares - Tintorerías y lavanderías - Servicio de inhumación - Servicio de tratamiento de aguas	Generación de residuos peligrosos, descarga de aguas residuales y emisión de gases de combustión Emisión de gases de combustión; alto consumo de agua y descarga de aguas residuales y generación de residuos Emisión de gases de combustión y alto consumo de agua y descarga de aguas residuales Generación de residuos peligrosos, emisión de compuestos orgánicos volátiles y emisión de ruido Emisión de partículas, generación de residuos peligrosos y emisión de ruido Generación de aguas residuales. En la mayoría de los casos generación de residuos peligrosos Emisión de gases de combustión y alto consumo de agua Generación de residuos peligrosos, éstos últimos en caso de contar con laboratorios; emisiones a la atmósfera provenientes de calderas y cafeterías Emisiones a la atmósfera de gases de combustión y generación de residuos sólidos. Emisión de compuestos orgánicos volátiles y partículas. Emisión de gases de combustión. Generación de lodos activados, emisión de partículas (si cuentan con incineradores) y malos olores.

Fuente: GEM, GDF, SEMARNAT, PROFEPA (2005)

2.4. USO DEL SUELO

El territorio estatal no se explota con la misma intensidad ni con los mismos propósitos en toda su superficie. Algunas porciones son modificadas profundamente al ser utilizadas con fines agropecuarios o como asentamientos humanos, otras han permanecido relativamente inalteradas por las actividades antropogénicas. Desde el punto de vista ambiental, el uso del suelo está muy relacionado con el tema de la sustentabilidad ya que la forma en que cambia la cubierta vegetal determina la persistencia de bosques, selvas y suelos en el futuro, así como de los recursos que estos proporcionan, asimismo, tiene una serie de implicaciones ecológicas, por ejemplo, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la pérdida de recarga de mantos acuíferos, alteraciones en el microclima y la pérdida de hábitat y por consiguiente de biodiversidad (SEMARNAT, 2003).

Los usos de suelo en la entidad se muestran en el cuadro 2.10, donde se puede apreciar que 47.25 % comprende suelo agrícola, 16.44 % pastizales y matorrales, 31.19 % bosques y selvas, 0.22 % otros tipos de vegetación, 3.76 % urbano y 0.67 % cuerpos de agua. (Ver figura 2.1).

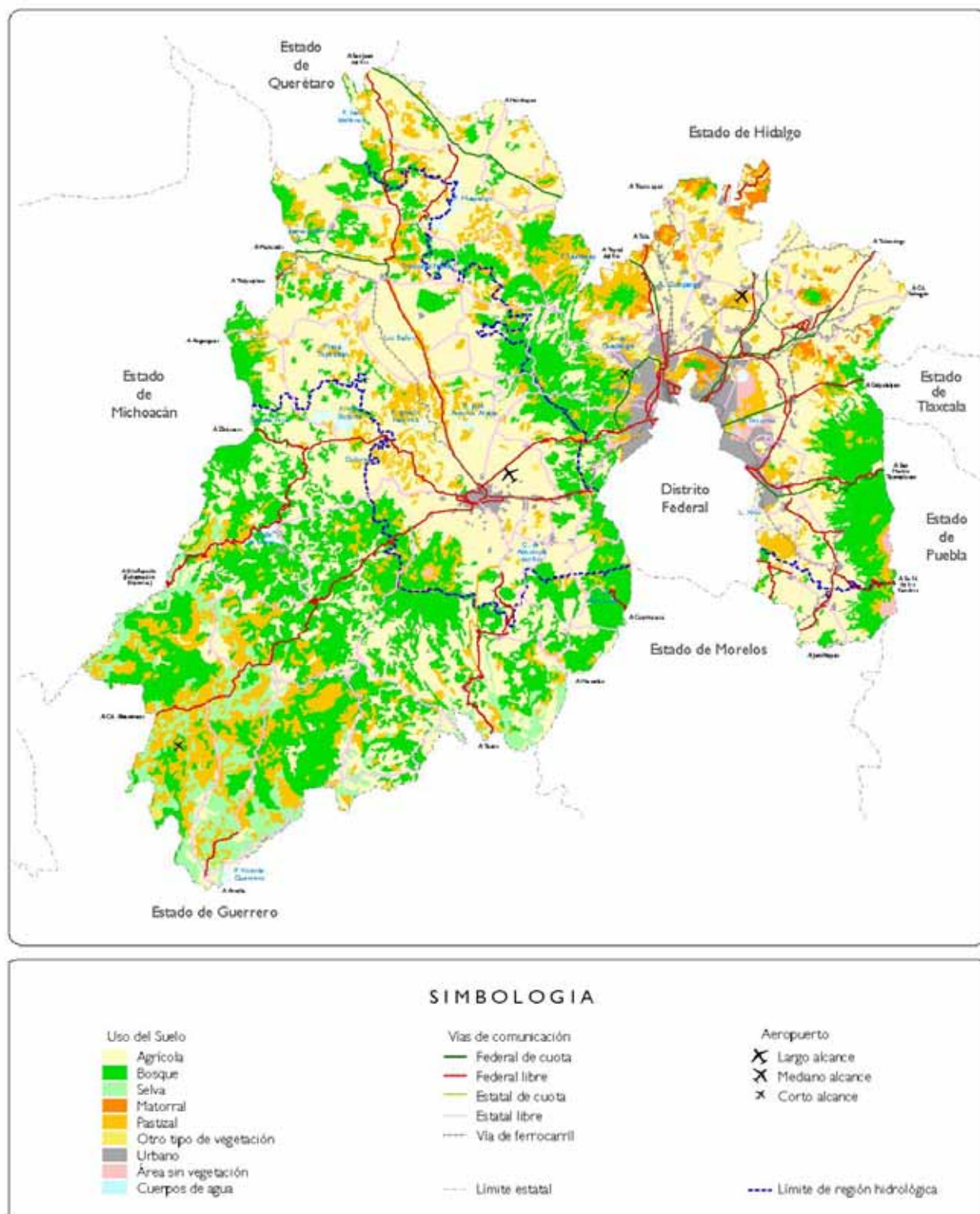
Cuadro 2.10. Usos de suelo estatal y por región hidrográfica (área y porcentaje)								
Uso de suelo	Balsas		Lerma		Pánuco		Edo. México	
	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
Agrícola	2 821.36	12.72	3 792.99	17.10	3 867.21	17.43	10 481.56	47.25
Matorral	0	0.00	0	0.00	171.12	0.77	171.12	0.77
Pastizal	1 452.48	6.55	784.48	3.54	1 238.91	5.58	3 475.87	15.67
Bosque	3 358.20	15.14	1 132.76	5.11	1 481.16	6.68	5 972.12	26.92
Selva	948.17	4.27	0	0.00	0	0.00	948.17	4.27
Otro tipo de vegetación ⁽¹⁾	7.60	0.03	5.81	0.03	36.29	0.16	49.70	0.22
Área sin vegetación aparente	15.31	0.07	5.55	0.03	83.74	0.38	104.60	0.47
Urbano	34.33	0.15	123.27	0.56	675.66	3.05	833.26	3.76
Cuerpos de agua	52.21	0.24	33.18	0.15	63.68	0.29	149.07	0.67
TOTAL	8 689.66	39.17	5 878.04	26.49	7 617.77	34.34	22 185.47	100.00

Nota ⁽¹⁾ Incluye: palmar, popal-tular, plantación forestal, vegetación halófila y gipsófila

Fuente: DGPCCA con datos de SEMARNAT (2001)

El uso de suelo agrícola es el de mayor proporción, sin embargo, las condiciones físicas donde se ubica determina diferentes alternativas de uso (temporal o riego) con distribución irregular. Además recuérdese que los tipos de suelo de mayor distribución dentro de la entidad corresponden a feozem, andosol, regosol y vertisol los cuales se caracterizan por su susceptibilidad a la erosión. Cada una de las regiones Lerma y Pánuco destinan alrededor de 17 % para este uso.

Figura 2.1. Usos del suelo



La actividad pecuaria se considera que se desarrolla en aquellas áreas con pastizales naturales e inducidos y matorrales. En estas tierras el sobre-pastoreo y las actividades de pastizaje provocan con frecuencia la deforestación, compactación del suelo, la pérdida de la cubierta de pastos la aparición de especies no apetecibles para el ganado y afectación de la fauna silvestre por los cambios en su hábitat. En la región Pánuco se encuentra prácticamente toda la zona de matorrales, mientras que hay una importante presencia de pastizales en la región Balsas, que se presume como consecuencia de las alteraciones de la vegetación primaria por la deforestación y aclareo de terreno.

El bosque y selva constituyen el uso de suelo forestal. Los bosques comprenden las serranías de las regiones Pánuco y el Lerma, mientras que la selva se ubica exclusivamente en el Balsas. Este uso de suelo está sujeto a una gran presión por la tala no regulada y clandestina, incendios forestales, ampliación de la frontera agrícola y urbana, ganadería extensiva y no estabulada, construcción de carreteras, tendidos eléctricos y ductos; y construcción y operación de obras de infraestructura diversa. Por ello se hace hincapié en la protección, conservación y correcto aprovechamiento de los bosques pues la subsistencia de los asentamientos humanos depende de manera vital de sus servicios ambientales.

Aunque la superficie urbana representa menos de 4 % del territorio estatal, se trata del uso del suelo que está extendiéndose rápidamente principalmente en las zonas metropolitanas de la entidad. Por lo común se trata de tierras planas o lomeríos donde la agricultura dejó de ser rentable o bien, zonas boscosas no protegidas. De acuerdo con el GEM (2003a) la expansión urbana implica poblar 16.89 km² anualmente. Es importante resaltar que las ciudades afectan otros usos de suelo para satisfacer las necesidades de agua, disposición de residuos sólidos municipales, e incluso, de recreación.

Como dato histórico se puede mencionar que de 1993 a 2000 se incorporaron ordenadamente al proceso de urbanización de la entidad casi 60 km² a través de las autorizaciones correspondientes, lo que significó alrededor de 8.55 km² anualmente. Por su parte, el crecimiento irregular detectado se estimó en el orden 57 km² (8.14 km²/a). Lo anterior indica que del crecimiento urbano en la entidad, 51 % se da a través de procesos planeados y ordenados (GEM, 2003a).

El crecimiento de la población así como de las actividades económicas en la entidad han originado un aumento en la demanda de recursos naturales (agua, suelo, aire) que no han tomado en cuenta el impacto y costo ambiental por lo que hoy se presentan problemas de descargas de aguas residuales, generación de residuos sólidos municipales, emisiones a la atmósfera de gases y partículas. En los siguientes capítulos se expone muy brevemente el estado que guardan los recursos naturales así como la principal problemática ambiental que aqueja la entidad.

Tanto las autoridades federales como del Estado de México han realizado estudios y evaluaciones de la superficie bajo diferentes usos del suelo, sin embargo, estos trabajos se han efectuado con diferentes metodologías, recursos tecnológicos y criterios de clasificación por lo que los resultados no son comparables. De aquí la necesidad de avanzar en la generación de informa-

ción de campo que permita comparar los datos para poder seguir y evaluar los cambios verdaderos en los usos del suelo.

En el cuadro 2.11 se presentan los usos de suelo de acuerdo con diferentes autores con la finalidad de conocer las diferencias o similitudes entre cada uno de ellos. Cabe señalar que los datos presentados en dicho cuadro deben tomarse con reserva y emplearse solamente para comparar la importancia relativa de cada uso del suelo.

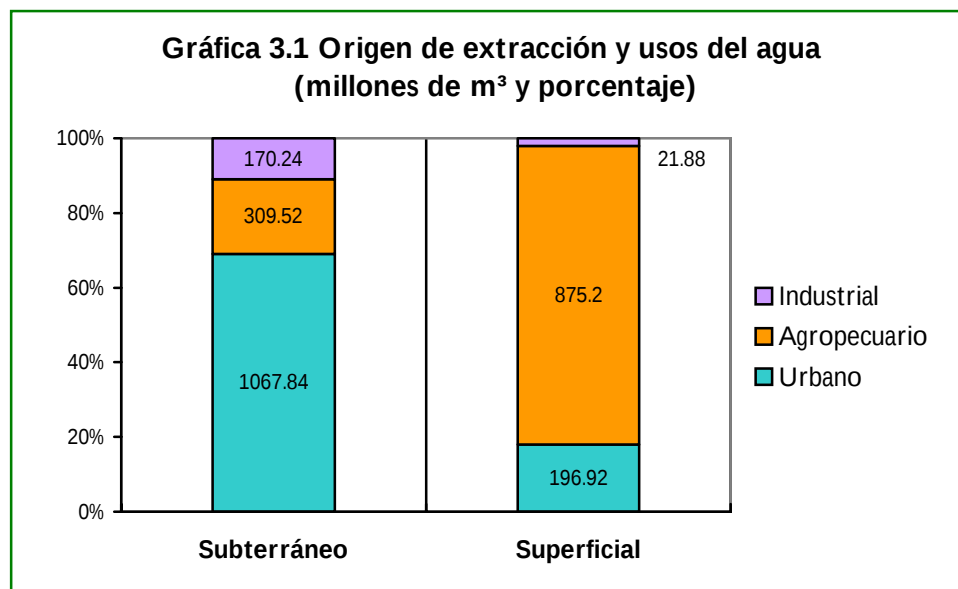
Cuadro 2.11. Usos de suelo según diferentes autores				
Porcentajes (%)				
Autor, fuente	Agropecuario	Pecuario	Forestal	Urbano/otro
GEM, Evaluación del Uso del Suelo: Ciclo Primavera-Verano 1989 ^{a/}	37.59	16.78	31.53	14.10
SARH, Inventario Nacional Forestal Periódico 92-94 ^{b/}	57.03	11.48	29.41	2.08
INEGI, Carta de Uso de Suelo y Vegetación (1995) ^{c/}	47.36	14.51	34.47	3.66
GEM, SEDAGRO, Dirección General de Planeación Rural (1998) ^{d/}	39.40	17.10	32.40	11.10
SEMARNAT, Inventario Forestal Nacional 2000 ^{e/}	47.25	16.25	31.61	4.89
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, 1:250 000. Serie III ^{f/}	46.50	14.69	33.66	5.15

Fuentes: ^{a/} GEM (1993b); ^{b/} INEGI, SEMARNAP (2000); ^{c/} INEGI (2002); ^{d/} GEM (2000b); ^{e/} SEMARNAT (2001); ^{f/} INEGI (2006a)

CAPÍTULO 3. RECURSO: AGUA

3.1. ORIGEN DE EXTRACCIÓN Y USO DEL AGUA

Los aprovechamientos del agua en la entidad ascienden a 2 641.6 Mm³ de éstos, 1 547.6 Mm³ (58.59 %) son de origen subterráneo y 1 094 Mm³ (41.41 %) de origen superficial. Respecto a los usos del agua, 45 % se utiliza en el sector agropecuario, 7.3 % en la industria y 47.7 % es de uso público urbano (CAEM, n. d.). En la gráfica 3.1 se presenta con mayor detalle el uso del agua según su origen. Destaca que para consumo urbano se extrae más agua subterránea (69 %) que superficial (18 %); por el contrario, para uso agropecuario, 80 % proviene de fuentes superficiales y sólo 20 % es de origen subterráneo. En el caso del agua para uso industrial la mayoría proviene de fuentes subterráneas (11 %).



Fuente: CAEM (n. d.)

Según estimaciones de la CAEM en el sector agropecuario existe hasta 70 % de desperdicio de agua, en tanto que en el sector urbano 30 % se pierde en fugas, asimismo por cada árbol que es talado dejan de retenerse en el suelo de 8-12 m³/a de agua (GEM, 2003a).

La explotación de los mantos acuíferos debido al crecimiento poblacional está generando su desecación. Aunado a ellos está la pérdida de la recarga de dichos mantos debido a que las vialidades y construcciones están cimentadas sobre lozas y carpetas que impermeabilizan el suelo disminuyendo las áreas de recarga. Por lo que se hace necesaria la utilización de materiales permeables en las áreas libres de construcción, creación de áreas verdes, la construcción de líneas separadas para las aguas residuales y pluviales, así como de tanques de tormenta y pozos de infiltración dentro de los grandes desarrollos urbanos (DGOIA, 2007).

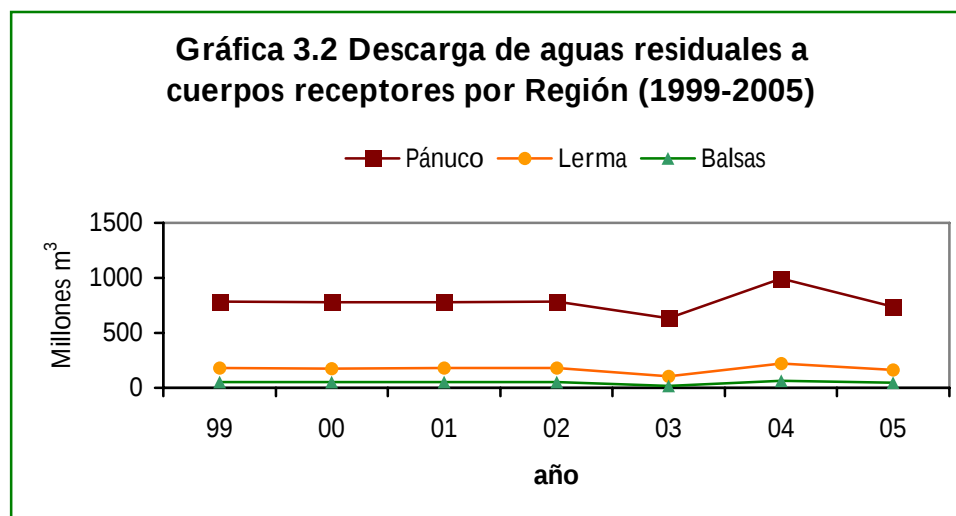
3.2. DESCARGA DE AGUAS A CUERPOS RECEPTORES

El promedio anual de generación de aguas residuales en el Estado de México durante el periodo 1999-2005 es de 1 003.29 Mm³. Asimismo, el cuadro 3.1 señala que en la región Pánuco se generan en promedio 785 Mm³ de agua residual; en la región Lerma el promedio es de 171.13 Mm³; en tanto que en la región Balsas se generan 46.92 Mm³ en promedio.

Cuadro 3.1. Volumen de descarga de aguas residuales a cuerpos receptores Mm³				
Año	Pánuco	Lerma	Balsas	Estatad
1999	782.41	179.79	50.32	1 012.52
2000	780.89	177.19	50.72	1 008.80
2001	778.91	178.21	50.32	1 007.44
2002	786.24	177.97	49.79	1 014.00
2003	636.14	103.89	15.23	755.26
2004	993.81	220.26	63.26	1 277.33
2005	738.30	160.60	48.80	947.70
Promedio	785.24	171.13	46.92	1 003.29

Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2000-2004, 2005c, 2006a)

En la gráfica 3.2 se aprecia que el año con mayor volumen de descarga fue 2004 y el año con menor volumen de descarga fue 2003. En términos generales se aprecia una ligera disminución del volumen de descarga al pasar de 1 012.52 Mm³ en 1999 a 947.70 Mm³ en 2005.

