



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CRITERIOS E INDICADORES DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA PARA
EVALUAR EL MANEJO DE BOSQUES TEMPLADOS DEL ESTADO DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

ALMA GRACIELA MARTÍNEZ ROMERO

ASESOR DE TESIS:

M.C. CARLOS MALLÉN RIVERA

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos del alumno Martínez Romero Alma Graciela 58 55 51 05 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 09826718-7
2. Datos del tutor M en C Carlos Mallén Rivera
3. Datos del sinodal 1 Dra María Concepción García Aguirre
4. Datos del sinodal 2 Dr Octavio Salvador Magaña Torres
5. Datos del sinodal 3 M en C Efraín Velasco Bautista
6. Datos del sinodal 4 Biól Tania Mayela Vite Garín
7. Datos del trabajo escrito Criterios e indicadores de la integridad ecológica para evaluar el manejo de bosques templados del Estado de México 120 p 2008

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT, a la CONAFOR y al INIFAP, el mayor reconocimiento por el apoyo a la formación de recursos humanos. En particular se expresa el mayor reconocimiento al Dr. Fabián Islas Gutiérrez, Director del CENID-COMEF, INIFAP, así como al Ing. Ramón Noguez Hernández, Jefe de operación y al C.P. Mario A. Terrazas Zamora, Jefe Administrativo del CENID-COMEF, por su amable atención y decidido respaldo.

A la UNAM por darme una formación integral, que abarca todos los aspectos: especialmente el académico, social, cultural y personal. Estos agradecimientos incluyen profesores, compañeros y amigos; que hacen que me sienta orgullosa de pertenecer a esta gran institución.

Al M.C. Carlos Mallén Rivera, por dirigir esta tesis, que incluye los conocimientos y experiencias profesionales acerca de la situación forestal en el país que compartió conmigo.

A mis sinodales: Dr. Octavio Magaña, Dra. María Concepción García, al M. en C. Efraín Velasco y a la Bióloga Tania Vite, por sus compartir sus valiosas aportaciones y observaciones al presente trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A mis papás Graciela Romero y a Alfonso Martínez, por el apoyo, y oportunidades, además del cariño que me han brindado a lo largo de mi vida, en especial la de estudiante, gracias a ellos estoy culminando este trabajo, que sé, para ellos también es un logro. Por la idea de creer que puedo hacer lo que me proponga.

A mis hermanos Martín, Carlos y Alfonso, por el apoyo que me han brindado a lo largo de la realización de la tesis, por alentarme a culminar este trabajo.

A Eric Flores, por ser una persona muy importante en mi vida por el apoyo, la inspiración, la ambición, el cariño que me hace sentir y creer que puedo lograr muchas cosas. Por tantas cosas que compartimos y que seguiremos haciendo.

A mis amigos: Javier, Lucía, Billy, Verónica, Leydi, Daniel, Xóchitl y Zaira; por todos los momentos en que hemos convivido en los años que llevamos de conocernos y por vivir diferentes experiencias conmigo a lo largo de estos años en la universidad.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ACRÓNIMOS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. ANTECEDENTES	4
3.1. MARCO TEÓRICO	4
3.1.1. Problemática ambiental	4
3.1.2. Desarrollo sustentable	7
3.1.3. Manejo Forestal	8
3.1.4. Manejo Forestal Sustentable	9
3.1.5. Silvicultura	10
3.1.6. Industria Forestal	11
3.1.7. Monitoreo Ambiental	11
3.1.8. Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)	12
3.1.9. Criterios e Indicadores (C&I)	14
3.1.10. Principios para la evaluación de la sustentabilidad	16
3.1.11. Principio Integridad Ecológica	17
3.2. MARCO DE REFERENCIA	18
3.2.1 Localización geográfica	18
3.2.2. División política	19
3.2.3. Clima	19
3.2.4. Edafología	20
3.2.5. Geología	28
3.2.6. Hidrología	30
3.2.7. Vegetación	31
3.2.8. Historia	37
3.2.9. Población	38
3.2.10 Aspectos socioeconómicos	38
IV. MÉTODO	44
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
5.1. CRITERIO 1. FUNCIÓN DEL PAISAJE	47
5.1.1. Indicador. Función Ecológica.	47
5.1.2. Indicador. Procesos de transformación provocados por el hombre	49