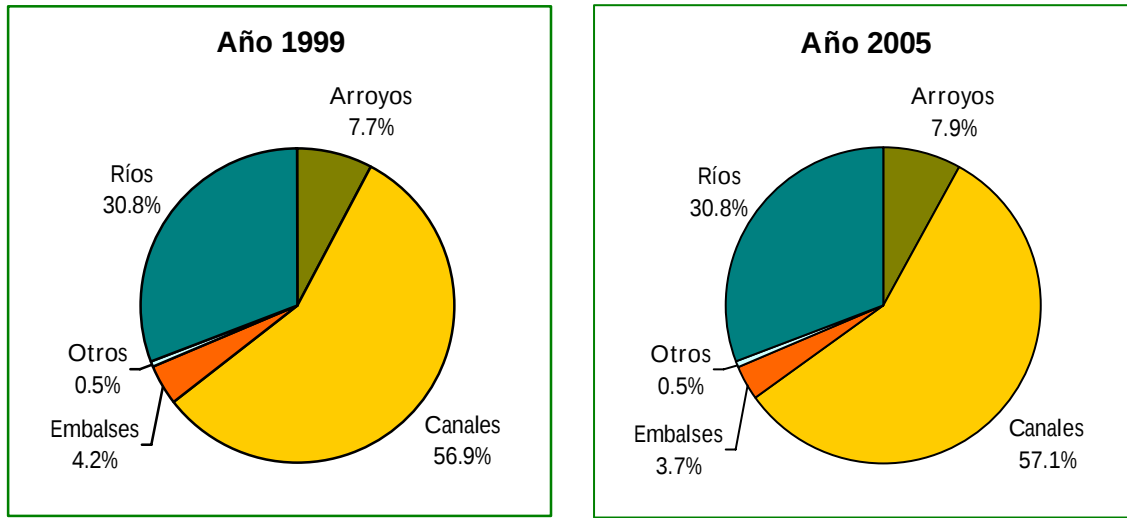


Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2000-2004, 2005c, 2006a)

La gráfica 3.3 muestra un comparativo entre los años 1999 y 2005 respecto a la forma en que se utilizan los cuerpos receptores (ríos y arroyos), embalses (lagos y presas) y colectores (canales y drenes) para la descarga de aguas residuales.

En primer lugar, se aprecia que no existe una variación significativa entre los porcentajes. En segundo lugar, se observa que son los canales los que reciben el mayor volumen de descarga, seguido por los ríos y los arroyos.

**Gráfica 3.3 Porcentaje de descarga de agua residual a cuerpos receptores
Comparativo entre 1999 y 2005**



Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2000 y 2006a)

La importancia ambiental que representa la descarga de aguas residuales a cuerpos naturales radica en la carga de contaminantes que se incorporan de agroquímicos, materia orgánica, bacterias y sustancias tóxicas y las implicaciones que ello tiene en la degradación del ecosistema, por ejemplo, en la eutrofización de los cuerpos de agua.

Otro aspecto no menos importante, y que está relacionado con las inundaciones, es el material acarreado por los escurrimientos superficiales hacia los vasos reguladores y presas debido a la disposición final de residuos sólidos urbanos, material de despalme y desecho de construcción dentro de barrancas y zonas de escurrimientos, generando con ello más zonas de riesgo por inundación. De aquí la necesidad de una adecuada disposición final de residuos sólidos municipales y de manejo especial en rellenos sanitarios para evitar la contaminación de las corrientes superficiales, embalses y mantos freáticos.

3.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

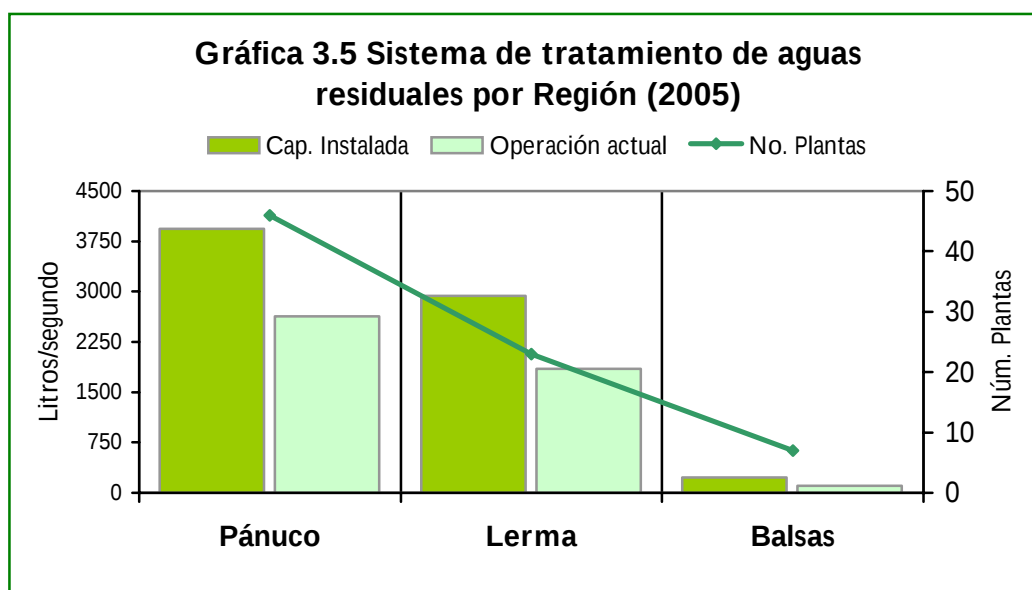
En el Estado de México, en lo que se refiere a la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales municipales, en el 2003 se contaba con 67 plantas de tratamiento con un gasto de operación de 4 450.7 litros por segundo (l/s), para 2005 el número de plantas llegó a ser de 76 con un gasto de operación de 4 587.4 l/s (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Plantas de tratamiento de agua en el Estado de México

Año	No. Plantas	Capacidad instalada (l/s)	Gasto de operación (l/s)
2003	67	6 879.2	4 450.7
2004	71	7 057.2	4 967.9
2005	76	7 100.2	4 587.4

Fuente: CONAGUA (2006)

En 2005, la región Pánuco contaba con 46 plantas de tratamiento con una capacidad instalada de 3 941.2 l/s y un gasto de operación de 2 629.3 l/s. En la región Lerma existían 23 plantas con una capacidad instalada de 2 932 l/s y un gasto de operación de 1 854 l/s; y en la región Balsas había siete plantas con una capacidad instalada de 227 l/s y un gasto de operación de 104.1 l/s (gráfica 3.5)



Fuente: DGPCCA con información de CONAGUA (2006)

Respecto a los procesos de tratamiento de aguas residuales, en la región Pánuco los procesos que más destaca por el caudal tratado son los lodos activados (2 102 l/s) y lagunas de estabilización (405 l/s). En la región Lerma el principal proceso es dual con un caudal tratado de 1 161 l/s y en segundo lugar están los lodos activados (578.5 l/s). En la región Balsas el caudal tratado es mucho menor y el principal proceso son los lodos activados (52 l/s). Véase cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Procesos de tratamiento de aguas residuales por región hidrográfica. Número de plantas, capacidad instalada y gasto de operación (l/s)				
Región	Tipo de proceso	No. Plantas	Capacidad instalada	Caudal tratado
Panuco	Biológico	4	53	35.0
	Fosa séptica	3	5.8	5.3
	Lagunas de estabilización	2	505.0	405.0
	Lodos activados	27	3284.4	2 102.0
	RAFA o WABS	6	26.0	16.5
	Reactor enzimático	2	5.0	3.5
	Tanque IMHOFF	1	12.0	12.0
	Terciario	1	50.0	50.0
Lerma	Anaerobio	1	3.0	3.0
	Dual	1	1 250.0	1 161.0
	Lagunas de estabilización	14	295.0	111.5
	Lodos activados	7	1 384.0	578.5
Balsas	Filtros biológicos	1	5.0	2.0
	Humedales	1	4.0	2.0
	Lagunas de estabilización	2	66.0	21.1
	Lodos activados	2	102.0	52.0
	Zanjas de oxidación	1	50.0	27.0
	Total	76	7 100.2	4 587.4

Fuente: DGPCCA con información de CONAGUA (2006)

3.4. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se ve afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción agrícola e industrial, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua y la cantidad misma de los ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.

Para la evaluación de la calidad del agua, actualmente la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2005a) utiliza dos indicadores: la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días o DBO₅ y la demanda química de oxígeno o 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. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales.

En la cuadro 3.4 se presenta, de manera integral, la situación que guardan las tres regiones hidrológico-administrativas a las que pertenece el Estado de México respecto a DBO₅ y DQO. Es necesario aclarar que esta información debe tomarse sólo como referencia para conocer la magnitud del problema regional debido a que considera a otras entidades federativas; asimismo, cabe esperar que las estaciones de la red de monitoreo ubicadas en la entidad registren valores mucho más críticos en los cuerpos de agua circundantes a sus dos zonas metropolitanas.

Se puede advertir que la región administrativa Valle de México presenta el mayor porcentaje de las estaciones que registran calidad del agua tanto contaminada como fuertemente contaminada. La clasificación de “contaminada” consiste en aquella agua superficial con descargas de agua residuales crudas primordialmente de origen municipal, la DBO₅ está en el rango de 30-120 miligramos por litro (mg/l) y la DQO entre 40 y 200 mg/l. La calidad clasificada como “fuertemente contaminada” es aquella superficial con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales, en este caso la DBO₅ es superior a 120 mg/l y la DQO mayor a 2000 mg/l. Esta misma región administrativa presenta el menor porcentaje de estaciones que registran calidad de agua excelente y buena; es decir con DBO₅ menor a 3 mg/l y DQO menor a 10 mg/l para el caso de excelente (no contaminada); y DBO₅ entre 3 y 6 mg/l y DQO entre 10 y 20 mg/l para el caso de calidad buena (bajo contenido de materia orgánica biodegradable).

Finalmente, menos de una cuarta parte de las estaciones registra calidad aceptable, la cual corresponde al agua con indicios de contaminación, con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. El agua con calidad aceptable presenta una DBO₅ de 6 a 30 mg/l y una DQO de 20 a 40 mg/l.

Cuadro 3.4 Porcentaje de estaciones de monitoreo en cuerpos de agua superficial, por indicador de DBO₅ y DQO según región administrativa (2003).						
Región administrativa	Parámetro	Excelente	Buena	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Valle de México y Sistema Cutzamala	DBO ₅	4.0	4.0	20.0	40.0	32.0
	DQO	6.2	12.5	12.5	6.3	62.5
Lerma-Santiago Pacífico	DBO ₅	30.1	20.5	26.0	19.2	4.2
	DQO	10.0	17.8	22.2	35.6	14.4
Balsas	DBO ₅	28.2	15.4	23.1	28.2	5.1
	DQO	10.7	25.0	7.1	35.7	21.5

Nota: incluye todas las estaciones de la red de monitoreo de las tres regiones que miden dichos parámetros

Fuente: CONAGUA (2005a)

CAPÍTULO 4. RECURSO: SUELO

4.1. EROSIÓN DEL SUELO

La degradación del suelo ocurre a través de diferentes procesos, siendo los más importantes la erosión eólica e hídrica, la salinización y la degradación de tipo física, biológica y química. Cuando la erosión es severa dificulta el desarrollo de la vegetación, contribuye en el azolve de embalses; en el riesgo de inundaciones y la afectación de obras de infraestructura; y en la disminución de la recarga de mantos acuíferos, asimismo, los suelos erosionados se convierten en una fuente de contaminación del aire por la emisión de polvo. Entre los factores responsables de la degradación del suelo se encuentran: el crecimiento poblacional, la deforestación, el uso de tierras de poca aptitud agrícola, en general, un mal manejo de los recursos naturales.

En el Estado de México existen 5 490.16 km² de superficie afectada por erosión hídrica y 1 069.64 km² por erosión eólica. Las zonas afectadas por la erosión hídrica alcanza 24.4 % del territorio estatal y 4.75 % debido a la erosión eólica.

Cuadro 4.1 Superficie erosionada en el Estado de México (km²)		
Modalidad	Hídrica	Eólica
Pérdida de suelo superficial	3 887.10	1 069.64
Deformación del terreno	1 603.06	0
Superficie afectada	5 490.16	1 069.64

Fuente: SEMARNAT (2005)

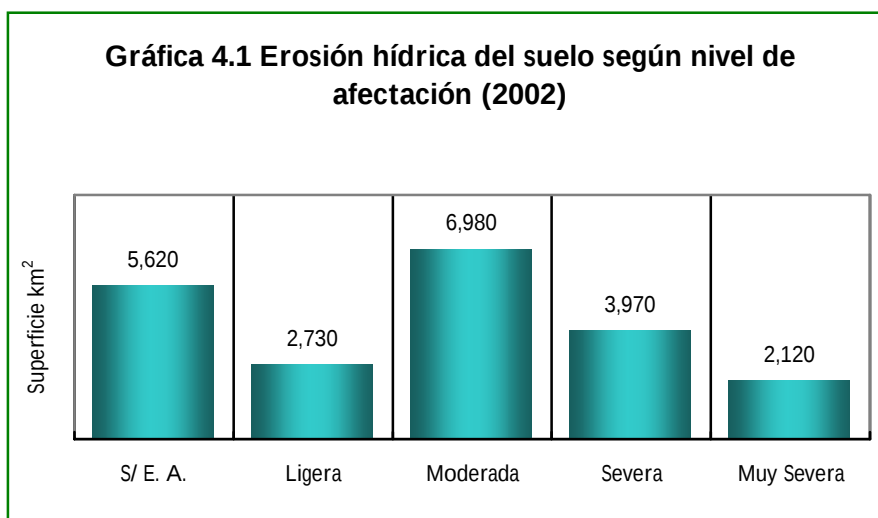
La erosión hídrica presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye por una zona arrastrando la capa superior del suelo, reduciendo su fertilidad. La segunda se presenta cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda, conocida como “cárcava”, en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno. Este tipo de erosión tiene lugar sobre todo en las zonas montañosas.

Para la erosión eólica se reconocen las mismas dos modalidades que para la erosión hídrica: pérdida de la capa superficial y deformación del terreno (cuando se forman dunas). La erosión eólica ocurre principalmente en zonas áridas, desprovistas de vegetación y en áreas dispersas de la entidad, y es nula o indetectable en aquellos lugares con abundante vegetación, o bien, donde la velocidad del viento es muy baja.

De acuerdo con la SEMARNAT (2005) en la evaluación sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica efectuada en 2002, se identificó la magnitud de la erosión que potencialmente puede ocurrir en un lugar. La pérdida de suelo se expresa en toneladas de suelo por unidad de superficie (hectáreas) en un determinado tiempo, teniendo los niveles de erosión siguientes: Sin

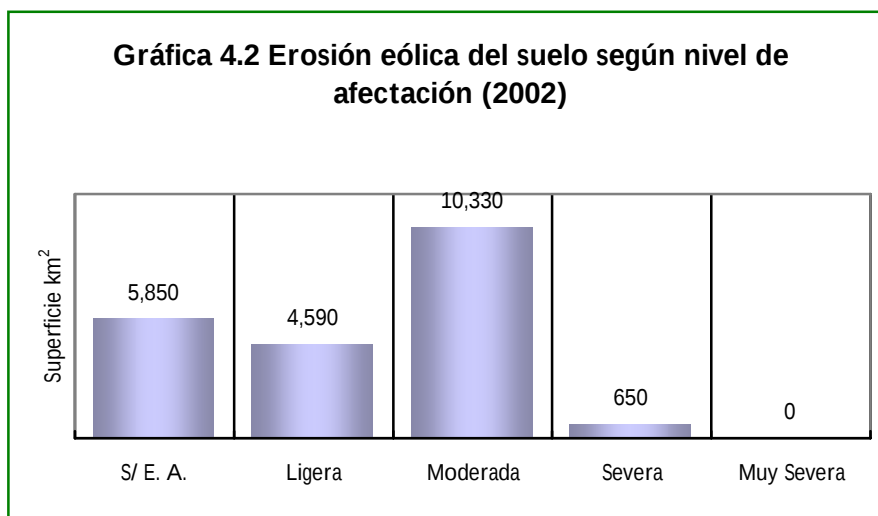
erosión aparente (0-5 t/ha/a), Ligera (5-10 t/ha/a), Moderada (10-50 t/ha/a), Alta (50–200 t/ha/a) y Muy alta (mayor a 200 t/ha/a).

En la gráfica 4.1 se presenta la pérdida de suelo según niveles de erosión hídrica en la entidad, donde se aprecia que la mayor superficie tiene un nivel moderado de erosión (6 980 km²), le sigue en importancia la superficie con erosión severa (3 970 km²) y una importante extensión con grado muy severo (2 120 km²)



S/ E. A. = Sin erosión aparente
Fuentes: SEMARNAT (2005)

En la gráfica 4.2 se presenta la pérdida de suelo según niveles de erosión eólica en la entidad, en la cual destaca que la superficie con grado de erosión moderada consta de 10 330 km² considerablemente mayor que en el caso de la erosión hídrica.

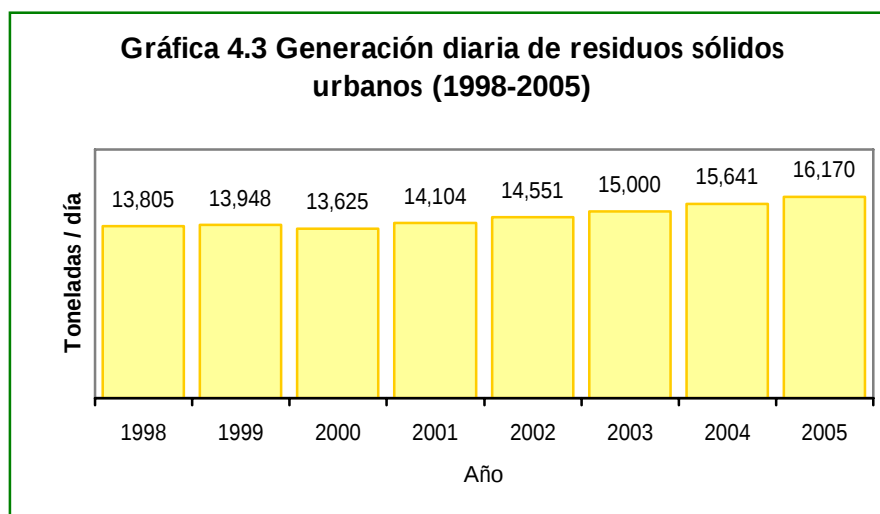


S/ E. A. = Sin erosión aparente
Fuentes: SEMARNAT (2005)

4.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El Estado de México enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos urbanos debido, principalmente, al elevado índice de crecimiento demográfico, de comercios y servicios, al cambio de hábitos de consumo de la población y la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos; esto ha modificado de manera sustancial la cantidad y composición de los residuos sólidos.