5.1.3. Indicador Procesos de disturbio	57
5.2. CRITERIO 2. ESTRUCTURA DEL PAISAJE	63
5.2.1. Indicador. Tipos de vegetación y clases estructurales	63
5.3. CRITERIO 3. FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA	66
5.3.1. Indicador. Agua	66
5.3.2. Indicador. Suelos	75
5.4. CRITERIO 4. ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA	78
5.4.1. Indicador.- Riqueza de especies (flora y fauna)	78
5.4.2. Indicador. Áreas ecológicamente sensitivas (hábitats especiales)	81
5.5. CRITERIO FUNCIÓN DE POBLACIÓN	87
5.5.1. Plantaciones forestales comerciales	87
5.6. CRITERIO. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN	89
5.6.1. Indicador. Aplicación de estrategias para conservar los genes de especies comerciales o amenazadas	89
5.6.2. Indicador. Especies en riesgo	90
5.7. CRITERIOS E INDICADORES DEL PRINCIPIO INTEGRIDAD ECOLOGICA DEL ESTADO DE MEXICO	93
VI. CONCLUSIONES	95
ANEXOS	97
REFERENCIAS	113

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Cuadro	Página
1	Principales elevaciones.	29
2	Agricultura y vegetación.	39
3	Conjunto de Criterios e Indicadores del Principio Integridad Ecológica para el Estado de México.	45
4	Áreas decretadas del Programa de Restauración Ecológica por incendios 1998.	53
5	Superficie por ecosistema y tipos de vegetación.	63
6	Regiones y cuencas hidrológicas, Estado de México.	66
7	Principales presas.	67
8	Principales presas y sus usos.	70
9	Tipos de fuentes de agua.	71
10	Principales zonas de explotación de agua subterránea.	72
11	Número de especies registradas.	78
12	Riqueza de especies registradas de grupos de flora seleccionados.	79
13	Órdenes, familias, géneros y especies de mamíferos que hay en la entidad.	80
14	Clases, número y superficie de áreas naturales protegidas.	83
15	Clasificación de las Regiones hidrológicas prioritarias.	85
16	Número de bancos de germoplasma.	89
17	Número de especies de vertebrados por clase de interés.	89
18	Especies de flora con estatus de interés.	91
19	Número de criterios, indicadores y verificadores del Principio Integridad Ecológica.	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Figura	Página
1	Localización geográfica del estado.	18
2	Regiones administrativas.	19
3	Tipos de climas.	20
4	Distribución de los tipos de rocas.	28
5	Regiones hidrológicas.	30
6	Uso potencial agrícola.	42
7	Niveles de precipitación.	48
8	Niveles de precipitación que se registran cada mes.	49
9	Número de árboles plantados de 1992 a 2006.	50
10	Superficie reforestada de 1992 a 2006.	51
11	Superficie de bosques con tratamiento de control de plagas y enfermedades.	52
12	Ubicación de la infraestructura para el control de incendios forestales en 2003.	54
13	Ubicación de las torres de detección de incendios, 2003.	55
14	Municipios con alta y mediana prioridad para la prevención de incendios, 2003.	56
15	Número de incendios ocurridos de 1991 a 2006.	58
16	Superficie de bosques afectada por incendios de 1991 a 2006.	58
17	Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales de 1990 a 2005	62
18	Distribución de los tipos de vegetación.	65
19	Número de municipios por categoría en cuanto a número de cuerpos de agua que poseen.	67
20	Municipios con mayor número de cuerpos de agua (más de mil).	68
21	Municipios con mayor superficie de cuerpos de agua.	68
22	Distribución de los tipos de suelos.	76
23	Ubicación de algunas Áreas Naturales Protegidas (ANPs) más importantes.	82
24	Localización de las regiones terrestres prioritarias del Estado de México.	84
25	Regiones hidrológicas prioritarias.	85
26	Superficie reforestada por plantaciones forestales comerciales de 2000 a 2004.	88

ACRÓNIMOS

CDS	Comisión de Desarrollo Sustentable
CEPANAF	Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Gobierno del Estado de México
CGCE	Coordinación General de Conservación Ecológica del Gobierno del Estado de México
CIFOR	Centro para la Investigación Forestal Internacional
C&I	Criterios e Indicadores
C.N.A.	Comisión Nacional del Agua
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAZA	Comisión Nacional de Zonas Áridas
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
ITTO	Organización Internacional de Maderas Tropicales
LUCID	Desarrollo de Criterios e Indicadores de la Unidad Local
MESMIS	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad
MFS	Manejo Forestal Sustentable
OCDE	Organización para la Cooperación de Desarrollo Económico
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PROBOSQUE	Protectora de Bosques del Estado de México
PROCOREF	Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales
PRODEPLAN	Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PRONARE	Programa Nacional de Reforestación
RTP	Regiones Terrestres Prioritarias de México
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SECyBS	Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social del Estado de México
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
UMAS	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