En la gráfica 4.3 se muestra la generación diaria de residuos sólidos urbanos en la entidad, la cual pasó de 13 805 t/día, en 1998, a 16 170 t/día, en 2005, lo que representa un incremento de 17.13 %. Este volumen de desechos demanda una adecuada infraestructura para su manejo y disposición final.

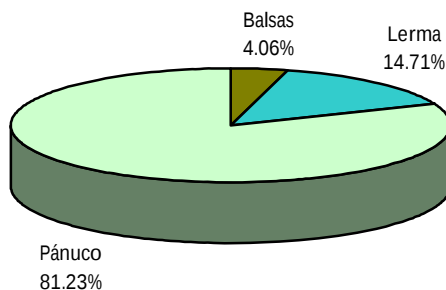


Fuente: INEGI (2007b)

La generación per cápita estatal para el año 2005 corresponde a 0.9 kg/hab./día. Sin embargo, por región hidrográfica hay diferencias determinadas por el nivel de desarrollo urbano y económico, de tal forma que para la región Balsas, conformada por municipios con características rurales, la generación se estima en 0.72 kg/hab./día; para la región Lerma, con municipios de tipo urbano, semiurbanos y rurales, en 0.89 kg/hab./día; y para la región Pánuco, con la mayoría de sus municipios urbanos, en 1.17 kg/hab./día.

En la gráfica 4.4 se muestra la contribución de cada región hidrográfica en cuanto a generación de residuos, donde se aprecia que la región Pánuco genera 81.23 % de los residuos, lo que es de esperarse ya que allí se asienta 75.24 % de la población mexiquense en 60 municipios y donde concentra la mayor actividad económica. Por su parte las regiones Lerma y Balsas participan con 18.49 y 6.27 %, respectivamente.

Gráfica 4.4 Generación de residuos sólidos municipales por Región hidrográfica

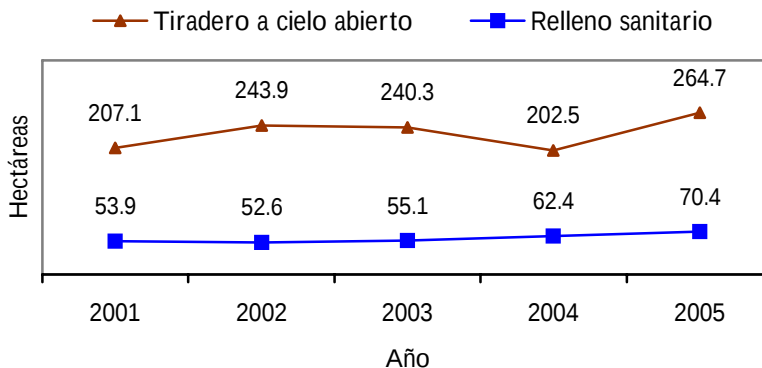


Fuente: DGPCCA, cálculos propios

La situación actual de la disposición final de residuos sólidos en los 125 municipios del Estado de México es bastante diversa. Se estima que a través de los servicios municipales de limpia y recolección se recoge 86.62 % del total de los residuos sólidos generados, es decir 14 007 t/día, por lo que quedan dispersos diariamente 2 163 t. Del total recolectado, 40.14 % se deposita en rellenos sanitarios, 35.52 % en sitios controlados y 24.34 % se dispone en sitios inadecuados mismos que no cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

Para 2005 se estima que la superficie utilizada para la disposición final de residuos abarca una extensión de 335.1 ha (INEGI, 2006a) de las que 264.7 ha corresponden a tiraderos a cielo abierto y 70.4 ha a rellenos sanitarios. En la gráfica 4.5 se presenta el seguimiento de la superficie utilizada para sitios de disposición final del periodo 2001-2005.

Gráfica 4.5 Superficie utilizada según sitio de disposición final (2001-2005)



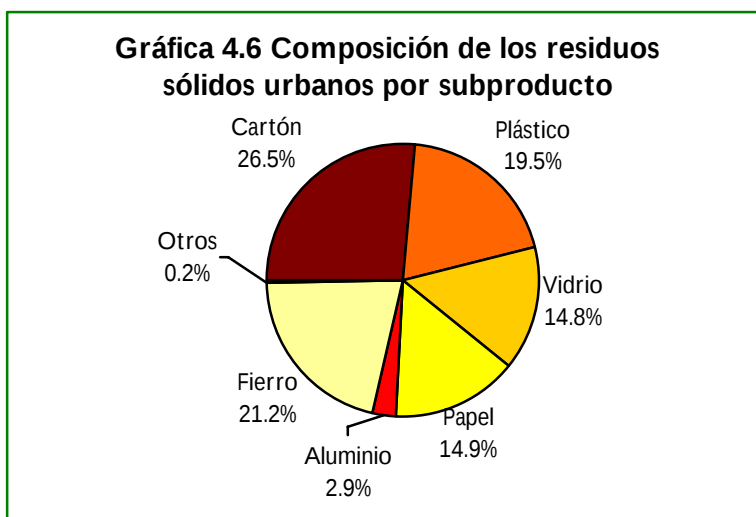
Fuente: INEGI (2002-2004, 2005c, 2006a)

Como se puede advertir, en ambos casos se ha incrementado la superficie utilizada, en términos absolutos la superficie de tiraderos a cielo abierto pasó de 207.1 ha en 2001, a 264.7 ha, siendo la diferencia de 57.6 ha que representan un incremento de 27.8 %. En lo que se refiere a la superficie utilizada en rellenos sanitarios, ésta pasó de 53.9 ha a 70.4 ha en ese periodo, siendo la diferencia de 16.5 ha que representan un incremento de 30.61 %.

La inapropiada disposición de los residuos sólidos trae consigo impactos al ambiente, como lo son la proliferación de fauna nociva, contaminación de mantos freáticos por lixiviados generados durante la descomposición de los residuos, así como la emisión de biogás y partículas suspendidas.

Existen dificultades para la disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos que realizan los ayuntamientos entre las que destacan pocos terrenos apegados a la normatividad, altos costos de los mismos, elevados gastos de inversión y operación de rellenos sanitarios, rechazo ciudadano; poca disponibilidad de recursos en los municipios para establecer la infraestructura requerida; escasa capacidad de endeudamiento de los municipios y cambio de las administraciones municipales cada tres años lo que impide, en muchos casos, continuar con los programas implementados.

Respecto a la composición de los residuos urbanos, ésta ha cambiado pues de ser mayoritariamente orgánica y fácilmente integrable a los ciclos de la naturaleza, pasó a estar caracterizada por abundantes elementos cuya descomposición es lenta y requiere de procesos complementarios para efectuarse, a fin de reducir sus impactos al ambiente. Actualmente, el cartón, el plástico, el fierro y el vidrio representan 82 % de los subproductos que conforman los residuos sólidos urbanos en la entidad (gráfica 4.6).



Fuente: SMAGEM (2005)

La composición de los residuos sólidos municipales no es homogénea en el territorio estatal, sino que responde a la distribución de hábitos de consumo y poder adquisitivo de la población. Así la composición en la región Balsas tiene mayores contenidos de residuos de orgánicos (alimentos, jardinería, madera) mientras que en las zonas urbanas de las regiones Lerma y Pánuco incrementa la proporción de papel, cartón, plástico y metal.

4.3. RESIDUOS PELIGROSOS

Referente a la generación de residuos industriales peligrosos es necesario reforzar los estudios para la elaboración de un diagnóstico claro y preciso acerca de sus volúmenes, tipos y efectos, ya que su carencia complica el manejo y control adecuado de su disposición final.

En la República Mexicana, la infraestructura y los sistemas de manejo en operación son sumamente precarios. Se estima que apenas 15 % de los residuos peligrosos generados se controlan adecuadamente. De acuerdo con los datos disponibles por entidad federativa, la capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos se ha concentrado en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, México, Tabasco y el DF. Esto es importante porque, dado el volumen de residuos peligrosos generados con las capacidades existentes de manejo, vigilancia y control, con frecuencia se observa una disposición clandestina en tiraderos municipales, barrancas, derechos de vías en carreteras, drenajes municipales o cuerpos de agua. Se estima que esta última opción es la que predomina, considerando que cerca de 90 % de los residuos peligrosos adoptan estados líquidos, acuosos o semilíquidos, o bien, se solubilizan o mezclan en las descargas de aguas residuales municipales.

En el país, hasta el año 2004, se tenían identificados 297 sitios contaminados con residuos peligrosos de los cuales el Estado de México albergaba 30 sitios, lo que representa 10.1 % del total. Asimismo, en la entidad existen al menos 30 grandes generadores (generan más de mil toneladas por año) que producen 78 % de los residuos peligrosos, en tanto que alrededor de 526 medianos generadores (más de 6 t/a) contribuyen con 11 %. Entre los principales municipios generadores de residuos peligrosos se encuentran, de mayor a menor participación: Tultitlán, Tlalnepantla, Ecatepec, Cuautitlán y La Paz. Por actividad económica, la química, la metalmecánica, imprentas, alimentos, la cementera y la automotriz son las principales generadoras.

A partir del estudio realizado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional en 1991, se conoce que el número de industrias generadoras de residuos peligrosos en la ZMVT es de 303, con una producción anual de 51 mil 579 toneladas de residuos peligrosos (GEM, 2002b). Este es un volumen significativamente menor al existente en los municipios conurbados de la ZMVM, en donde se estima una generación de 254 mil toneladas por año a partir de 4 mil 429 empresas (GEM, GDF, SEMARNAT, 2002).

Debido a los métodos con que se determinan los volúmenes de generación de residuos peligrosos, la disponibilidad y calidad de la información y periodo de reporte, hay variaciones significativas de los estimados. En el cuadro 4.2 se muestra la generación de residuos peligrosos en el

Estado de México, según diversas fuentes bibliográficas, de las cuales, dos de ellas reportan el volumen de residuos en alrededor de 233 mil toneladas por año, otras dos, en poco más de un millón 400 mil toneladas, y la fuente más reciente en 1.5 millones.

Cuadro 4.2 Generación de residuos peligros en el Estado de México según fuente de información		
Cantidad (t/a)	Año base	Fuente
1 407 770	1994	INEGI, SEMARNAP (1998)
1 415 000	1995	SEMARNAP (1997a)
233 681	1999	INEGI, SEMARNAP (2000)
233 640	2000	GEM, GDF, SEMARNAT (2002)
1 533 419	2004	SEMARNAT (2006a)

En el cuadro 4.3 se muestra la capacidad instalada al año 2000 en el Estado de México para el reciclaje de residuos industriales peligrosos y el porcentaje que representa respecto al total nacional. En primer lugar se encuentra el reciclaje de aceites lubricantes usados pues representa 72.1 % del total nacional, es segundo lugar está el reciclaje de solventes gastados con 59.8 %, el reciclaje de tambores con 54.8 % y el último lugar el reciclaje de metales con 28.9 %.

Cuadro 4.3. Capacidad instalada para el reciclaje de residuos industriales peligrosos en el Estado de México (2000)			
Reciclaje	No. Empresas autorizadas	Capacidad instalada	(%) respecto al total nacional
Aceites lubricantes usados	1	8 800	72.1
Solventes gastados	6	118 051	59.8
Tambores	22	24 577	54.8
Metales (plomo, zinc y plata)	6	149 401	28.9

Fuente: SEMARNAP (2000)

A la fecha no existe un programa para el manejo integral de los residuos sólidos peligrosos en la ZMVT; principalmente se han impulsado programas en la ZMVM. Al parecer, el volumen estimado de desechos peligrosos generado en la Región Lerma es relativamente bajo para justificar o suscitar el interés de las empresas privadas para invertir en la infraestructura comercial de la gestión de los residuos peligrosos (GEM, 2002b).

4.4. USO DE FERTILIZANTES Y PLAGUICIDAS

Hasta mediados del siglo pasado, el aumento de producción agrícola se logró fundamentalmente por la expansión del área cultivada. La posibilidad de incorporar tierras a costos relativamente bajos impidió la adopción de políticas y medidas de conservación y gestión de suelos. Sin embargo, al alcanzarse la frontera agropecuaria, la escasez de tierra arable se hizo evidente. Desde entonces, los aumentos de producción han resultado de la intensificación de la explotación agrícola, es decir, de los incrementos de productividad por unidad de tierra cultivada, gracias a la aplicación de tecnología que combina los avances de la mecanización con los de los insumos químicos (fertilizantes y pesticidas) conjuntamente con variedades de semilla de alto rendimiento, riego tecnificado, etcétera.

Sin embargo, no se ha tomado en cuenta la afectación ecológica que estos pueden ocasionar, ya sea afectando ciclos biogeoquímicos, contaminando las aguas subterránea y superficiales, incrementando los riesgos de intoxicaciones químicas y aumentando los niveles de óxido nitroso (N_2O) atmosférico; el cual es un potente gas de efecto invernadero. Se ha calculado que alrededor de 50 % de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos es absorbido por las plantas, el otro 50 % es almacenado en el suelo para la nutrición de los cultivos subsiguientes; pero una gran parte de éste es transformado en nitrógeno atmosférico (N_2) mediante los procesos de desnitrificación de los microorganismos y otra gran parte es lixiviado a capas inferiores donde contaminan las aguas subterráneas y el manto freático en forma de nitratos (NO_3) (Torres, Soria, Pérez, 2003).

A continuación se enlistan los principales efectos adversos por el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados (Anónimo, 2003):

- Aportación de elementos, además del nitrógeno y fósforo, tales como: azufre, calcio, magnesio, manganeso, sodio y sílice.
- Variación de la reacción el suelo (acidificación o alcalinización).
- Inmovilización de metales pesados.
- Eutrofización de cuerpos de agua.
- Incremento de la actividad biológica del suelo con importantes efectos indirectos sobre la dinámica global de los nutrientes.
- Daños por salinidad y contaminación de acuíferos, causados por una dosificación muy alta.
- Daños causados por las impurezas y productos de descomposición.
- Efecto secundario, herbicida y fungicida.

En el cuadro 4.4 se brinda una idea sobre la cantidad de fertilizante a partir de la superficie fertilizada en la entidad. De este cuadro destaca el año agrícola 03-04 pues a pesar de que la superficie sembrada fue menor que la de los años anteriores, hubo un mayor consumo de fertilizantes, particularmente en la región Pánuco; pero para el siguiente año agrícola la cantidad de fertilizante utilizado pasó de 311 009.8 t a 264 609.1 t utilizadas.

Cuadro 4.4 Superficie fertilizada y uso de fertilizantes por año agrícola				
Superficie	98/99	02/03	03/04	04/05
Sembrada (ha)	911 876.30	914 888.17	908 393.10	892 914.00
Fertilizada (ha)	620 219.80	604 500.00	705 237.65	600 020.70
Región	Estimado de uso de fertilizantes (t)			
Pánuco	46 503.5	56 668.5	102 672.6	64 842.2
Lerma	144 326.9	145 530.0	132 719.8	128 158.0
Balsas	82 686.6	64 386.0	75 617.4	71 608.9
Total	273 516.9	266 584.5	311 009.8	264 609.1

Fuente: DGPCCA con datos del INEGI (2000, 2004, 2005c, 2006a)

En los próximos años será necesario un incremento significativo en la producción agrícola para satisfacer los niveles de insumos calóricos y proteicos para el abastecimiento a la población nacional y estatal; por lo que es imperativo la búsqueda de nuevos métodos de producción sustentable desde el punto de vista agrícola y ecológico para proteger el entorno que soportará tal crecimiento poblacional.

Con relación a los plaguicidas es importante señalar que derivado de la actividad hortícola y florícola que se desarrolla principalmente en los municipios de Villa Guerrero, Zumpahuacán, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal y Tonatico, todos ellos pertenecientes a la región Balsas, actualmente la disposición y manejo de los envases vacíos de estos productos y otros agroquímicos representa un serio problema que afecta tanto a los ecosistemas como a la salud de los floricultores. Lo anterior debido a que los envases son dispuestos en tiraderos municipales o en sitios clandestinos, sobre todo en barrancas, y muchos de estos se consideran como residuos peligrosos y como tales deben recibir un manejo especial.

Los plaguicidas (insecticidas, nematicidas, raticidas, fungicidas y herbicidas) representan un importante insumo en los actuales sistemas de producción; sin embargo, éstos no deben ser utilizados en forma indiscriminada. Entre los plaguicidas de mayor consumo en esta zona Hortícola-Florícola se encuentran la Atrazina, 2-4 Amina, Parathión Metílico, Bentazón, Azufre, Oxidloruro de cobre, Malathión, Carbofurán, entre otros.

Cuando el plaguicida es aplicado al cultivo, este sufre varios procesos de difusión y transformación, como la volatilización, absorción, degradación biológica o química, los cuales provocan serios daños al ambiente (aire, agua y suelo), así como a la flora y fauna, ya que las aves se intoxican y llegan a morir cuando comen algunos insectos que minutos antes fueron fumigados, lo mismo les sucede a los conejos, tuzas y ardillas al comer el follaje; en el caso de Coatepec Harinas se desarrolla la apicultura familiar y el uso de algunos insecticidas elimina a las abejas.

CAPÍTULO 5. RECURSO: AIRE

5.1. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVCT

El inventario de emisiones es una herramienta mediante la cual es posible identificar las principales fuentes emisoras, el tipo y cantidad de contaminantes y su temporalidad, es decir, permite conocer qué y cuánto se emite de contaminantes como resultado de los procesos industriales, la operación de vehículos automotores y otras actividades específicas. Por tanto, el inventario de emisiones es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire, ya que a partir de éste, se pueden establecer políticas y estrategias para el control y reducción de emisiones contaminantes. Los tipos de fuentes emisoras consideradas en el inventario de emisiones consisten principalmente en cuatro grupos:

Fuentes puntuales: corresponden a los establecimientos industriales que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Fuentes de área: son aquellos establecimientos o actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente bajas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera. Este tipo de fuentes incluye a la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicio

Fuentes móviles: comprende los vehículos automotores tanto de uso privado como el transporte público de pasajeros y de carga. Las aeronaves se incluyen en las fuentes de área.

Fuentes naturales: son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no provienen directamente de actividades humanas. Entre éstas se incluyen las emisiones provenientes de la erosión del suelo ocasionada por el viento (tolvaneras) y de la vegetación, entre otras.

En el cuadro 5.1 se presenta un resumen de las emisiones contaminantes el cual consiste en valores promedio de tres años. Como se puede apreciar, la principal fuente de emisión de partículas PM_{10} son las fuentes de área con 6 620 t/a.

Cuadro 5.1. Emisiones de contaminantes según fuente de emisión en la ZMVCT (Promedio de los años 2000, 2002 y 2004)					
Tipo de fuente	Contaminante (t/a)				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	COT
Puntuales	2 404	4 121	6 586	69 742	32 878
Área	6 620	28	2 759	5 300	293 933
Móviles	1 363	1 612	846 544	50 709	82 581
Suelo y Veg.	1 606	N. A.	N. A.	10 696	435

Fuente: DGPCCA con datos de GIE-CAM

Respecto al bióxido de azufre (SO₂) las fuentes puntuales son las principales emisoras de este contaminante con 4 121 t/a. Las fuentes móviles emiten 846 544 t/a de monóxido de carbono (CO). Con relación a los óxidos de nitrógeno (NO_x) participan dos fuentes principales: las puntuales (69 742 t/a) y las móviles (50 709 t/a). En cuanto a los compuestos orgánicos totales (COT) son las fuentes de área su principal emisor (293 933 t/a).

En los siguientes cuadros, se presenta el seguimiento de las emisiones para los tres años de referencia y para cada una de las fuentes de emisión. En el cuadro 5.2 se aprecia que las fuentes puntuales emiten en promedio 115 730 t/a de contaminantes, de las cuales la mayor cantidad corresponde a NO_x y COT, asimismo, se observa que de 2000 a 2004 aumentó su participación en el total de emisiones, al pasar de 48 640 t/a a 84 550 t/a.

Cuadro 5.2. Emisiones anuales de las fuentes puntuales por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM₁₀	SO₂	CO	NO_x	COT	Total anual
2000	1 750	6 750	8 682	20 854	10 604	48 640
2002	2 986	2 786	5 783	17 355	33 185	62 095
2004	2 475	2 827	5 292	17 107	54 845	84 550
Promedio	2 404	4 121	6 586	69 742	32 878	115 730

Fuente: DGPCCA con datos de GIE-CAM

En el cuadro 5.3 se observa que las fuentes de área emiten en promedio 308 mil 639 toneladas de contaminantes, de las cuales la mayor cantidad corresponden a COT, asimismo, se advierte que de 2000 a 2004 aumentó su participación en el total de emisiones, al pasar de 281 846 t/a a 360 839 t/a.

Cuadro 5.3. Emisiones anuales de las fuentes de área por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM₁₀	SO₂	CO	NO_x	COT	Total anual
2000	284	28	2 593	5 494	273 447	281 846
2002	10 399	28	2 813	5 002	264 991	283 233
2004	9 177	27	2 871	5 403	343 361	360 839
Promedio	6 620	28	2 759	5 300	293 933	308 639

Fuente: DGPCCA con datos de GIE-CAM

Respecto a las emisiones de las fuentes móviles, éstas emiten en promedio 982 mil 810 toneladas de contaminantes, de las cuales la mayor cantidad corresponden a CO, y en menor cantidad, a NO_x y COT, asimismo, se advierte que de 2000 a 2004 también aumentó su participación en el total de emisiones, al pasar de 830 639 t/a a 1 151 102 t/a.

Cuadro 5.4. Emisiones anuales de las fuentes móviles por contaminante

Año	Contaminante (toneladas/año)					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	Total anual
2000	1 451	1 576	715 103	42 598	69 911	830 639
2002	1 257	1 949	832 806	49 944	80 733	966 689
2004	1 381	1 312	991 723	59 586	97 100	1 151 102
Promedio	1 363	1 612	846 544	50 709	82 581	982 810

Fuente: DGPCCA con datos de GIE-CAM

Finalmente, en el cuadro 5.5 se presentan las emisiones provenientes de la vegetación y la erosión de suelos. La vegetación contribuye con 435 toneladas de NO_x y 10 mil 696 toneladas de COT. Por su parte las emisiones provenientes de la erosión del suelo comprenden 1 606 t/a de PM₁₀. En este caso, de 2000 a 2004 hubo una disminución en el total de emisiones al pasar de 13 176 t/a a 11 905 t/a.

Cuadro 5.5. Emisiones anuales de la vegetación y suelo por contaminante

Año	Contaminante (t/a)					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	Total anual
2000	1 683	N. A.	N. A.	734	10 759	13 176
2002	1 953	N. A.	N. A.	294	10 880	13 127
2004	1 181	N. A.	N. A.	276	10 448	11 905
Promedio	1 606	N. A.	N. A.	435	10 696	12 736

N. A. = No aplica.

Fuente: DGPCCA con datos de GIE-CAM

5.2 INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVT

Para el caso de la ZMVT, en el cuadro 5.6 se presenta un resumen de las emisiones contaminantes el cual consiste en valores promedio a partir de los años 1996 y 2000.

**Cuadro 5.6. Emisiones de contaminantes según fuente de emisión en la ZMVCT
Promedio de los años 1996 y 2000**

Año	Contaminante (t/a)				
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Puntuales	528	9 576	239	1 941	2 874
Área	142	430	350	263	17 826
Móviles	779	1 386	381 470	16 457	41 018
Suelo y Veg.	2 205	N. A.	N. A.	1 018	2 949

N. A.= No aplica.

Fuente: GEM (2005c)

Como se puede apreciar, la principal fuente de emisión de partículas PM_{10} comprende la erosión de suelos y vegetación, la mayor cantidad de SO_2 proviene de las fuentes puntuales, las fuentes móviles contribuyen mayoritariamente con las emisiones de CO, NOX e hidrocarburos (HC).

En el cuadro 5.7 se observa que las fuentes puntuales emiten en promedio 14 mil 629 toneladas de contaminante, siendo la mayoría de SO_2 , asimismo, en los dos años de referencia el total de emisión se ha mantenido prácticamente constante.

Cuadro 5.7. Emisiones anuales de las fuentes puntuales por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC	Total anual
1996	N. E.	8 667	203	2 188	3 406	14 464
2000	528	10 485	275	1 693	2 341	14 794
Promedio	528	9 576	239	1 941	2 874	14 629

N. E. = No estimado.

Fuente: GEM (2005c)

En lo que respecta las fuentes de área, éstas emiten en promedio 18 mil 938 toneladas de contaminantes anualmente, siendo el HC el contaminante mayormente emitido. Su contribución en las emisiones totales muestra un incremento al pasar de 16 mil 535 toneladas en de 1996, a 21 mil 341 toneladas en 2000 (cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Emisiones anuales de las fuentes de área por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC	Total anual
1996	N. E.	206	159	62	16 108	16 535
2000	142	653	540	463	19 543	21 341
Promedio	142	430	350	263	17 826	18 938

N. E. = No estimado.

Fuente: GEM (2005c)

Las fuentes móviles emiten en promedio 440 mil 720 toneladas de contaminantes, de las que cuales la mayor parte corresponden a CO, así como una importante cantidad de NOX y HC. Como en los otros casos, su participación en las emisiones totales también presenta un incremento, al pasar de 316 135 t/a en 1996, a 565 305 t/a en 2000 (cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. Emisiones anuales de las fuentes móviles por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC	Total anual
1996	N. E.	1 649	268 380	19 139	26 967	316 135
2000	779	1 122	494 560	13 775	55 069	565 305
Promedio	779	1 386	381 470	16 457	41 018	440 720

N. E. = No estimado.

Fuente: GEM (2005c)

Finalmente, en el cuadro 5.10 se muestran las emisiones provenientes de la erosión de suelo y la vegetación únicamente estimadas para el año 2000. La erosión del suelo contribuye con 2 mil 205 toneladas de PM_{10} , en tanto que la vegetación aportan 1 108 t de NO_x y 2 949 t de HC.

Cuadro 5.10. Emisiones anuales de la vegetación y suelo por contaminante						
Año	Contaminante (t/a)					
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	HC	Total anual
1996	N. E.	N. A.	N. A.	N. E.	N. E.	N. E.
2000	2 205	N. A.	N. A.	1 018	2 949	6 172

N. E. = No estimado; N. A. = No aplica.

Fuente: GEM (2005c)

5.3. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMVM

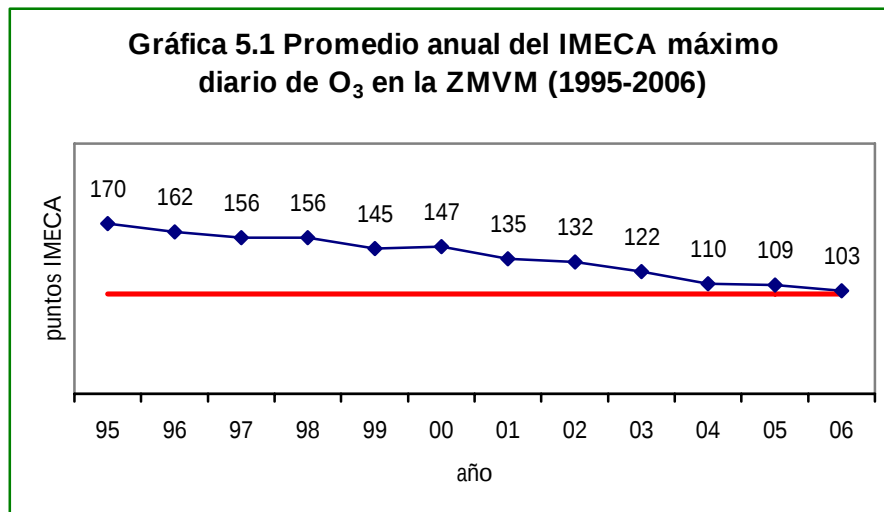
La contaminación atmosférica es un problema generalizado en los principales centros urbanos de la entidad: la ZMVCT y la ZMVT. La calidad del aire en estas metrópolis se explica, en parte, por el crecimiento demográfico, la cantidad y calidad de los combustibles consumidos, el tipo de tecnologías utilizadas tanto en la industria como en los vehículos automotores, los patrones de movilidad urbana y por las condiciones meteorológicas imperantes.

La contaminación del aire tiene efectos negativos en la salud humana, por ejemplo, irritación de ojos, lagrimeo, dolor de cabeza, malestar en la garganta, dolor pulmonar, por mencionar sólo algunos; pero más allá de estos síntomas, la exposición a los contaminantes del aire está relacionada con serios trastornos a la salud entre los que destacan disminución de la capacidad respiratoria, aumento de los casos de enfermedades respiratorias, ataques de asma, enfermedades cardíacas y cánceres pulmonares. Asimismo los niveles altos de contaminación pueden afectar la productividad económica al restringir actividades industriales, servicios y tránsito vehicular en casos de contingencia ambiental, y generar costos asociados al ausentismo laboral por enfermedad, tratamiento de enfermedades, medicinas, pago de honorarios al médico y gastos de hospitalización (GEM, GDF, SEMARNAT, SA, 2002).

El ozono y las partículas PM_{10} son los contaminantes que tienen una mayor importancia debido a sus efectos en la salud, la magnitud de sus concentraciones y la frecuencia con la que exceden las normas oficiales mexicanas de calidad del aire ambiente. En los últimos años la época seca-caliente, que abarca los meses de marzo a mayo, ha presentado condiciones de mayor riesgo para la salud de la población ya que en ésta se incrementa considerablemente el porcentaje de excedencias a la norma de ozono y de PM_{10} .

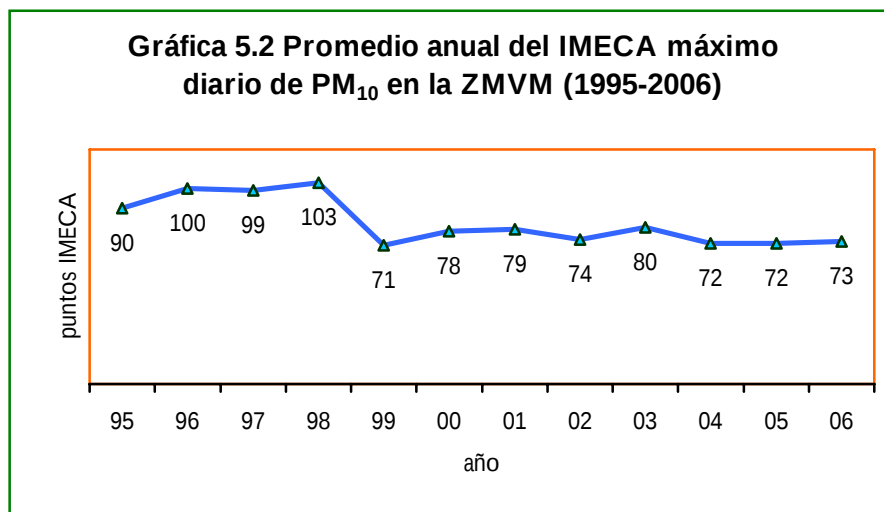
En la gráfica 5.1 se presenta el promedio anual del índice metropolitano de la calidad del aire o (IMECA) de ozono, del periodo 1995-2006. En dicha gráfica se observa una clara tendencia descendente pasando de 170 a 103 puntos IMECA. El reto a futuro será lograr mantener dicha tendencia dentro de valores dentro de norma a pesar del crecimiento urbano y conurbación de otros municipios de la región. Asimismo, se requerirá de un análisis de las horas de exposición

de este contaminante respecto a la norma horaria, la cual sin duda se rebasa pues sólo está permitido el rebase en cuatro ocasiones al año.



Fuente: DGPCCA con datos de la RAMA del Valle de México

En la gráfica 5.2 se presenta el promedio anual del IMECA de partículas PM₁₀, donde se puede observar que de 1995 a 1998 se presentaron los promedios más altos, pero a partir de 1999 disminuye significativamente manteniéndose en niveles estables hasta el año 2006.



Fuente: DGPCCA con datos de la RAMA del Valle de México

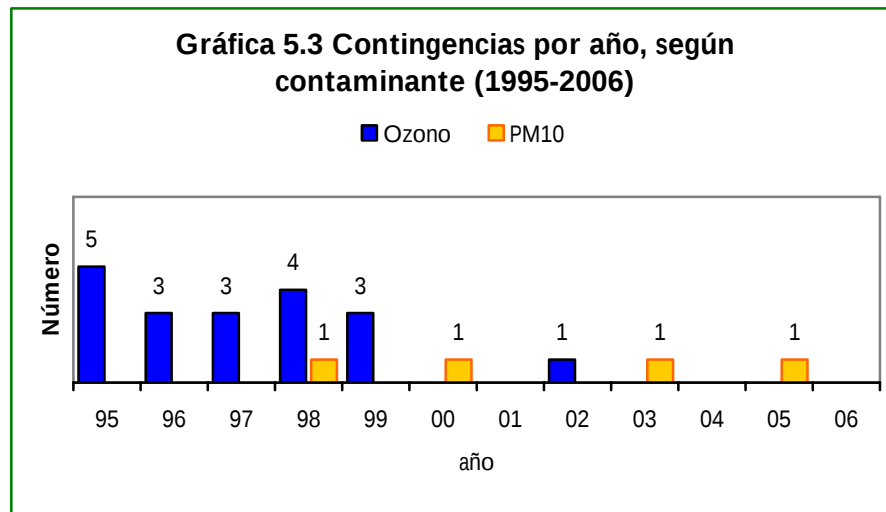
En el cuadro 5.11 se muestra el número de días al año por intervalo de calidad del aire, en la que cabe destacar la disminución del número de días con calidad del aire considerada como mala, es decir, mayor a 200 puntos IMECA, así como un importante incremento en el número de días con calidad satisfactoria durante 2006. A pesar de ello, aún 62.47 % de los días del año presentan una calidad no satisfactoria.

Cuadro 5.11. Calidad del aire por intervalos IMECA

Calidad del aire	Intervalo IMECA	Año										
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Buena a satisfactoria	0-100	33	29	28	61	34	62	61	72	124	131	137
No satisfactoria	101-200	264	284	278	274	311	291	295	291	242	234	228
Mala	> 200	69	52	59	30	21	12	9	2	0	0	0

Fuente: DGPCCA con datos de la RAMA del Valle de México

En la gráfica 5.3 se muestra el seguimiento del número de eventos de contingencia ambiental atmosféricas, lo que ha implicado la activación del *Programa de Contingencias Ambientales de los Municipios Conurbados de la ZMVM*. Desde 2003 no se ha presentado contingencias ambientales por ozono, pero en años recientes se han presentado contingencias regionales por partículas PM₁₀ en época decembrina, principalmente.

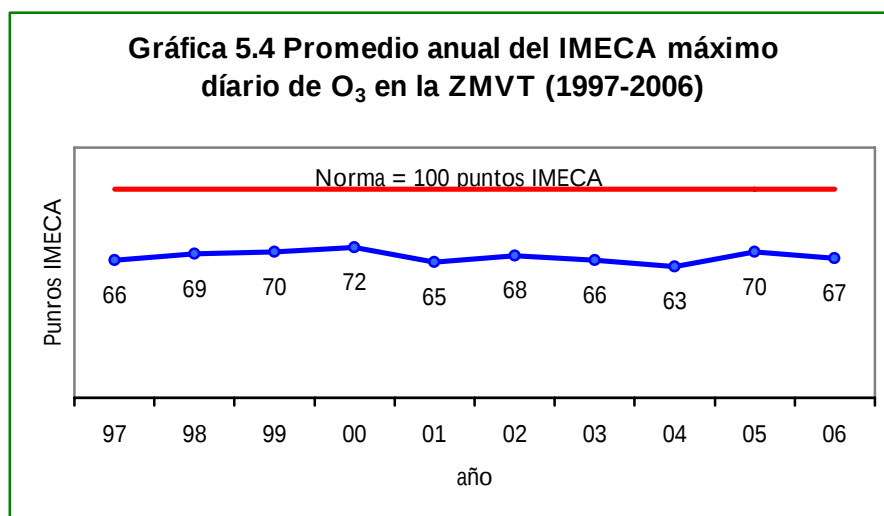


Fuente: DGPCCA.

El 31 de agosto de 2006 se publicaron diversas reformas al *Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas*, siendo las principales modificaciones aquellas que reducción de los límites de activación de las diferentes fases de contingencia. Por que a partir de entonces se espera una mayor actividad de este programa, principalmente en lo que respecta a precontingencias por ozono.

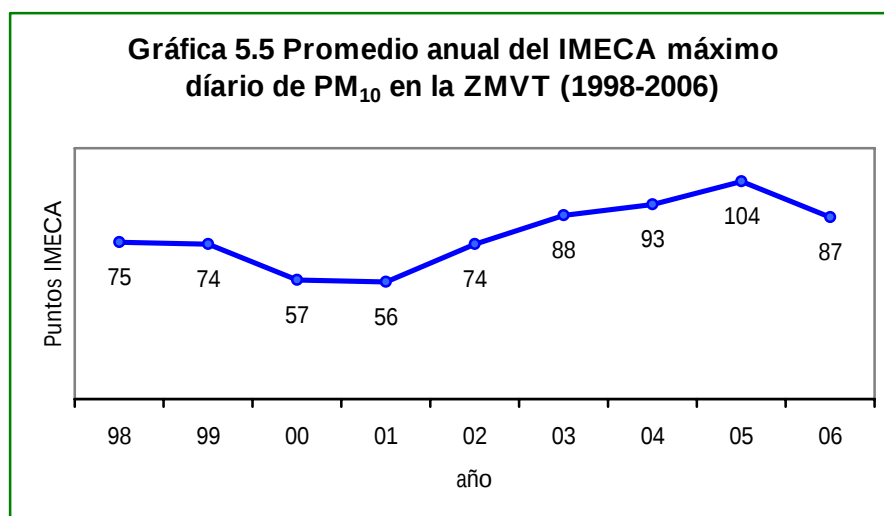
5.4. CALIDAD DEL AIRE EN ZMVT

La ZMVT se encuentra en un proceso de crecimiento poblacional y de consolidación urbana, aunado a intensos cambios de uso del suelo, deforestación y abandono de tierras agrícolas, lo que se ha comenzado a reflejar en deterioro de la calidad del aire como se verá en las siguientes gráficas y cuadros. En la gráfica 5.4 se presenta el promedio anual del IMECA de ozono, de 1997 a 2006, donde se puede observar un comportamiento estable con niveles relativamente bajos.