El aumento poblacional y el crecimiento económico en el Estado de México, con la consecuente presión sobre el uso de suelo, ejerce un fuerte impacto sobre los recursos naturales, ocasionando el deterioro ecológico de áreas como los bosques. Es necesario plantear estrategias para un adecuado aprovechamiento de los elementos que el ambiente proporciona, empleando herramientas novedosas como los Criterios e Indicadores (C&I), los cuales sirven como una guía para mejorar el manejo forestal. Los C&I resultan de los principios: ecológico, social y económico del manejo forestal. A partir de la bolsa de C&I de los bosques de Puebla, y con apoyo de las bolsas de Montreal y Chihuahua se seleccionó un grupo completo de indicadores. La tesis de licenciatura “Criterios e indicadores de la integridad ecológica para evaluar el manejo de bosques templados del Estado de México” se enmarca dentro del Proyecto “Criterios e indicadores para evaluar la sustentabilidad del manejo de bosques templados del Centro de México”. De la información obtenida, se alcanzaron seis criterios, con sus respectivos indicadores, del Principio Integridad Ecológica. Se registraron en total seis criterios, 10 indicadores y 17 verificadores. Se obtuvieron nuevos verificadores (7) para el criterio función del paisaje; en contraste con el criterio estructura de la población, del cual se obtuvo sólo un verificador. Mientras que para los criterios estructura del paisaje se obtuvieron dos verificadores; para función del ecosistema tres y para estructura del ecosistema dos. El conjunto de criterios e indicadores del principio integridad ecológica obtenidos y desarrollados permitieron valorar que la sustentabilidad actual de los bosques templados del Estado de México no es viable, debido al rápido crecimiento demográfico, que por una parte tiene una mayor demanda de recursos naturales, especialmente agua, suelo y forestales (maderables y no maderables); por otro lado, el acelerado cambio de uso de suelo forestal a industrial, agrícola y urbano.

INTRODUCCIÓN

Los bosques brindan una gran variedad de bienes y servicios ambientales útiles a la sociedad. Impiden la erosión, aumentan la fertilidad del suelo, garantizan el volumen y calidad del agua captada en cuencas, preservan la biodiversidad, mantienen la estabilidad del clima regional y global, capturan carbono. Sirven como espacios recreativos, turísticos, educativos, para realizar investigación científica y representan valores culturales y espirituales.

Los centros poblacionales, por lo general, se establecen en zonas templadas, por lo que los recursos de tales ecosistemas se encuentran sometidos a una enorme presión, situación que genera un gran deterioro ambiental. Ejemplo de esta presión son las actividades agropecuarias que aunque no son ampliamente practicadas, causan erosión, fenómeno que caracteriza a casi todo el Estado de México. Los principales factores que incrementan la deforestación son: la conversión del uso de suelo, la extracción de productos forestales de manera ilegal, los incendios y las plagas. Respecto a esto, Sánchez *et al.* (2003), señalan que el concepto de desarrollo sustentable no sólo se relaciona con la reducción de la disparidad entre ricos y pobres, sino también con la conservación de un ambiente natural que sea más satisfactorio y apto para el bienestar y la prosperidad humana y que nos permita legar a las generaciones futuras un mundo tan rico en especies de seres vivos como el que nosotros heredamos.

La idea de desarrollo sustentable parece estar alejada de la realidad en el Estado de México, debido a la creciente presión económica, social y política del actual modelo económico que rige a nuestro país, hace que estos problemas sean tratados paralelamente y por separado, a pesar de ser un problema global que requiere una solución integral y multidisciplinaria.

La actividad humana sobre el medio ambiente y el efecto nocivo de la degradación ambiental influyen en el potencial del crecimiento económico y el bienestar social, tanto de los países desarrollados como en vías de desarrollo. Una gestión moderna y eficiente, caracterizada por una participación social y corresponsabilidad creciente, es el verdadero requisito para asegurar la contención del deterioro ambiental, el fomento a la producción sustentable y el aumento del bienestar social. Por eso, la determinación y evaluación de criterios e indicadores forestales, es una herramienta que permite conocer el estado de los bosques, proporcionando una perspectiva de cómo es

que han ido evolucionando estos. Estos criterios e indicadores nos van a servir como una guía para darle a los bosques un mejor manejo forestal. El presente trabajo está enfocado al principio de la Integridad Ecológica.

OBJETIVO GENERAL

Seleccionar y desarrollar los criterios e indicadores del principio integridad ecológica para evaluar la sustentabilidad del manejo de bosques templados del Estado de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

Los objetivos particulares que se derivan del anterior objetivo general son los siguientes:

- Elaborar un diagnóstico ambiental de los recursos naturales del Estado de México.
- Identificar la condición ecológica en el Estado de México.
- Efectuar una revisión de los conceptos y aspectos de la integridad ecológica como un principio de la evaluación de la sustentabilidad.
- Generar una base de datos de los bosques templados bajo el principio integridad ecológica para mejorar el aprovechamiento forestal del Estado de México.
- Mostrar la tendencia del estado de los bosques templados del Estado de México bajo el principio integridad ecológica.