Fuente: DGPCCA

Respecto a las partículas PM₁₀ en la gráfica 5.5 se aprecia que a partir de 2002 comienza una clara tendencia a la alza, el promedio anual pasa de 74 puntos en ese año, a 104 en el 2005, y decrece a 87 en 2006. Esta situación sitúa a las partículas PM₁₀ como el principal contaminante a controlar en la ZMVT.



Fuente: DGPCCA

En la cuadro 5.12 se muestra el número de días al año por intervalo de calidad del aire en la ZMVT, de la cual que cabe destacar el aumento significativo del número de días con calidad del aire considerada como “no satisfactoria” y “mala” a partir de 2003.

Cuadro 5.12. Calidad del aire por intervalos IMECA											
Calidad del aire	Intervalo IMECA	Año									
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Buena a satisfactoria	0-100	343	306	299	322	349	304	253	247	202	249
No satisfactoria	101-200	22	59	64	44	16	61	109	108	146	110
Mala	> 200	0	0	1	0	0	0	3	11	17	6

Fuente: DGPCCA

5.5. CALIDAD DEL AIRE EN OTRAS REGIONES DE LA ENTIDAD

Desde 1997 a la fecha, la DGPCCA ha realizado campañas de monitoreo en diferentes municipios de la entidad por medio de la Unidad Móvil del Departamento de Monitoreo. Por región hidrográfica, en el Pánuco se han realizado 17 monitoreos; en la del Lerma, 8; y en la del Balsas, 6. Los resultados de las campañas se resumen en el cuadro 5.5 en la que se presentan los valores máximos registrados del IMECA.

Respecto a partículas PM_{10} los municipios que destacan por el rebase a la norma de calidad del aire ambiente equivalente a 100 puntos IMECA corresponden a: Atizapán de Zaragoza (137), Acambay (126 puntos), Aculco (316), Huixquilucan (263), Polotitlán (156), Tultepec (129) y Valle de Chalco (116).

En cuanto a ozono sobresalen Amecameca (102) Apaxco (105), Huixquilucan (137) Polotitlán (103), Valle de Chalco (120), Lerma (107), Ocoyoacac (138), Xonacatlán (113) y Zinacantepec (129).

Con relación a bióxido de nitrógeno solamente el municipio de Temascalcingo resalta por el nivel alcanzado de 215 puntos IMECA, realmente un evento atípico. Referente a los dos contaminantes restantes, bióxido de azufre y monóxido de carbono, en ningún caso se rebasó el nivel equivalente a la norma equivalente a 100 puntos IMECA.

Es probable un mayor número de rebases a la norma de partículas PM_{10} en aquellos municipios con características rurales o semiurbanas, y por el contrario, en aquellos municipios urbanos se presenten mayores violaciones a la norma de ozono, como es el caso de los municipios de las regiones Pánuco y Lerma.

Cuadro 5.5. Resumen de resultados de campañas de monitoreo en distintos municipios de las tres regiones, de 1997 a 2007							
Valores IMECA máximos por contaminante							
Región	Municipio	PM₁₀	O₃	NO₂	SO₂	CO	Año
Pánuco	Amecameca	54	102	25	10	-	1997
	Ozumba	40	-	-	-	-	1997
	Temascalcingo	73	43	215	-	45	1997
	Acambay	126	93	93	13	24	1998
	Aculco	316	85	24	11	44	1998
	Jilotepec	52	80	25	24	-	1998
	Polotitlán	156	103	90	18	24	1998
	Timilpan	-	73	98	-	-	1998
	Jocotitlán	98	91	79	20	21	2002
	Valle de Chalco	116	120	34	55	27	2003
	Apaxco	94	105	-	30	17	2004
	Zumpango	71	81	17	20	21	2004
	Atizapán de Zaragoza	118	84	31	72	55	2005
	Atizapán de Zaragoza	137	87	41	38	60	2006
	Huehuetoca	67	79	-	31	-	2006
	Huixquilucan	263	137	48	18	43	2006
	Tultepec	129	97	22	40	39	2007
Lerma	Almoloya de Juárez	86	88	34	6	-	1997
	Calimaya	92	79	16	5	-	1997
	Rayón	-	82	17	8	-	1997
	Ocoyoacac	-	138	29	17	19	1998
	Temoaya	39	73	43	8	-	1998
	Lerma	44	107	25	15	37	2001
	Xonacatlán	24	113	23	16	17	2001
	Zinacantepec	34	129	28	7	31	2002
Balsas	Coatepec Harinas	-	-	21	4	44	1997
	Ixtapan de la Sal	-	55	12	5	-	1997
	Tenancingo	-	33	16	6	-	1997
	Tonatico	-	54	10	4	-	1997
	Villa Guerrero	-	49	7	14	-	1997
	Zumpahuacan	-	65	17	4	-	1997

Fuente: DGPCCA

CAPÍTULO 6. RECURSOS NATURALES

6.1. INCENDIOS FORESTALES

Anualmente los incendios forestales afecta miles de hectáreas afectando la vegetación, el hábitat de la fauna silvestre, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, asimismo, contribuyen con la contaminación del aire, propician la erosión del suelo, afectan la belleza escénica y alteran el régimen hidrológico, entre otros impactos ecológicos y económicos. Sin embargo, no hay que dejar de lado el importante rol de los incendios en los ecosistemas forestales como se constata con los regímenes pírnicos y con las diversas adaptaciones que ante éstos exhiben las plantas. Los incendios contribuyen a la mineralización de la materia orgánica, participan en diversos ciclos de nutrientes, y cuando el fuego es de baja intensidad, pueden promover el crecimiento de los árboles, gracias a la poda natural que propician, y a la fertilización mediante cenizas, asimismo, abaten el combustible ligero (pastos, hojarasca, hierbas, etcétera.) disminuyendo la presencia de incendios de grandes magnitudes. El fuego también contribuye a la manutención de masas forestales comerciales, como los pinares, e incluso, junto con otros disturbios naturales, al afectar la sucesión ecológica, contribuye a la manutención de la biodiversidad (Rodríguez, 1996, en CONAFOR, n. d).

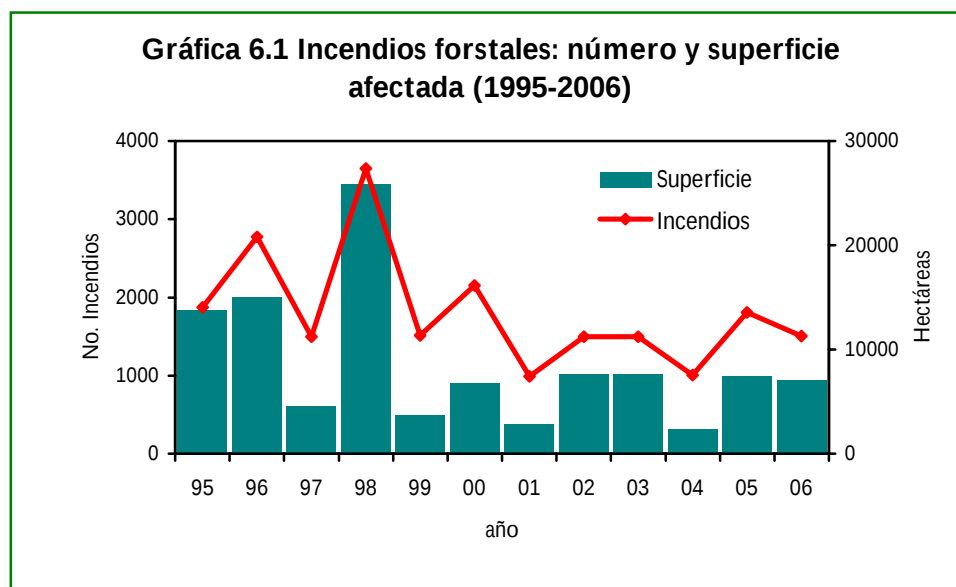
Durante los últimos años el Estado de México ha ocupado el primer lugar nacional en cuanto a número de incendios, sin embargo la superficie afectada ha sido inferior a la de otros estados de la república. En los últimos cinco años en la entidad se han presentado un promedio de 1 463 incendios. Las causas de éstos van desde las naturales y accidentales hasta las intencionales. Sin embargo, más de 79 % de los eventos están relacionadas con actividades humanas, por ejemplo, quema de esquilmos de tierras agrícolas y pastos, fogatas de excursionistas, actividades silvícolas, entre otras (SEDAGRO, 2006).

En el cuadro 6.1 y gráfica 6.1 se muestra el número, superficie afectada e índice de afectación de incendios forestales en la entidad de 1995 a 2006. En ésta destaca 1998 como el año con mayor afectación (25 847 ha) y número de incendios (3 649). A partir de 1999 a 2004 la afectación ha sido menor a 8 mil hectáreas.

El estrato vegetal con mayor afectación respecto a superficie corresponde a los arbustos (56.71 %) y los pastizales (31.66 %), por el contrario, el arbolado adulto fue el menos afectado (1.54 %), seguido del renuevo (10.09 %). En gran parte esto se debe a la eficiencia de detección y llegada con que se actúa. En el ámbito nacional, la entidad registra uno de los mejores tiempos de atención a incendios con un promedio de detección de 8 minutos; 6 minutos en llegar a su combate y 2 horas, 42 minutos en sofocarlo (SEDAGRO, 2006).

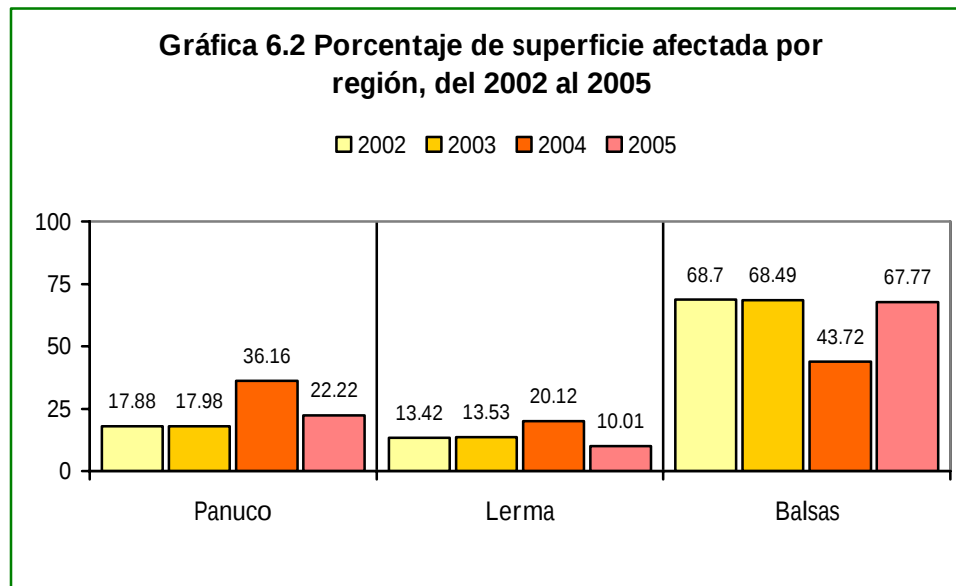
Cuadro 6.1. Seguimiento al número de incendios forestales en la entidad (1995-2006)			
Año	Incendios	Superficie afectada (ha)	Índice de afectación
1995	1 875	13 811	7.37
1996	2 771	15 008	5.42
1997	1 496	4 517	3.02
1998	3 649	25 847	7.08
1999	1 512	3 659	2.42
2000	2 152	6 835	3.18
2001	986	2 845	2.89
2002	1 493	7 602	5.09
2003	1 497	7 627	5.09
2004	1 010	2 399	2.38
2005	1 805	7 422	4.11
2006	1 509	7 027	4.66

Fuentes: INEGI, SEMARNAP (2000); INEGI (2002-2004, 2005c, 2006a, 2007c)



Fuentes: INEGI, SEMARNAP (2000); INEGI (2002-2004, 2005c, 2006a, 2007c)

Por región hidrográfica, del total de la superficie afectada por incendios forestales durante el periodo 2002-2005, la región Balsas presenta un porcentaje de afectación superior a 60 %, con excepción del año 2004 el cual tuvo una afectación de 43.72 %. En el ese periodo de referencia, la región Pánuco presentó valores de afectación de 17-22 % siendo el 2004 en de mayor porcentaje (6.16 %). En la región Lerma se presentan los menores porcentajes de afectación de las tres regiones, con valores de 10-13 % con un máximo de 20.12 % durante 2004 (gráfica 6.2).



Fuente: INEGI (2003, 2004, 2005c, 2006a)

Para la prevención y control de incendios forestales se realizan anualmente campañas contra incendios que consisten en la operación de brigadas, preparación de brechas corta-fuego, realización de quemas controladas, entrega de equipo, campañas de comunicación, entre otras actividades.

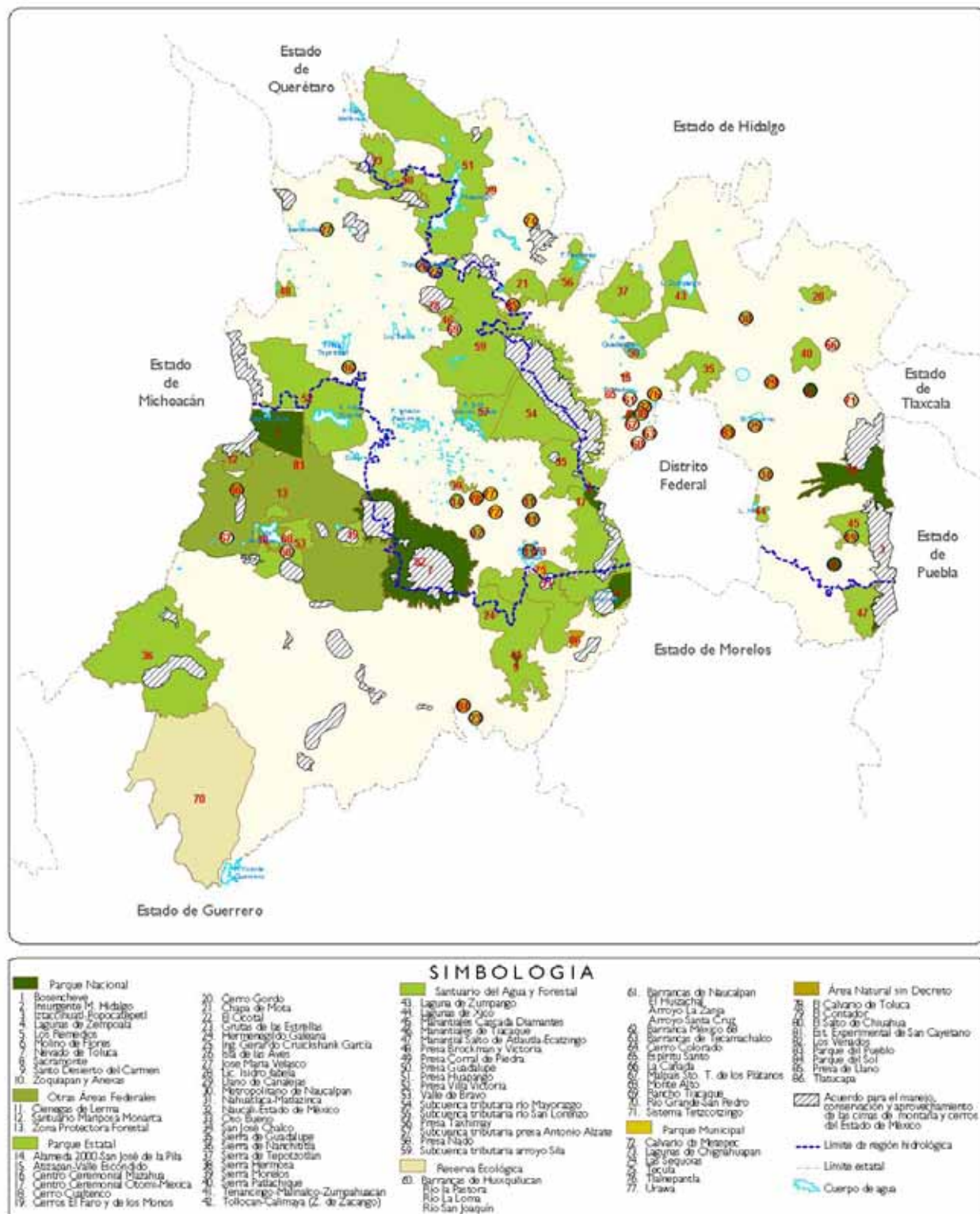
6.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las condiciones climáticas y de relieve del Estado de México son propicias para el desarrollo de una variedad importante de formas de vida, en donde se pueden encontrar sitios de gran diversidad biológica. El conocimiento, uso y conservación de la biodiversidad ha sido de particular interés para el GEM el cual ha procurado el establecimiento, desarrollo y operación de áreas naturales protegidas o ANP.

Las ANP consisten en zonas donde los ambientes acuáticos y terrestres no han sido alterados significativamente y contribuyen a la conservación de la biodiversidad. Dentro de éstas se da la oportunidad de continuar los procesos naturales de selección y evolución de las especies silvestres, asimismo, brindan diferentes servicios ambientales como la producción de oxígeno, la retención de humedad y la captura de carbono atmosférico, entre muchos otros. Las ANP son un patrimonio invaluable que además de los servicios ambientales mencionados, proporcionan esparcimiento y recreación al ser humano.

En la figura 6.1 se muestra la distribución de las ANP dentro de territorio estatal, donde a simple vista se observa que la mayoría de éstas se encuentran en las regiones Lerma y Balsas.

Figura 6.1. Áreas naturales protegidas



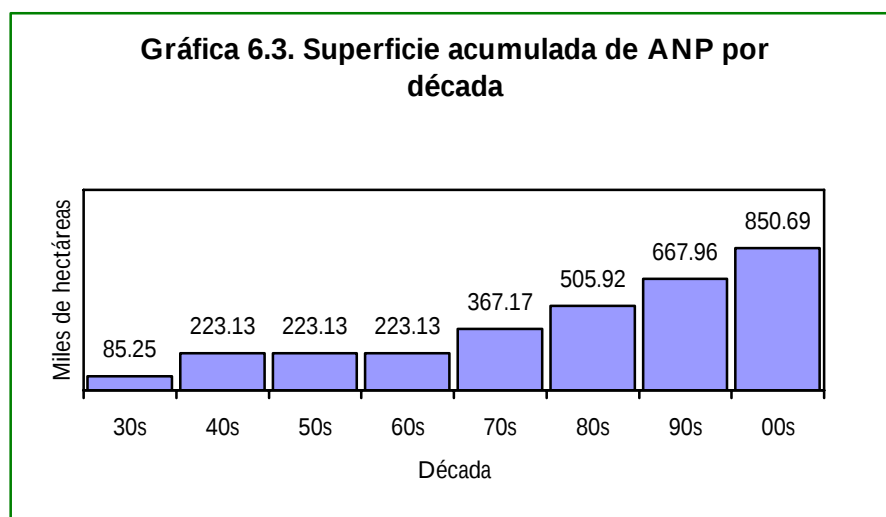
Hasta 2006, el sistema de ANP consiste en 88 unidades con distinta jerarquía, abarcando una superficie de 851 477.14 ha (8 514.8 km²) lo que representa 37.84 % del territorio estatal. En el cuadro 6.2 se presenta el número y superficie de ANP según categoría. Los parques estatales y los santuarios del agua destacan tanto por su número como por la superficie que abarcan (41 parques y más de 448 mil hectáreas), le siguen en importancia las áreas de protección de flora y fauna (1 ANP y 126 mil hectáreas), las reservas ecológicas estatales (12 reservas y 100 mil hectáreas), y en cuarto lugar se encuentran los parques nacionales (10 parques y 99 mil hectáreas).

Cuadro 6.2. Resumen de las ANP en el Estado de México		
Categoría	Núm.	Superficie (ha)
Parques nacionales	10	99 352.26
Parques estatales	40	268 379.91
Parques estatales santuarios del agua	11	180 166.02
Parques municipales	5	193.72
Reservas ecológicas federales	1	17 038.00
Reservas ecológicas estatales	12	100 670.74
Áreas de protección de flora u fauna	1	126 798.98
Cimas de montaña, lomeríos y cerros	1	58 093.44
Sin decreto	7	792.07
Total	88	851 485.14

Nota: La superficie total no considera la sobre posición de polígonos.

Fuente: CEPANAF en SEDAGRO (2006)

Las primeras áreas protegidas que se decretaron en el Estado de México fueron durante la década de los treinta del siglo XX. En ese entonces se contaba con una superficie de 85 mil hectáreas, 70 años después, en 2006, la superficie es de 850 mil hectáreas (gráfica 6.4). Cabe mencionar que durante las décadas de los cincuenta y sesenta no hubo decretos de ANP.



Nota: No se consideran 792.07 ha de 7 ANP sin fecha de decreto

Fuente: DGPCCA con datos de SEDAGRO (2006)

Es importante señalar que la SMAGEM y la CEPANAF se encuentran en un proceso de actualización de límites, recategorización de áreas y creación de nuevos parques estatales (santuarios del agua) por lo que los datos presentados podrían variar con respecto a otras fuentes.

Entre la problemática identificada está la necesidad de recategorizar algunas de las ANP debido a que están muy deterioradas, por lo que ya no cumplen con la función para la que fueron creadas. Asimismo, existen situaciones complejas como la sobreposición de decretos, identificación de límites, problemas de tenencia de la tierra e invasiones, que requieren una atención interinstitucional que involucre la participación de la sociedad en la protección y vigilancia de las ANP.

Un problema recurrente en las áreas naturales protegidas, además de la tala clandestina, incendios forestales y el sobrepastoreo, es la aparición de asentamientos humanos no planificados que se establecen a través de invasiones ilegales de tierra en las zonas periféricas o incluso en las zonas núcleo de las reservas naturales, teniendo como consecuencia la alteración del hábitat mediante la eliminación de la cubierta vegetal y del suelo forestal, la desaparición de la fauna local, la contaminación de cuerpos de agua y zonas de recarga.

Los ecosistemas mayor representados en el Sistema Estatal de ANP son los bosques inducidos y pastizales, situación que revela la necesidad de analizar la utilidad de seguir conservando algunas de las ANP existentes y establecer nuevas estrategias para consolidar la representatividad de la biodiversidad de la entidad.

6.3. REFORESTACIÓN

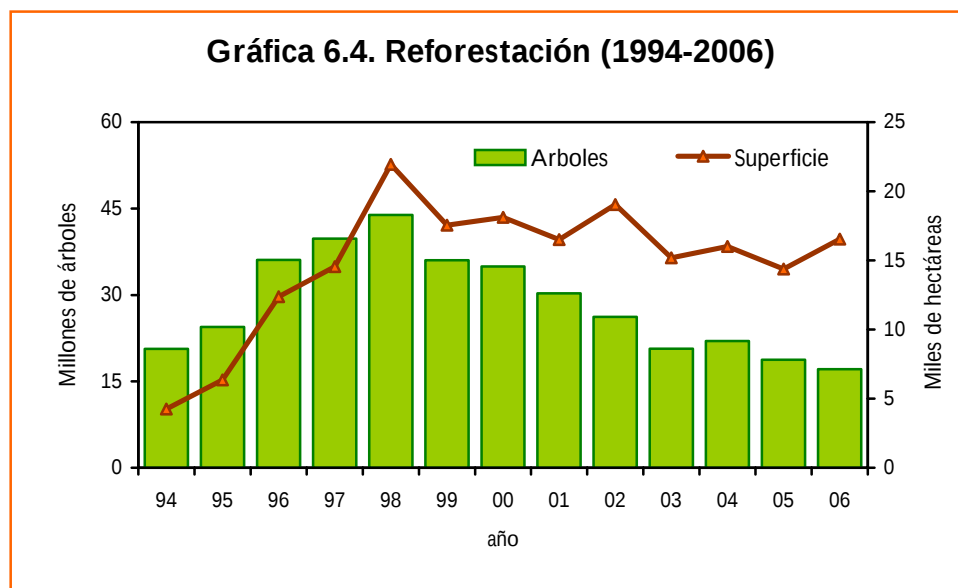
Los trabajos de reforestación inicialmente se dirigieron a reestablecer la cobertura forestal de terrenos deforestados. A pesar de los esfuerzos realizados en los trabajos de producción de planta y en los trabajos de plantación, en las últimas dos décadas, los resultados no han logrado en su totalidad los objetivos planteados, al haber dado seguimiento parcial a los trabajos de transporte de planta, establecimiento y principalmente a las actividades de protección y mantenimiento de las áreas reforestadas.

En los programas de reforestación del país, el Estado de México se ubica dentro de los primeros lugares con 6 millones de plantas en 1999, según el *Programa Nacional de Reforestación* (PRONARE), donde se pueden analizar los resultados de reforestación por entidad federativa de 1997 a 2005. En este programa se cuenta con el Comité Estatal de Reforestación, que es la instancia donde se coordina y da seguimiento a los trabajos de producción de planta y reforestación. Los trabajos de reforestación son ejecutados principalmente a través de los Ejidos, los Bienes Comunales y personal de la SEDENA. Además se cuenta con la participación de varias instituciones, las cuales forman parte del Comité Estatal, entre las que destacan PROBOSQUE, CEPANAF, CGCE, SEMARNAT, SEDESOL, SEDENA, CONAFOR, CONAGUA, CONANP y gobiernos municipales.

En el cuadro 6.3 se puede apreciar que el número árboles plantados durante 1994 a 1998 presenta un crecimiento importante, pero a partir de 1999 comienza a disminuir. Respecto a la superficie reforestada, de 1994 a 1998 presenta un crecimiento, pero de 1999 a 2006 se ha mantenido constante. A partir de la relación árbol plantado por superficie se obtiene la densidad, de tal forma que para 1994 ésta era de 4 865.57 árbol/ha; y para 2006 pasó a ser de 1 033.48 árbol/ha, lo cual quiere decir que se utilizan menos cantidad de árboles en las labores de reforestación.

Cuadro 6.3. Seguimiento a la reforestación en la entidad (1994-2006)			
Año	Número de árboles (millones)	Superficie reforestada (miles de hectáreas)	Densidad (árbol/ha)
1994	20.63	4.24	4 865.57
1995	24.42	6.35	3 845.67
1996	36.10	12.38	2 915.99
1997	39.80	14.56	2 733.52
1998	43.89	21.94	2 000.46
1999	36.05	17.55	2 054.13
2000	34.95	18.12	1 928.81
2001	30.30	16.51	1 835.25
2002	26.21	19.04	1 376.58
2003	20.67	15.19	1 360.76
2004	21.99	16.02	1 372.66
2005	18.74	14.38	1 303.20
2006	17.10	16.55	1 033.48

Fuente: INEGI, SEMARNAP (2000); INEGI (2002-2004, 2005c, 2006a); GEM (2000c)

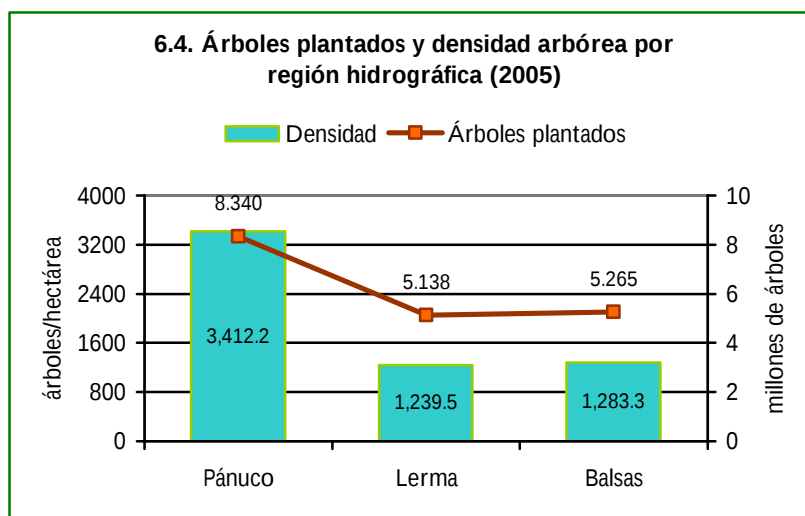


Fuente: INEGI, SEMARNAP (2000); INEGI (2002-2004, 2005c, 2006a); GEM (2000c)

El *Programa Estatal de Reforestación* se ha reorientado hacia el establecimiento de mecanismos de selección y apoyo para los trabajos de plantación con mano de obra especializada; y hacia el proceso de reforestación en áreas compactas, disminuyendo la densidad de plantas por hectárea, con plantas de altura mínima promedio y con atención en subcuencas prioritarias y santuarios del agua. Es importante señalar que el porcentaje de sobrevivencia de las reforestaciones se ha venido mejorando, el cual, según datos del INIFAP, de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y de la Universidad Autónoma Chapingo, se superó el promedio estatal de 50 %, antes de 2000, a 70 % a partir de 2004.

En materia de producción de planta, la entidad cuenta con 25 viveros con una capacidad de producción anual de hasta 25 millones de plantas y en los cuales participan varias dependencias estatales (PROBOSQUE, CEPANAF) y federales (CONAFOR, CONAGUA, SEDENA, CONANP) las cuales no todas cuentan con un programa de colecta de semilla. Se producen árboles con una altura mayor de 30 cm, de las especies acordes a cada zona bioclimática de la entidad (SMAGEM, 2005b). Las principales especies que se producen son *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. hartwegii*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *Cupressus lindleyi*, *Quercus sp*, entre otras.

Por región hidrográfica, en la gráfica 6.4 se muestra la cantidad de árboles plantados y la densidad arbórea correspondiente a 2005. La mayor densidad la presenta la región Pánuco con 3 412.2 árbol/ha. Las densidades que presentan tanto la región Lerma como Balsas son muy similares.



Fuente: INEGI (2006a)

Los datos señalan que a pesar de que la región Balsas es la que presenta mayor afectación por incendios forestales en cuanto a superficie, no hay una intensa reforestación en esta zona, a diferencia de lo que sucede en la región Pánuco.

6.4. ESPECIES EN RIESGO

Las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitat y ecosistemas. La reducción del tamaño de las poblaciones silvestres está dada en gran medida por las actividades antropogénicas que incluye actividades legales (caza deportiva) e ilegales (como el tráfico de especies amenazadas); destrucción de hábitat causada por diversas actividades productivas; la influencia de compuestos químicos y tecnologías utilizados en la fertilización de suelos, fumigación de cultivos y la construcción de grandes obras de ingeniería; entre otras.

Las amenazas que atentan contra la integridad y permanencia de la biodiversidad, se pueden manifestar en ecosistemas, especies y genes, por lo que sus efectos pueden ser de amplio espectro e incluso acumulativos. Dentro de las amenazas en el ecosistema se identifican el cambio climático global, la erosión, la fragmentación del hábitat, la contaminación, la disminución de la riqueza y abundancia de especies y los efectos acumulativos de todas éstas. Respecto a las especies se identifican como amenazas la introducción, la erradicación y el comercio ilegal e irracional de las mismas. La introducción de especies exóticas, la pérdida de germoplasma (variabilidad), las especies modificadas (variedades mejoradas), la biotecnología (clonación) y la bioseguridad (riesgo de liberar organismos modificados genéticamente al medio ambiente) son claras amenazas que afectan a la diversidad genética (CONABIO, 1998).

Tomando como base una revisión de los listados y bases de datos de especies para el Estado de México recopilados por el Departamento de Diagnóstico de la DGPCCA, se identificaron 184 especies con alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 lo que representa 6.7 % de las 2 mil 745 especies de flora y fauna de la entidad (no incluye invertebrados). En el cuadro 6.4 se presenta un resumen de las especies en riesgo donde se puede observar que hay 2 especies probablemente extintas en el medio natural, 17 en peligro de extinción, 68 amenazadas y 97 sujetas a protección especial.

Cuadro 6.4. Número d especies según categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2001)					
Grupo	Probablemente extinta en el medio silvestre	En peligro de extinción	Amenazada	Sujeta a protección especial	No incluida en la NOM
Aves	1	8	17	35	335
Mamíferos	1	3	12	7	129
Reptiles	0	1	12	27	53
Anfibios	0	1	5	13	34
Peces	0	2	2	0	22
Plantas	0	2	15	14	1 908
Hongos	0	0	5	1	80
Total	2	17	68	97	2 561

Fuente: SMAGEM (2007b)

A pesar de que la extinción de especies es un proceso natural, durante los últimos años la tasa de extinción registrada es más de mil veces mayor que las estimadas con el registro fósil (Wilson 1988, Gentry 1996 en: SEMARNAT, 2003). Desde el siglo XVII se ha registrado la extinción de 910 especies en el planeta: 595 de plantas y 315 de vertebrados. Para el caso de México, se tiene que se han extinguido 15 especies de plantas y 32 de vertebrados, lo que representa 5.2 % de las extinciones del mundo de los últimos 400 años (CONABIO, 1998) para el caso del Estado de México van 2 especies y 17 están en proceso de estarlo sin no se toman las medidas necesarias para la conservación de sus poblaciones y hábitat.

Para conocer en que grado se incrementó el número de especies con estatus de protección, en el cuadro 6.5 se presenta un comparativo entre la NOM-059-ECOL-1994 (publicada en 1994) y la norma vigente NOM-059-SEMARNAT-2001. Cabe aclarar que anteriormente la norma de 1994 consideraba una “especie rara” como un estatus de protección, sin embargo, la norma vigente ya no la considera así, ya que como se recordará la “rareza” es una característica ecológica de la población, por tanto, para este comparativo se realizó un ajuste el cual consistió en tomar en cuenta sólo a las especies raras con un estatus de protección vigente y sumarlas a la categoría correspondiente.

Cuadro 6.5. Variación del número de especies en riesgo			
Grupo	NOM-059 ECOL-1994	NOM-059 SEMARNAT- 2001	Variación
Aves	58	61	3
Mamíferos	17	23	6
Reptiles	39	40	1
Anfibios	19	19	0
Peces	3	4	1
Plantas	29	31	2
Hongos	7	6	-1
Total	172	184	12

Fuente: SMAGEM (2007b)

Como se puede observar, de 1994 al 2002 el número de especies con categoría de riesgo se incrementó en 12, lo que representa un aumento de 7.0 %. Los mamíferos son el grupo que muestra el mayor incremento, seguido por el grupo de las aves y las plantas; el grupo de los anfibios permaneció sin variación, en tanto que el grupo de los hongos disminuyó una especie.

CAPÍTULO 7. EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y VULNERABILIDAD

7.1. ASPECTOS GENERALES.

El clima en la Tierra siempre se ha modificado de manera paulatina y dinámica y el cambio climático es un fenómeno natural del planeta que ha existido aun antes de la aparición del ser humano como especie. Sin embargo, debido a que la diversidad de factores que naturalmente inciden en los procesos de cambio han sufrido modificaciones por las actividades antropogénicas de los últimos dos siglos, el cambio climático se ha acelerado y tornado cada vez más intenso y errático (SMAGDF, 2004).

La capa más baja de la atmósfera, conocida como troposfera, contiene a los gases que son responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta y, por lo tanto, de crear condiciones aptas para la vida. Los gases referidos son principalmente el vapor de agua, el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarburos (CFC), también conocidos como gases de efecto invernadero o GEI. A excepción de los CFC, todos estos gases existen de manera natural y representan menos de 1 % de la atmósfera y atrapan parte del calor que emite la superficie de la Tierra al absorber la energía solar que la calienta. Esta retención es lo que se conoce como “efecto invernadero”, un proceso esencial dentro del sistema climático. En ausencia de estos gases, la temperatura promedio del planeta sería de -18°C en lugar de 15°C , como ocurre en situación normal.

Aunque la composición atmosférica ha sufrido variaciones naturales a lo largo de millones de años, se sospecha que las emisiones antropogénicas están produciendo cambios en el clima del planeta en un periodo muy corto (décadas). La temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado de 0.3 a 0.6°C desde 1886.

A pesar de que no hay suficientes datos para determinar si han ocurrido cambios globales consistentes en la variabilidad climática o eventos climáticos extremos durante el siglo XX, a escala regional se han observado ciertos cambios meteorológicos, por ejemplo, un calentamiento mayor sobre las latitudes medias de los continentes en invierno y primavera, con pocas áreas de enfriamiento, como el norte del océano Atlántico; mientras que las lluvias han aumentado sobre los continentes en latitudes altas del hemisferio norte, en especial durante la época de frío; también se han observado menos heladas en grandes áreas y aumento en la cantidad de lluvia durante eventos climáticos extremos (SEMARNAP, 1997b).

De continuar el aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI, la temperatura promedio de la Tierra se podría incrementar de 1 a 3.5°C para el año 2100, lo que significaría un aumento mayor a cualquier otro observado en los últimos 10 mil años. El nivel medio del mar podría incrementarse hasta 50 cm, siendo las zonas costeras y los pequeños estados insulares los más afectados. Aun si se estabilizaran las concentraciones de gases de invernadero para 2100, las

temperaturas seguirían incrementándose durante varias décadas, y el nivel del mar continuaría subiendo durante siglos, debido a la larga vida en la atmósfera de muchos GEI y a la inercia térmica de los océanos.

Algunos de los cambios pronosticados incluyen efectos potencialmente perjudiciales, tanto a la economía como a la calidad de vida, de la presente y de futuras generaciones, manifestándose en problemas de salud, escasez de agua y alimentos, así como en la pérdida de viviendas y en la degradación de ecosistemas, entre otros, aunque también es importante mencionar que en ciertas regiones el clima sería benigno y por tanto se verían beneficiadas.