ANTECEDENTES

MARCO TEÓRICO

Problemática ambiental de los recursos naturales

La variedad de servicios y productos que proporcionan los bosques mexicanos se ha visto disminuida por el desconocimiento y la falta de información constante, sistemática y periódica de los recursos naturales, lo cual ha conducido a no apreciar la agudeza del deterioro. Muchos de los impactos que afectan los recursos naturales no son evidentes a simple vista y parecieran no existir aún cuando sus efectos ponen en riesgo la salud y las relaciones económicas, sociales, políticas o ecológicas (Sánchez, 1993). La pérdida de la cubierta vegetal, ocurre por diversos factores, entre ellos, huracanes, rayos, inundaciones, sequías, heladas, nevadas y granizadas extremas, plagas y enfermedades forestales, entre otros (Rodríguez, *et al.*, 2002). Los incendios forestales, por su parte, son una de las razones más importantes por las que se pierde la cubierta vegetal (Mallén, 2000). Los rayos son un agente que mayor mortalidad causa a árboles individuales (no grupo de árboles). Independientemente de que pueden originar un incendio forestal, por sí solos afectan a los árboles. Cuando el rayo golpea un árbol, tiende a causar una lesión en forma de espiral. A veces el árbol afectado resulta muerto. A veces sobrevive, aunque poco vigoroso (Rodríguez *et al.*, 2002).

México es un país rico en diversidad de árboles, pero también lo es en especies de plagas y de agentes biológicos que les causan enfermedades. Las plagas forestales son poblaciones de insectos que se alimentan de ciertas partes de los árboles. Estos insectos existen de manera natural, son parte de los ecosistemas. Sin embargo, de manera natural en ocasiones tienen un aumento drástico en poblaciones y también lo hacen sus efectos sobre los árboles (Flores y Gerez, 1994). Las enfermedades forestales son causadas por agentes como hongos, bacterias, virus y plantas parásitas. Sin mencionar las llamadas enfermedades abióticas, debidas a factores no biológicos, como heridas por calor excesivo, heladas, contaminantes y otros (SEMARNAP, 2000).

Los disturbios humanos, sin embargo, suelen ser más devastadores que los naturales; destacando la contaminación del agua, suelo, aire, pérdida de vegetación y fauna, cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, expansión de zonas urbanas e industriales, apertura de vías de comunicación, cortas clandestinas, ocoteo, cinchado, roza, tumba y quema, corte excesivo de ramas e incendios forestales provocados, reflejo

de diferentes actividades y actitudes (Ezcurra *et al.*, 2006). El principal motivo de preocupación mundial en torno a la deforestación se refiere al calentamiento global y a la pérdida de los servicios ambientales que prestan los bosques y selvas (Narváez *et al.*, 2003).

La contaminación del aire, afecta a la salud humana, plantas, animales y causa alteraciones en el funcionamiento de los ecosistemas (Grana *et al.*, 1997). En los bosques, los ácidos sulfúrico y nítrico, son producidos a partir de contaminantes como los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno cuando se combinan con agua y oxígeno, forman la lluvia ácida, que mata poco a poco el tejido del follaje, reduciéndolo en la copa. También reaccionan con ciertos nutrientes en el suelo y provocan su lavado con el agua de infiltración, como en el caso del calcio, magnesio y potasio, afectando negativamente la fertilidad de los suelos, además incrementa la cantidad de combustibles muertos y el peligro de incendios forestales (Rodríguez *et al.*, 2002).

Uno de los principales problemas es la creciente escasez de agua. La progresiva demanda por el recurso que aumenta al 2% a escala mundial por año, derivada del aumento poblacional ha propiciado que solo cerca del 1% sea aprovechable para consumo. La carencia de este elemento afecta a más de 80 países y a cerca de 40% de la población total (Ávila, 2002). La sobreexplotación de los acuíferos y la necesidad de extraer agua subterránea genera fallas geológicas y en ocasiones el hundimiento de suelos, pozos cada vez más profundos, y en algunos casos proveen aguas sulfurosas, que afectan su calidad y cantidad (Legorreta, 1994). Asimismo, la contaminación de ríos, lagos y mares ocurre por desechos industriales, fertilizantes agrícolas, desagües, aguas negras que favorecen la dispersión de enfermedades infecciosas, basureros y fugas en los tanques de las gasolineras (Simon, 1998).

Otra problemática que afecta los recursos naturales del país (incluido el Estado de México), es la deforestación. Cada año en México se pierde 508,000 ha aproximadamente (Rodríguez *et al.*, 2002). Las principales causas se relacionan con la pobreza, pues las personas que viven en zonas rurales, desmontan y establecen cultivos agrícolas o prácticas ganaderas (Gómez-Pompa, 1985; Challenger, 1998; Lindenmayer y Franklin, 2002).

Rodríguez *et al.* (2002) mencionan que la deforestación ocurre paulatinamente, se inicia partiendo unos cuantos árboles cada vez, o cortarlos mediante diversos

métodos y después se desmontan incluso provocan incendios forestales, cortando el arbolado y derribándolo a partir de permisos legales.

Estos desmontes se efectúan con diversas prácticas entre las que destacan: cinchado, se corta una banda de varios centímetros de ancho en todo el perímetro del tronco a tal profundidad que se interrumpe el flujo de productos elaborados en el follaje hacia las raíces; ocoteo, se obtienen pequeñas piezas de madera útiles como combustibles rasgando la base del tronco, la cual se forma con muchos cortes para extraer las porciones de madera; ya ahondada se le prende fuego para estimular la emisión de resina. Por sí solo, puede causar la muerte del árbol, pero además lo debilita mecánicamente ante los vientos y representa una superficie considerable expuesta a plagas y enfermedades; poda, es una buena práctica, si se hace con moderación, de lo contrario el árbol pierde vigor, lo que aumenta la posibilidad de mortalidad; roza, tumba y quema, esta técnica agrícola se emplea para aumentar la producción de los suelos forestales. La roza consiste en cortar toda la vegetación más baja, luego se pone a secar. La tumba consiste en derribar árboles poco útiles durante la temporada de lluvia, se dejan secar. Durante la época de sequía, se practica una quema en función de técnicas específicas, por ejemplo quemar por dos lados contiguos a la vez un terreno con forma rectangular, en contra del viento. La vegetación se reduce a cenizas, que fertilizan de manera natural el suelo permitiendo la agricultura más rentable. En la práctica original, se dejaba un período de descanso entre tratamientos de aproximadamente treinta años, sin embargo, en la actualidad dicho receso se redujo a tres años debido a la pobreza de los habitantes rurales, lo cual impide una completa recuperación del suelo y la cubierta vegetal, por lo tanto impacta de manera negativa a los recursos; incendios, también causan deforestación; la mitad de los incendios ocurridos se deben a actividades agropecuarias. A menudo, las zonas que sufrieron un incendio no se recuperan, porque están habilitadas para uso agropecuario o urbano; sobrepastoreo, la ganadería de subsistencia es una práctica común en México y se realiza en pastizal puro y pastizal asociado a matorral y en bosque. Por lo general el ganado se alimenta de pastos, pero algunos tipos, como el caprino ingieren incluso árboles pequeños. Asimismo, producen compactación de suelo, dificultando la regeneración de árboles y la infiltración de agua; tala clandestina, es la corta ilegal de árboles que puede o no ser una operación delictiva organizada o simplemente extracción de subsistencia; crecimiento de las zonas urbanas, el crecimiento de la ciudad reduce de manera directa

los bosques o empuja a las zonas agrícolas, que a su vez van reduciendo el área con vegetación; fragmentación, la apertura de carreteras a través de las áreas naturales representa una barrera parcial, especialmente para la fauna de la zona. Los terraplenes representan erosión sobre el trayecto de las carreteras, y durante la construcción de las mismas los vehículos y los materiales que son transportados, suelen llevar consigo semillas de especies exóticas.

La deforestación además, tiene impactos negativos sobre la diversidad biológica pues modifica el hábitat natural de las especies derivando en extinciones locales (Challenger, 1998; Pagiola *et al.*, 2003). Como una respuesta ante tal situación, se han implementado diversas medidas con el fin de frenar la degradación y pérdida de la cobertura vegetal, encaminadas a establecer métodos para detectar cambios con base en indicadores que proporcionen respuestas de un manejo sustentable.

Desarrollo Sustentable

El término desarrollo sustentable, nació en el Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en la Asamblea de las Naciones Unidas de 1983 (Ávila, 2002). Este se definió en el Principio 3° de la Declaración de Río (1992) como: “Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro, para atender sus propias necesidades”. Aunque esta definición solo sirve en teoría; de allí la necesidad de una definición que ofrece la amplitud y la precisión necesaria para ponerla en práctica (Flores *et al.*, 2003). Por lo anterior, el concepto de desarrollo sustentable, procede de la preocupación por el medio ambiente, pero no responde a temas fundamentalmente ambientalistas, sino que trata de superar la visión del medio ambiente como un aspecto aparte de la actividad humana que hay que preservar (Prabhu *et al.*, 1998). El medio ambiente está implicado con la actividad humana y la mejor manera de protegerlo es tenerlo en cuenta en todas las decisiones que se adopten. La importancia del concepto se debe a que se basa en la noción de que para aliviar las múltiples facetas de la crisis global, se necesita un enfoque sistemático que integre los factores humanos, ecológicos y económicos; contemplando Criterios e Indicadores (C&I) útiles en la elaboración del progreso para alcanzar la sustentabilidad (Kagi, 2000; Ávila, 2002; Flores *et al.*, 2003).

La justificación del desarrollo sustentable proviene, tanto del hecho de tener recursos naturales susceptibles de agotarse, como por el hecho de que una creciente

actividad económica que no considere sociedad y ambiente produce, problemas ecológicos locales y mundiales graves, que pueden tornarse irreversibles (Mallén, 2005). Los programas y proyectos dirigidos al desarrollo sustentable pretenden en teoría, combatir la pobreza a través de la participación de la gente como la base para lograr el crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la equidad social. En los hechos, dicha participación está restringida a unos cuantos representantes que tienen acceso a los mecanismos de poder y a la toma de decisiones, así como a aquellos que están luchando por su inserción en la misma (Pérez *et al.*, 1997).

Manejo forestal

El manejo forestal se define como el conjunto de técnicas de mediación de silvicultura que se realizan en un bosque, con el objetivo de incrementar la productividad referida básicamente a la parte maderable. El manejo se basa en dos factores: los que la planta necesita para poder crecer (agua, luz, nutrientes) y el propósito de la masa forestal. El grado de intervención dependerá de la relación de ambas condiciones (Merino *et al.*, 1997). De acuerdo con Bray (2004) el manejo forestal se rige por las siguientes consideraciones:

- Ordenar el territorio para determinar los tipos de bosques, nivel de extracción y rentabilidad.
- Tratar al bosque con responsabilidad, administrando sus componentes para obtener beneficios económicos, sociales y ambientales a largo plazo, respetando sus mecanismos de sustentabilidad.
- Planificar la reposición forestal con aquellas especies que se están explotando y otras que se adapten a las condiciones del área y que sean de interés socioeconómico, a través de la regeneración natural o reforestación.
- Aprovechar el área con el menor daño posible y menor impacto, asegurando la presencia de árboles de especies valiosas de todas las edades a manera de asegurar una producción continua a través del tiempo, aplicando para esto tratamientos, monitoreos y evaluaciones permanentes.
- Contar con el permiso de extracción forestal en las zonas asignadas con estos fines.
- Seleccionar los árboles a extraer teniendo en cuenta los diámetros mínimos de corte.

- Planificar la extracción de las especies forestales en el tiempo adecuado y con las herramientas y maquinarias necesarias.

Manejo Forestal Sustentable

El manejo forestal sustentable (MFS) consiste en administrar los recursos para aprovecharlos, conservarlos y mejorarlos basándose en el conocimiento técnico y operativo, satisfaciendo las necesidades ecológicas, económicas y sociales de las generaciones presentes y futuras (Flores *et al.*, 2003; Pagiola *et al.*, 2003). Para Masera *et al.* (1999), sin embargo, esta actividad debe abordar tres aspectos fundamentales: ser ecológicamente viable, económicamente factible y socialmente deseable. La metodología general se basa en un sistema jerárquico fundamentado en principios de los cuales se desprenden criterios, indicadores y normas prácticas. Esto permite la formulación de un sistema de evaluación o la propuesta de metas a alcanzar, en especial una base de discusión sobre los aspectos filosóficos, científicos, técnicos y operativos del aprovechamiento de los recursos. Este método se conoce como C&I del MFS.

La disponibilidad de la información sobre los bosques y sus recursos, constituye una condición indispensable para el MFS y en general para el desarrollo del bosque, basado en políticas claras y equilibradas desde el punto de vista económico, ambiental y social (Ávila, 2002). En lo que se refiere al aspecto ambiental, cualquier intervención humana producirá cambios en el ecosistema. El objetivo es determinar en que medida estas modificaciones son relevantes, irreversibles y si las generaciones venideras podrán contar con la cantidad y calidad de recursos tal como los recibimos en el presente (Mallén *et al.*, 2005). La existencia e implantación de planes de manejo de los bosques es una de las condiciones básicas para la sustentabilidad de estos. La participación de las comunidades en la planeación y el control de la explotación forestal, representa un segundo paso en la apropiación comunitaria de los procesos de producción forestal y un ejemplo de apoyo a las perspectivas de sustentabilidad del manejo. Los planes buscan dar respuesta a las necesidades de regeneración de la vegetación, a la conservación de su diversidad y al cuidado de los impactos que generan las extracciones (Merino *et al.*, 1997).

Silvicultura

La silvicultura es la ciencia destinada a la formación y cultivo de bosques; forman parte de su campo el crear o conservarlos, además de la teoría y la práctica de regular el establecimiento de una masa arbórea, su composición y desarrollo (Merino *et al.*, 1997).

La silvicultura comunitaria es el cultivo del bosque con alta participación social de sus dueños y/o poseedores, cuyos beneficios contribuyen a fortalecer sus procesos de desarrollo. Una característica fundamental de esta variante del concepto puro de la silvicultura es la existencia de un territorio de uso común en manos de una sociedad, cuya definición de reglas de uso y acceso a los recursos forestales les ha permitido el diseño de estrategias para el cultivo sustentable de sus recursos forestales (Merino y Segura, 2002).

Los expertos en bosques, saben que el monte debe ser tratado para alcanzar determinados objetivos, que el método de repoblación natural utilizado es el soporte sobre el que debe apoyarse el sistema silvícola, también que la regeneración natural no se asegura simplemente cortando los árboles viejos. El historial y el estado actual de las masas deben ser analizados, tal vez el suelo debe recibir preparación o eliminar vegetación indeseable, tener cierto control sobre las fuentes semilleras y especialmente, estudiar la fenología de las especies deseables y sobre todo, siempre se debe estar convencido de que lograr la regeneración natural de los bosques no es tarea fácil (Vázquez, 1999). La práctica de la silvicultura es de hecho ecología aplicada, obligando al estudio profundo de las masas forestales en especial de su dinámica, esto es, la influencia del ambiente sobre las especies y las agrupaciones vegetales (Vázquez, 1999). Siempre se debe buscar el desarrollo de bosques que satisfagan los objetivos que se persigan a través de su administración, este tipo de vegetación se debe proteger y regenerar en forma primordial. El objetivo fundamental de unas sanas prácticas silvícolas es aumentar la producción forestal en todos sus tipos (leña, agua, mejor ambiente, maderas, fauna, recreación al aire libre, forrajes, etc.) a un nivel superior al que puedan llegar a alcanzar los montes naturales protegidos (Bray, 2004).

Industria Forestal

Los productos de la industria forestal contribuyen a satisfacer algunas de las necesidades básicas de la sociedad moderna y a promover el bienestar del ser humano. Estas industrias desempeñarán en las sociedades próximas una función más importante de lo que hoy en día se piensa. Uno de los argumentos que sustenta esa afirmación es que la industria forestal puede llegar a ser el sistema industrial capaz de satisfacer las necesidades de alimentos, materias primas y energías respetando los principios de la sustentabilidad (Caballero, 2000). Esta industria apoya los principios forestales que

acuerdan conceder la misma importancia a la utilización sustentable y a la conservación de los recursos forestales y que el desarrollo económico debe basarse en unos recursos renovables y reciclables evitando dañar al ambiente, en el marco de sistemas sostenibles (Merino y Segura, 2002). El sector privado participa cada vez más activamente en programas nacionales y regionales cuyos objetivos son la silvicultura productiva y sustentable, el mantenimiento de la diversidad biológica, la asistencia técnica, la investigación y el desarrollo. Además, las empresas forestales están adoptando un enfoque realista respecto a las nuevas condiciones de comercialización en respuesta a las preferencias de los consumidores, preocupados por el medio ambiente, pero resaltando la necesidad de adoptar un criterio holístico que tome en consideración los aspectos técnicos, económicos y los hechos científicos demostrados (Merino y Segura, 2002).

En muchos países, la industria forestal y los propietarios privados de bosques tienen a su cargo la ordenación de bosques, incluida la conservación de la diversidad biológica en aquellos que están situados fuera de las zonas de protección natural. La industria forestal tiene también la oportunidad de influir en las decisiones relativas a las políticas forestales regionales y nacionales. Después de todo, la industria crea empleos y aumenta el valor añadido de las tierras forestales (Caballero, 2000; Merino y Segura, 2002).

Monitoreo ambiental

El término monitoreo incluye seguimiento y evaluación, se define como un proceso encaminado a determinar la pertinencia, eficiencia, eficacia y equidad de un conjunto de actividades a la luz de sus objetivos. Se trata de un proceso dirigido a mejorar la administración de un proyecto y la toma de decisiones, se ocupa de quién o quiénes se han beneficiado, en qué cantidad, de qué manera y por qué, y facilita el establecimiento de relaciones de causalidad entre actividades y resultados, todo esto a través del tiempo (Guttman *et al.*, 2004). El seguimiento por su parte se refiere al análisis de las actividades que se ejecutan en desarrollo de un plan, proyecto o programa determinado, el cual considera básicamente aspectos relativos a la eficiencia de las acciones (se refiere al ajuste entre lo programado y lo ejecutado en términos físicos y financieros), mientras que la evaluación revisa las transformaciones inducidas por el proyecto, que, por lo general, se dividen en dos grupos: el impacto sobre los grupos sociales a quienes va dirigido y los efectos sobre el medio ambiente, relacionados de manera directa o

indirecta, además de la equidad (Guttman *et al.*, 2004). Es preciso comprender que muchas veces el impacto y los efectos de las mismas sólo se aprecian después de un período largo de operación o, incluso, tiempo después de su terminación (Maserá y López-Ridaura, 2000).

Un buen monitoreo debe articular canales de comunicación, instancias de discusión y negociación para la revisión de los proyectos, así como, mecanismos que conduzcan a la adopción de medidas que se consideren necesarias; busca ofrecer información oportuna, obtenida directamente donde suceden los hechos, incluyendo de forma sistemática los puntos de vista de los actores involucrados en ellos (Lindenmayer y Franklin, 2002). El seguimiento y la evaluación se pueden realizar bajo dos enfoques: objetivo y subjetivo. El primero de ellos se basa en un conjunto de observaciones y registros efectuados por el monitor, sin acudir a la percepción de las personas que trabajan en el proyecto ni a la de las personas afectadas. En cambio el subjetivo parte de estas últimas, por considerar que proporcionan una visión más exacta del proyecto que la proporcionada por un observador externo. Estos enfoques se pueden considerar complementarios, siempre que se utilicen adecuadamente (Guttman *et al.*, 2004; Peña, 2004).

Modelo Presión-Estado-Respuesta

La búsqueda de modelos de desarrollo sostenibles requiere de herramientas que permitan analizar la evolución del proceso. A su vez, la elaboración de indicadores ambientales necesita de la definición de un marco conceptual que sirva para decidir qué se quiere y se debe monitorear (INE-SEMARNAT, 2000).

El ser humano ejerce presión sobre el ambiente por medio de la presencia de grupos humanos y sus actividades económicas, cuyas características dependen de las condiciones de vida y los aspectos culturales de las personas que ejercen dicha intervención. Estos planteamientos han sido desarrollados por el modelo de “presión-estado-respuesta (PER), en el cual una intervención humana desencadena una serie de transformaciones ambientales que dan lugar a un “estado”, frente al cual se producen “respuestas” institucionales y sociales dirigidas a hacerle frente o, eventualmente, a aprovechar sus elementos positivos (Guttman *et al.*, 2004). De acuerdo con Guttman *et al.*, (2004), las variables de presión, estado y respuesta se pueden explicar de la siguiente forma:

- *Variables de presión.* Corresponden a las características de las mediaciones humanas sobre el ambiente. Son dinámicas; describen procesos que inciden sobre determinados recursos naturales o transformados. Por ejemplo: el cambio de uso de suelo; número de incendios forestales; superficie afectada por plagas y enfermedades forestales.
- *Variables de estado.* Se refieren a las condiciones ambientales que existen antes de una intervención o implantación humana y a las socio-ambientales que resultan de la presión ejercida. Son estáticas y reflejan la situación de un sistema socio-ambiental en un momento dado. Por ejemplo: La extensión de los bosques y selvas; los tipos de suelos; lista de especies nativas presentes.
- *Variables de respuesta.* También llamadas de gestión, registran las características de las acciones institucionales o sociales dirigidas a atender una determinada presión sobre el ambiente o modificar cierto estado de las condiciones socio-ambientales. Se trata de variables inducidas que describen las acciones enfocadas voluntariamente a modificar total o parcialmente las características del sistema socio-ambiental. Como son: superficie reforestada; tratamiento de plagas y enfermedades; la superficie de plantaciones forestales comerciales.

El modelo PER puede aprovecharse tanto para identificar y analizar situaciones que ameriten una respuesta, como para anticiparse a situaciones que se puedan prevenir, mitigar o evitar (Narváez *et al.*, 2003). El modelo es práctico, porque es simple y fácil de utilizar, además de que se puede aplicar a diferentes niveles, escalas y actividades humanas. Para que el modelo pueda aplicarse en el seguimiento y análisis de las relaciones sociedad-ambiente, es necesaria una aproximación ecológica-geográfica a diferentes escalas (Maser y López-Ridaura, 2000). Los datos y estadísticas pueden mostrar los efectos de la presión, pero no se tiene la certeza de algún cambio de importancia en el estado. Además el que haya un cambio no significa que sea un problema. Es difícil diseñar respuestas o acciones de manejo correctas, herramientas que permitan identificar y analizar las relaciones entre variables, y es necesario para que la información sea útil en la toma de decisiones