7.2. EMISIONES DE GEI EN MÉXICO

Si bien México se encuentra entre los 20 países con mayores tasas de emisión de GEI por persona, éstas son muy inferiores a las de los países desarrollados. Ello se debe a que el país presenta una menor eficiencia energética que el promedio de los países desarrollados, como los de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), lo que significa que genera más emisiones de GEI por unidad de producto interno bruto (PIB) que ellos. Sin embargo, son los países más desarrollados los que emiten mayores cantidades de GEI a la atmósfera per capita; lo cual sustenta el principio de la responsabilidad común, pero diferenciada, ante el fenómeno del cambio climático.

De acuerdo con el Inventario Nacional de GEI, las emisiones para el año 2002 se estimaron en 643 183 Gg CO₂ eq (Gigagramos de bióxido de carbono equivalente). Las emisiones totales de bióxido de carbono en México están asociadas principalmente a la generación de energía y uso de energía, al cambio de uso de suelo y la generación de desechos (cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Contribución de las emisiones de los GEI según categoría (2002)		
Gg de CO₂ eq y porcentaje		
Sector	Gg	(%)
Energía	389 497	60.56
Uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura	89 854	13.97
Desechos	65 584	10.20
Procesos industriales	52 102	8.10
Agricultura	46 146	7.17
Total	643 183	100.00

Fuente: SEMARNAT (2006b)

El CO₂ representa alrededor de 75 % de las emisiones totales de GEI, seguidas por las emisiones de metano (cuadro 7.2).

Cuadro 7.2. Emisiones de GEI según tipo de gas (2002)		
Gg de CO₂ eq y porcentaje		
Gas	Gg	(%)
Dióxido de carbono (CO ₂)	480 409	74.69
Metano (CH ₄)	145 586	22.64
Óxido nitroso (N ₂ O)	12 343	1.92
Hidrofluorocarbonos (HFC)	4 425	0.69
Perfluorocarbonos (PFC)	405	0.06
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	15	N/S
Total	643 183	100.00

N/S = no significativo

Fuente: SEMARNAT (2006b)

Las emisiones de GEI con las que contribuye México representan menos de 2 % de las emisiones mundiales, por lo que cualquier esfuerzo que el país realice para reducirlas tendrá efectos de mitigación globales muy marginales. Dada esta situación, la prioridad para México consiste en reducir su vulnerabilidad y riesgos más que reducir emisiones. Ahora bien, si reducir estas últimas tiene un efecto disparador en la disponibilidad de recursos adicionales, sería importante considerar la venta de servicios ambientales globales.

- Emisión de Gases de Efecto Invernadero en la ZMVM

La ZMVM es el centro poblacional con mayores emisiones de GEI a escala nacional, así como una de las zonas de mayor vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático global (véase apartado 7.4). De acuerdo con estudios recientes, la ZMVM contribuye con 7.8 % de las emisiones de gases de efecto invernadero del país (62 % proveniente del DF y 38 % de 59 municipios del Estado de México). Del total, 93.6 % corresponde a CO₂, 6.2 % a CH₄ y 0.2 % a N₂O. Por sector, 93.1 % proviene de energía, 6.6 % de residuos sólidos y 0.3 % de rural (SMAGDF, 2004).

7.3. VULNERABILIDAD A NIVEL NACIONAL

El Panel Intergubernamental de cambio Climático (2001, en SMAGDF, 2004) define vulnerabilidad como el grado al que un sistema es susceptible o incapaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación. En otras palabras, la vulnerabilidad, es la medida en que diversos sistemas tanto ecológicos (bosques, ríos, lagos, entornos marinos), como humanos (agricultura, salud humana, asentamientos humanos) pueden ser afectables.

Por su ubicación geográfica, topografía y aspectos socioeconómicos, México es especialmente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Los fenómenos de “El Niño” o “La Niña”, así como condiciones hidrometeorológicas extremas, han originado graves daños y desastres en diversos sectores socioeconómicos del país. Dado que una vasta parte del territo-

rio mexicano es semiárido, los cambios en la temporada de lluvias causan amenaza de sequía y en desastres para sectores dependientes del agua. Es por ello que para México el manejo adecuado de este recurso debe ser una prioridad. Aunque es casi seguro que las temperaturas en el país aumentarán, no se puede decir lo mismo de la precipitación y en consecuencia de la disponibilidad de agua. Un ejemplo de las tendencias de la lluvia en las últimas décadas muestra que en la mayor parte del país existe una tendencia a mayor precipitación, sobre todo, en los estados del norte. Por el contrario, en los estados donde las lluvias dependen de lo que ocurre en el Pacífico mexicano, parece haber una tendencia a menores precipitaciones. De entrada ello significa mayor disponibilidad de agua, pero una menor humedad del suelo por evaporación como consecuencia del aumento de la temperatura (Magaña, Méndez, Morales, 2004).

En México el agua está distribuida desproporcionadamente: 50 % de la población cuenta con menos de 20 % de este recurso, mientras que en el sureste 20 % de la población tiene más de 50 %. Con poca precipitación en el norte y mucha en el sur, el cambio climático podría traducirse en escasez en el primero y exceso en el segundo. Además, dado que actualmente todas las cuencas hidrográficas en el país están siendo sobre-explotadas, son vulnerables ya a las fluctuaciones climáticas, situación que se vería empeorada en condiciones de cambio climático. La administración de los recursos hídricos se complicaría, agravándose incluso los problemas existentes de manejo de recursos transfronterizos. El agua es probablemente el recurso más importante para el país, por lo que requiere de atención especial, en particular las cuencas del centro de México, la del Lerma-Santiago y la del Pánuco.

En el caso de la agricultura de temporal, áreas que actualmente son medianamente aptas para el cultivo del maíz desaparecerían, reduciéndose así la extensión para su cultivo, lo cual afectaría a millones de personas que subsisten gracias a él.

Como consecuencia de los dos aspectos anteriores, los asentamientos humanos serían vulnerables en cuanto a la satisfacción de sus requerimientos de agua y comida, además de requerir, posiblemente, un consumo mayor de energía para el control de la temperatura en casas e industrias, así como para la conservación de alimentos. Estas demandas extras podrían sobrecargar el sistema energético mexicano, si éste a su vez no previene un posible incremento futuro de la demanda en combinación con una disminución del agua disponible para la generación y una posible variación de los precios de los combustibles inducida por los compromisos internacionales de los países industrializados.

Las industrias que requieren el agua como insumo se podrían ver amenazadas. Si el agua no se cuida, la generación de energía eléctrica se podría ver comprometida, como ya se mencionó, pues competiría por este recurso con el consumo humano y la agricultura. Muchos ecosistemas también se verían amenazados: 50 % de la vegetación cambiaría de características con un calentamiento de 3 a 4 °C, sobre todo los bosques templados de pino y encino, y con ellos, la fauna y flora asociadas. El país también presenta una tendencia a la desertificación (erosión) que se agravaría. Asimismo, la incidencia de algunas enfermedades transmitidas por vector (fiebre amarilla, dengue, malaria, además de las clásicas enfermedades gastrointestinales) se podría ver incrementada.

7.4. VULNERABILIDAD A NIVEL ESTATAL

De acuerdo con el trabajo de Mendoza, Villanueva y Maderey (2004), se menciona que las regiones Pánuco y Lerma, las cuales forman parte del territorio mexiquense y que se caracterizan por la densidad de población y el número de habitantes más alto del país, enfrentan problemas de índole social y económico en la distribución del agua para el uso y consumo de sus habitantes, el cual puede agravarse en un posible cambio climático futuro, a pesar de que México se vea beneficiado con un incremento importante en la precipitación pluvial.

Los estudios de vulnerabilidad y adaptación relacionados con la agricultura parten necesariamente de considerar que esta actividad es extremadamente vulnerable en los países en desarrollo, ya que se encuentra doblemente expuesta: es vulnerable a los cambios socioeconómicos dentro de la economía globalizada y es altamente sensible a las variaciones climáticas. En el estudio realizado por (Conde, Ferrer, Gay, 2004) acerca del posible impacto del cambio climático en la agricultura en México, se consideró la producción del maíz por su importancia alimentaria y económica, sobre todo en el sector rural. La producción de maíz depende fuertemente del clima y se desarrolla prácticamente en todo el territorio nacional. Los resultados señalan un aumento en la vulnerabilidad en la agricultura de maíz de temporal, ya sea por la reducción de la superficie apta para este cultivo, o bien, por la reducción en los rendimientos. Para el caso particular del Estado de México y otros estados de la región Centro del país, se prevén incrementos en los rendimientos posiblemente asociados al aumento en la temperatura mínima, lo que contrarresta el peligro de las heladas que dañan los cultivos de temporal. El efecto positivo del calentamiento global en la agricultura puede revertirse en una reducción de la productividad si se presentan condiciones climáticas recurrentes de El Niño.

Respecto a los estudios sobre la vulnerabilidad de los bosques ante el cambio climático, estos señalan que las comunidades vegetales actuales se verían afectadas presentándose una sucesión de acuerdo con los nuevos subtipos de clima. El impacto más significativo ocurriría en las zonas templadas en donde están presentes bosques de coníferas o latifoliadas, así como algunas como pastizales y matorrales. Las especies que conforman este tipo de comunidad no soportan las condiciones cálidas por lo que es de suponer que ante un aumento de temperatura cambiarían los patrones de distribución y abundancia, siendo sustituidos por especies vegetales xéricas, esto es, adaptadas a la aridez y en ciertos casos, por especies tropicales. Sin embargo, los cambios en los tipos de comunidades vegetales dependerán de la capacidad de las especies de migrar y adaptarse en tiempos muy cortos, lo cual es muy poco posible, además de las presiones relacionadas con las actividades humanas (Villers y Trejo, 2004). La reducción de los bosques templados por el efecto del cambio climático global y de los bosques tropicales por la tala inmoderada repercutirá significativamente en la industria de la madera, papel y celulosa. En el caso del Estado de México son particularmente vulnerables sus bosques templados y vegetación acuática localizados en las regiones Pánuco y Lerma.

Aunado a la contribución de la emisión de los gases de efecto invernadero, la reducción en la cobertura vegetal está asociada a la pérdida de servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas. Por tanto, existe una sinergia entre las causas y las consecuencias del cambio climático, ya

que si los ecosistemas son almacenes de carbono y éstos se ven disminuidos en superficie y calidad debido a la actividades humanas, se incrementan las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo cual a su vez genera aumento en la temperatura y cambios en los patrones climáticos, que afectan la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas. Por lo que las medidas de mitigación son imprescindibles (Villers y Trejo, 2004).

Los efectos que el cambio climático global puede tener en los asentamientos humanos son particularmente importantes para México debido a la rapidez con la que se ha transformado en un país predominantemente urbano. Actualmente, el número de ciudades en el país es muy alto y entre ellas se encuentran no sólo las grandes metrópolis, sino también ciudades medianas vinculadas con la actividad industrial, turística con papel importante en lo referente a la manufactura, el comercios y los servicios (Aguilar, 2004).

En este sentido, el Estado de México es particularmente vulnerable pues en esta entidad se asienta 13.73 % de la población total nacional, además de que se localizan dos de las principales zonas metropolitanas: ZMVCT y ZMVT, así como otros centros poblacionales en vías de consolidación urbana. Los impactos de un cambio climático en los centros urbanos pueden reflejarse por ejemplo, en requerir una mayor infraestructura para el agua potable, o bien, de drenaje en aquellas localidades con alto riesgo de inundaciones. En las entidades y municipios con una alta densidad de población se incrementa la vulnerabilidad al aumentar el número de víctimas por unidad territorial frente a una eventualidad o emergencia meteorológica.

Las repercusiones del cambio climático global en el Estado de México se resumen en los cuadros 7.3 y 7.4.

Cuadro 7.3. Proyecciones de precipitación y temperatura para distintos escenarios		
Escenario	Precipitación total anual	Temperatura media anual
2020	Disminuye entre 5 y 10 %	Aumenta entre 1.8 y 1.2 °C
2050	Disminuye entre 5 y 10 %	Aumenta entre 1.0 y 2.0 °C
2080	Disminuye entre 5 y 10 %	Aumenta entre 2 y 4 °C

Fuente: INE y CCA (n. d.)

Cuadro 7.4. Vulnerabilidad del Estado de México	
Sector o aspecto	Vulnerabilidad
• Agua	El estado se encontrará en situación crítica por la presión del recurso agua (>80 %) para 2025.
• Agricultura	Se estima que para regiones altas del Estado, como Atlacomulco y Toluca, el aumento de 2 °C favorecerá las zonas de cultivo de maíz. Si a esto se añade el cambio en la precipitación se obtendrá una mayor productividad.
• Vegetación	Los cambios en la temperatura (+2 °C) y precipitación (-10 %) favorecerán los climas cálidos y húmedos con bosques tropicales perennifolios. Aumentarán los climas cálidos subhúmedos con bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios.
• Erosión eólica	La erosión en el Estado de México aumentará durante el periodo seco del año. El riesgo potencial será de severo (76 %), moderado (20 %) y extremo (4 %). El factor de erosión en periodos secos llega a 620 especialmente en el norte y oriente del Estado. Estos valores implican una pérdida de suelo de hasta 25 toneladas por año.
• Centros urbanos	Los cambios climáticos ocurrirán en un contexto de cambios no climáticos propios de regiones con asentamientos humanos, mismos que pueden exacerbar el efecto del cambio climático. Las condiciones de vulnerabilidad están dadas entonces por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores e incremento de población con niveles de pobreza altos.

Fuente: INE y CCA (n. d.)

El GEM ha participado de manera indirecta en acciones para la captura de carbono como lo son las campañas anuales de reforestación realizadas por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) a través de la Dirección General de Protectora de Bosques (PROBOSQUE). De manera directa, en el 2001 el Ejecutivo del Estado, por medio de la SMAGEM, asignó un monto de 320 mil pesos para la obra denominada “Potencial de captura de carbono en tres áreas naturales protegidas y agricultura asociada en el Estado de México”.

Por su parte la Universidad Autónoma del Estado de México, por conducto de la Facultad de Planeación Urbana y Regional están implementando un proyecto referente a la Caracterización Forestal para la estimación de captura de carbono en el Parque Nacional Nevado de Toluca.

CONCLUSIONES

Actualmente, los recursos naturales del Estado de México continúan recibiendo una fuerte presión en cuanto a su uso y aprovechamiento por los asentamientos humanos como parte de su desarrollo económico y urbano. En lo que se refiere al recurso hídrico, resalta lo siguiente:

- La gran demanda de agua subterránea y superficial para consumo urbano y agrícola. Véase por ejemplo la disminución de los volúmenes de almacenamiento de las principales presas (cuadro 1.5) y el balance hidrológico negativo de las aguas subterráneas (cuadro 1.7).
- La contaminación de ríos, arroyos y embalses al ser utilizados como receptores de descargas de aguas residuales. El promedio anual de descarga de aguas residuales en la entidad es de 1 003.29 Mm³ de los que 87.9 % se descarga en canales y ríos.
- La subutilización de las plantas de tratamiento. En 2005 la capacidad instalada de las 76 plantas de tratamiento en la entidad era de 7 100.2 l/s y un gasto de operación de 4 587.4 l/s, lo que representa 64.6 % de tratamiento.
- La degradación de la calidad del agua en las tres regiones hidrográficas. Tanto en las regiones Lerma y Pánuco, los niveles de contaminación son considerados de primer orden por recibir descargas tanto urbanas como industriales; en la región Balsas la afectación es menor, dado que cubre zonas con baja densidad poblacional pero debido al uso de fertilizantes y otros agroquímicos presenta altos niveles de demanda química de oxígeno.

Es por ello que es muy importante invertir en la construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento e impulsar el uso de agua tratada con mayor calidad para que sea utilizada en otras actividades además de las de riego. También es de gran importancia fomentar obras para captar y almacenar el agua de lluvia en forma eficiente y utilizarla para la recarga de mantos freáticos, tales obras podrían consistir en presas de control de azolve, zanjas-trincheras y terrazas.

- Sobre la Erosión

La superficie afectada por la erosión hídrica comprende 5 490.16 km² (24.4 %) mientras que la afectación por erosión eólica 1 069.64 km² (4.75 %) del territorio estatal. Para evitar un mayor daño al suelo es esencial que se detenga la tala inmoderada, el pastoreo excesivo, el cultivo que exceda los límites de seguridad de las tierras en declive; se eviten los incendios forestales originados por prácticas agrícolas inadecuadas, así como el cambio de uso de suelo. Asimismo, para corregir las alteraciones negativas al medio natural debe haber una definición de usos de suelo de acuerdo con su vocación natural y es necesario establecer zonas de reserva tanto para uso urbano como forestal y agrícola.

- Sobre la Generación de Residuos Sólidos Urbanos

El Estado de México enfrenta grandes retos en el manejo de los residuos sólidos urbanos debido a:

- Crecimiento natural de la población. Tan solo de 1998 a 2005 la generación diaria de residuos sólidos urbanos se incrementó en 17.1 % (véase gráfica 4.3).
- Cambios en los patrones de consumo de la población reflejados en un aumento de la generación per cápita. Por región hidrográfica, se estima que en el Pánuco la generación es de 1.2 kg/persona/día; en la región Lerma 0.89 kg/persona/día y la región Balsas de 0.72 kg/persona/día.
- Una demanda de terrenos adecuados para disponer los residuos y la resistencia de ejidatarios o gobiernos municipales para proporcionar dichos espacios. Pese a ello, la superficie destinada ocupada por rellenos sanitarios pasó de 53.9 ha en 2001 a 70.4 ha en 2005, lo cual representa un incremento de 27.8 %. Al respecto solamente 40.1 % de los residuos recolectados se deposita en rellenos sanitarios, el resto se deposita en lugares que no cumplen con la normatividad en la materia.

- Sobre los Residuos Peligrosos

La generación de residuos peligrosos en la entidad se encuentra en el orden de 1 400 a 1 500 t/a. Se estima que en el país 15 % del residuo peligroso generado se controla adecuadamente. Ello es importante considerar debido al volumen generado y la insuficiente infraestructura para el manejo y tratamiento de los residuos, por lo que se ha hecho necesario una vigilancia más estricta para impedir que este tipo de residuos ingrese a los sitios controlados de orden municipal y la aparición de tiraderos clandestinos. Asimismo, se necesita fomentar la conciencia de la población sobre la disposición adecuada de residuos peligroso de uso doméstico tales como pilas, envases vacíos de insecticidas, solventes y otros productos comerciales con características tóxicas e inflamables, entre otros.

- Sobre los Fertilizantes

De los años agrícolas analizados (98/99 al 04/05) destaca el 03/04 pues en ese año en particular se utilizó mayor cantidad de fertilizante en una menor de superficie sembrada (véase cuadro 4.4). Es imprescindible la búsqueda de nuevos métodos productivos que sean sustentables desde el punto de vista ecológico y económico para proteger el entorno natural ante la presión de abasto alimenticio ante una población creciente.

- Sobre las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera y Calidad del Aire en la ZMVCT

Se obtuvo el promedio de las emisiones totales de las fuentes puntuales considerando los años 2000, 2002 y 2004. El promedio de emisión de contaminantes de esta fuente fue de 115 730 t/a. Los contaminantes que más emite esta fuente son el NO₂ (69 742 t/a) y los COT (32 878 t/a). Las fuentes de área emitieron 308 639 t/a, siendo los COT (293 933 t/a) el principal contaminante. Por su parte las fuentes móviles participaron en promedio con 982 810 t/a; los contaminantes que más emite esta fuente son CO (846 544 t/a), COT (82 581 t/a) y NO_x (50 709 t/a). Por último, las fuentes naturales, erosión de suelo y vegetación, aportaron en promedio 12 736 t/a, la vegetación contribuye con 10 696 t/a de COT, mientras que la erosión de

12 736 t/a, la vegetación contribuye con 10 696 t/a de COT, mientras que la erosión de suelo con 1 606 t/a de partículas PM_{10} .

Con excepción de las fuentes naturales, las restantes tres fuentes han estado incrementando su participación respecto al total de emisiones contaminantes. Dichos incrementos representan para las fuentes puntuales 73.8 %, para las móviles 38.6 % y para las de área 28 %. El decremento en las emisiones totales de las fuentes naturales fue de 9.6 %.

Al considerar el promedio anual del IMECA de ozono del periodo 1995-2006, se observa una clara tendencia descendente pasando de 170 a 103 puntos IMECA. Asimismo, ha habido un importante incremento en el número de días con calidad satisfactoria al pasar de 33 días en 1996 a 137 días en 2006. A pesar de ello, aún 62.5 % del año presentan una calidad no satisfactoria.

- Sobre las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera y Calidad del Aire en la ZMVT.

Se obtuvo el promedio de las emisiones totales de las fuentes puntuales considerando los años 1996 y 2000. El promedio de emisión de contaminantes de esta fuente fue de 14 664 t/a. El contaminante que más emite esta fuente es el SO_2 (9 576 t/a). Las fuentes de área emitieron 18 938 t/a, siendo HC (17 826 t/a) el principal contaminante. Por su parte las fuentes móviles participaron en promedio con 440 720 t/a; los contaminantes que más emite esta fuente son CO (381 470 t/a), HC (41 018 t/a) y NO_x (16 457 t/a). Por último, la vegetación contribuyó con 2 949 t/a de HC, mientras que la erosión de suelo participó con 2 205 t/a de partículas PM_{10} .

Las fuentes puntuales, de área y móviles han estado incrementando su participación respecto al total de emisiones contaminantes. Dichos incrementos representan para las fuentes móviles 78.8 %, para las de área 29.1 % y para las puntuales 2.3 %.

En el caso de la ZMVT las PM_{10} es el principal contaminante que repercute en la calidad del aire. De 1997 a 2006 el promedio anual del IMECA pasó de 75 a 87 puntos IMECA, siendo el máximo de 104 puntos registrado en 2005. Por su parte, el ozono dentro de ese periodo se ha mantenido estable.

Los días con calidad del aire “No Satisfactoria” muestran un incremento importante al pasar de 22 días en 1997 a 110 días en 2006 con un máximo de 146 en 2005; mientras que los días con calidad “Mala” pasaron de 0 a 6 en ese periodo con un máximo de 17 en 2005.

- Sobre la Calidad del Aire en Otras Regiones de La Entidad

De 1997 a 2007 se han realizado 31 campañas de monitoreos con la Unidad Móvil en distintos municipios de las tres regiones hidrográficas. Los más recientes corresponden a 2006 y 2007 realizados en cuatro municipios de la región Pánuco. En el municipio de Huixquilucan se registró un valor máximo de 263 puntos IMECA de PM_{10} y 137 puntos IMECA de O_3 ; en Atizapán de Zaragoza se registró un máximo de 137 puntos de PM_{10} ; en Tultepec se presentó como valor

máximo 129 puntos de PM_{10} , mientras que en Huehuetoca no hubo rebases a la normas de calidad del aire.

- Sobre los Incendios Forestales

En los bosques de la entidad el promedio de incendios forestales de los últimos cinco años es de 1 463 eventos por año. El 79 % de los incendios forestales se atribuyen a actividades humanas, particularmente, a las prácticas agropecuarias. Tanto el número de incendios como la superficie afectada muestran una tendencia a la baja. Para 2006 el índice de afectación fue de 4.66 hectáreas por incendio, mucho menor que el registrado en 1995 igual a 7.37 hectárea por incendio, pero ligeramente por arriba del registrado en 2004 de 2.38 hectáreas por incendio. La región Balsas ha sido la de mayor afectación en cuanto a superficie.

- Sobre las Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Durante, los últimos treinta años las autoridades ambientales ha impulsado de manera significativa la creación de áreas naturales protegidas de diferentes categorías. Actualmente se cuenta con 88 ANP de las que 41 son parques estatales, 12 reservas ecológicas estatales, 10 parques nacionales y 5 parques municipales y una reserva ecológica federal.

Debido a que gran parte de las áreas naturales protegidas están sumamente deterioradas al no efectuarse las labores de protección y vigilancia que se requieren para evitar el daño ocasionado principalmente por cambio de uso del suelo, incendios, tala clandestina, sobrepastoreo y el establecimiento de asentamientos irregulares, se requiere analizar las funciones para las que fueron creadas y efectuar su recategorización y la apertura para que la sociedad se involucre en su protección y vigilancia. Asimismo, una estrategia conveniente de implementar en el corto plazo es promover el pago de servicios ambientales dentro de las ANP.

- Sobre la Reforestación

Los recursos forestales de la entidad sufren procesos de degradación que deben ser revertidos con programas eficaces de corto mediano y largo plazo que contemplen desde la recolección y manejo de germoplasma, control de calidad de producción de plantas, métodos de reforestación y el mantenimiento de plantaciones. Al respecto, el GEM, por conducto de la SEDAGRO, tuvo la iniciativa de elaborar el primer programa de desarrollo forestal sustentable de largo plazo 2005-2025.

- Sobre las especies de flora y fauna en riesgo

En la entidad existe una fuerte presión sobre los recursos biológicos y naturales. Dentro de las amenazas se identifican: la erosión, la fragmentación del hábitat, la contaminación del suelo y cuerpos de agua, la introducción de especies exóticas y el comercio ilegal de especies silvestres. Como resultado de dichas presiones está la alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos, con la consecuente reducción de las poblaciones de las especies silvestres. La disminución de las

poblaciones de flora y fauna puede comprometer su permanencia en los ecosistemas, o bien, provocar su extinción en el corto o mediano plazo.

Se tienen identificadas 184 especies con alguna categoría de riesgo según la norma NOM-059-SEMARNAT-2001, de las cuales existen 2 especies probablemente extintas en el medio silvestre (una de mamíferos y una de aves), 17 en peligro de extinción, 68 amenazadas y 97 sujetas a protección especial. Es por ello la necesidad de implementar una estrategia de protección y manejo integral que involucre, además de los tres niveles de gobierno e instituciones de investigación, a las comunidades campesinas.

- Sobre la Vulnerabilidad del Estado de México Ante el Cambio Climático

Por su ubicación geográfica y características socioeconómicas el Estado de México es particularmente vulnerable al cambio climático. Se prevé para el año 2025 la entidad se encontrará en una situación crítica por la presión en disponibilidad, demanda y consumo de agua. Algunos municipios del Estado como Atlacomulco y Toluca se podrían ver beneficiados respecto a la agricultura pues un aumento de 2 °C favorecerá las zonas de cultivo de maíz. Por el contrario, se prevé que con el aumento de temperatura cambien los patrones de distribución de flora y fauna. Se espera una reducción significativa de los bosques de coníferas adaptados a climas fríos y un aumento de las especies vegetales tropicales.

La condición actual y futura de las tres regiones hidrográficas del Estado de México depende de una gran variedad de factores, tales como la dinámica demográfica dentro de las cuencas y su grado de vinculación con otras cuencas de la Región Centro del país; las características de la economía; los avances tecnológicos y que esté disponible para que sea incorporada en los distintos sectores productivos; el cumplimiento del marco normativo ambiental y su adecuación de acuerdo con las exigencias internacionales; y la educación ambiental sobre la importancia de prevenir el deterioro ambiental en vez de remediarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. G. (2004) Los asentamientos humanos y el cambio climático global. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comp.) *Cambio Climático, una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. Pág. 267-278
- Anónimo (2003) Agrosustentable: tema fertilizantes. Consultado el 14 de octubre de 2005, Ingenieroambiental.com: <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=687>
- Antón, D. y Díaz, C. (2000) *Sequía en un mundo de agua*. Piriguazú Ediciones. Costa Rica.
- CAEM (1999) *Horizontes del agua en el Estado de México*. México.
- CAEM (2002) Resumen del Balance Hidrológico del Estado de México y Sistemas de abastecimiento por cuenca. Dirección General del Programa Hidráulico, oficio No. 206B22000/186/02. de fecha 4 de marzo de 2002, Naucalpan de Juárez, Edo. México.
- CAEM (2004) *Prontuario de información hidráulica del Estado de México*. Sistema Estatal de Información del Agua. México.
- CAEM (2007) *Atlas de inundaciones No. 13*. Dirección General del Programa Hidráulico. México
- CAEM (n .d) *Programa hidráulico integral del Estado de México*. México.
- CONAGUA (2001) *Sistema Cutzamala: agua para millones de mexicanos*. México.
- CONAGUA (2004) Almacenamientos en las principales presas, cambio del volumen útil, semana del 20 al 27 de septiembre. Obtenida en septiembre de 2004, CONAGUA, Estudios Estadísticos: www.cna.gob.mx
- CONAGUA (2005a) *Síntesis de las estadísticas del agua en México*. México.
- CONAGUA (2005b) Almacenamientos en las principales presas, cambio del volumen útil. semana del 12 al 19 de septiembre. Obtenida el 28 de septiembre de 2005, CONAGUA, Estudios Estadísticos: www.cna.gob.mx
- CONAGUA (2006) Inventario nacional de plantas de tratamiento 2005, información por estado. Obtenida el 15 de mayo de 2007, CONAGUA, Estudios Estadísticos: www.cna.gob.mx
- CONABIO (1998) *La diversidad biológica de México: estudio de país*. México.
- CONAFOR (n. d.). Cultura del fuego. Consultado el 31 de octubre de 2005, CONAFOR: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/incendios/index.html
- Conde, C.; Ferrer, R. M.; Gay, C.; Araujo, R. (2004) Impactos del cambio climático en la agricultura en México. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comp.) *Cambio Climático, una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. Pág.: 229-232

- Cotler, H. (2004) Introducción. En: Cotler, H. (Comp.) *El manejo integral de cuencas en México, estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. SEMARNAT. México, D. F. Pág.: 11-17
- Cruickshank, G. (2003) *La cosecha del agua*. México. SEMARNAT- CONAGUA. México, D. F.
- [DGOIA] Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental-SMAGEM (2007) Observaciones al Diagnóstico Ambiental del Estado de México por Regiones Hidrográficas. Oficio de respuesta No. 212130000/DGOIA/OF/2226/07 de fecha 1 de octubre de 2007.
- GEM (1993a) *Atlas general del Estado de México (Vol. 3)*. Secretaría de Finanzas y Planeación. México.
- GEM (1993b) *Panorámica socioeconómica del Estado de México*. Secretaría de Finanzas y Planeación. México.
- GEM (2000a) *Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del Río Lerma (Tomo V, Industrial)*. Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma y Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- GEM (2000b, 14 de marzo) *Plan de desarrollo del Estado de México 1999-2005*. Gaceta del Gobierno, Tomo CLXIX, No. 308.
- GEM (2000c) *Primer informe de gobierno, Lic. Arturo Montiel Rojas (Tomo I, Anexo Estadístico)*. México.
- GEM (2002a) *Biodiversidad en el Estado de México [CD Multimedia]*. Secretaría de Ecología. México.
- GEM (2002b) *Diagnóstico ambiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca, proyecto Ciudades Ecológicas*. Secretaría de Ecología. México.
- GEM (2003a, 11 de junio). *Plan estatal de desarrollo urbano*. Gaceta del Gobierno, Tomo CLXXV, No. 110.
- GEM (2003b) *Programa sectorial de mediano plazo 2003-2005*. México.
- GEM (2005a) *Programa institucional de mediano plazo 2000-2005*. Secretaría de Desarrollo Económico. México.
- GEM (2005c) *Inventario de emisiones a la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, 2000*. Secretaría de Ecología. México.
- GEM, GDF, SEMARNAT, SA (2002) *Programa para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*. Autores. México.
- GEM, GDF, SEMARNAT (2002) *Comunicación, participación social y concertación, elementos para una política de gestión integral de residuos peligrosos de la ZMVM*. Comisión Ambiental Metropolitana y Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ. México.

- GEM, GDF, SEMARNAT, PROFEPA. (2005) Depuración del Directorio Empresarial del SIEM (Reporte 26 de enero de 2005). Comisión Ambiental Metropolitana, Subgrupo IV Diagnóstico de la Industria. Estado de México.
- [GIE-CAM] Grupo de Inventario de Emisiones de la Comisión Ambiental Metropolitana (n. d.) *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2000*. México D. F.
- GIE-CAM (n. d.) *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002*. México D. F.
- GIE-CAM (n. d.) *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004*. México D. F.
- INE y CCA (n. d.) Información por estado y sector. Consultado el 18 de junio de 2007 En: Cambio Climático en México
<http://pembu.atmosfcu.unam.mx/~climatico/1/estados/mexico.html>
- INEGI (1992) *XIII Censo industrial, censo económico 1989*. Autor. México.
- INEGI (1995) *XIV Censo industrial, XI censo comercial y XI censo de servicios, Censos Económicos 1994, Estado de México*. Autor. México.
- INEGI (2000) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2000)*. Autor. México.
- INEGI (2001) *Principales resultados por localidad, XII censo general de población y vivienda 2000* [CD Room]. México.
- INEGI (2002) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2002)*. Autor. México.
- INEGI (2003) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2003)*. Autor. México.
- INEGI (2004) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2004)*. Autor. México.
- INEGI (2005a) Censos económicos 2004, resultados generales. Obtenida el 4 de agosto de 2005, INEGI www.inegi.gob.mx
- INEGI (2005b) *Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002*. Autor. México.
- INEGI (2005c) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2005)*. Autor, México.
- INEGI (2006a) *Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2006)*. Autor. México.
- INEGI (2006b) *Segundo conteo de población y vivienda 2005*. Autor. México.
- INEGI (2007a) *Regiones y cuencas hidrológicas*. Consultado el 16 de mayo de 2007, INEGI, Estado de México, información geográfica:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/regcuencas2.cfm?c=455&e=15&CFID=1759288&CFTOKEN=52604792>

- INEGI (2007b) Generación de residuos sólidos urbanos por entidad federativa, 1998 a 2005. Obtenida el 15 de mayo de 2007, INEGI, Estadísticas Ambientales, Residuos: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb58&c=5913>
- INEGI (2007c) Incendios forestales al 2006. Obtenida el 15 de mayo de 2007, INEGI, Estadísticas Ambientales, Incendios forestales: <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI, SEMARNAP (1998) *Estadísticas del medio ambiente en México 1997*. Autores. México.
- INEGI, SEMARNAP (2000). *Estadísticas del Medio Ambiente en México 1999* (Tomo I). Autores. México.
- Mass, J. M. (2004) La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. En Cotler, H. (comp) *El manejo integral de cuencas en México, estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. SEMARNAT. México, D. F. Pág.: 49-62
- Magaña, V. O.; Méndez, J. M.; Morales, R.; Millán, C. (2004) Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático, una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. Pág.: 203 y 204
- Mendoza, V. M.; Villanueva, E. E.; Maderey, L. E. (2004) Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático global. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático, una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. Pág.: 216, 224
- Rodríguez, D. A. (1996) Incendios forestales. Consultado el lunes 31 de octubre de 2005, CONAFOR, Cultura del Fuego: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/incendios/index.html
- SEGOB (2007) Resumen de la actividad del volcán Popocatepetl, de diciembre de 1994 a mayo de 2001. Consultado el 8 de junio de 2007, CENAPRED, Monitoreo Volcánico, Resumen de la actividad: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/Resumen/ResumenActividades2001.html>
- SEDAGRO (2006) Programa de desarrollo forestal sustentable del Estado de México 2005-2025. Protectora de Bosques. México.
- SEDESOL, CONAPO, INEGI (2004) *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*. Autores. México.
- SEMARNAP (1997a). *Sistema integrado de regulación directa y gestión ambiental de la industria SIRG*. Autor (2ª edición). México, D. F.

- SEMARNAP (1997b) *México, primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Autor. México.
- SEMARNAP (2000) *Gestión ambiental hacia la industria, logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. SEMARNAP, INE, PROFEPA. México.
- SEMARNAT (2001) *Inventario forestal nacional* [carta electrónica] Autor. México, D. F.
- SEMARNAT (2003) *Informe de la situación del medio ambiente en México 2002, compendio de estadísticas ambientales*. Autor. México, D. F.
- SEMARNAT (2005) *Informe de la situación del medio ambiente en México 2005, compendio de estadísticas ambientales*. Autor. México, D. F.
- SEMARNAT (2006a) *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- SEMARNAT (2006b) *México, tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología. México.
- SMAGDF (2004) *Estrategia local de acción climática del Gobierno del Distrito Federal*. México, DF.
- SMAGEM (2005) *Programa estatal de prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos* [versión preliminar]. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos y Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ. México.
- SMAGEM (2007a) Base de datos EM-DG-Areas Naturales.xls, (Versión 1, actualizada al 26 de abril de 2007). Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Estado de México.
- SMAGEM (2007b) *Situación de la flora y fauna del Estado de México respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2001*. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Estado de México.
- Torres R.; Soria E. M.; Pérez, C.; García, J. (2003) *Incrementos de la fijación biológica del nitrógeno*. Consultado el 14 de octubre de 2005, [Ilustrados.com: http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpypZkykVIQGLUhfDt.php#im](http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpypZkykVIQGLUhfDt.php#im)
- Varga, F. (2005) *Parque Nacional Iztaccíhuatl –Popocatepetl*. Consultado el 2 de septiembre de 2005, [Planeta Global Jornal of Practical Ecoturism: http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/parques/edomexico2.html](http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/parques/edomexico2.html)
- Villers, L. y Trejo, I. (2004) Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En: Martínez, J. & Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático, una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. Pág.: 242-244, 247

Créditos técnicos

Elaboración

Ecol. Gabriel Zavaleta Mondragón.
Líder de Proyecto de Diagnóstico

Geog. Juan Conrado Quezada García
Jefe de Proyecto de Diagnóstico

Revisión

Met. Francisco Pablo Escamilla Báez
Encargado del Departamento de Diagnóstico

Para mayor información acudir a:
Secretaría del Medio Ambiente,
Dirección General de Prevención y
Control de la Contaminación Atmosférica
Departamento de Diagnóstico
Av. Gustavo Baz 2160, 2.º piso,
Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz,
Estado de México. TEL. 53 66 82 64



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO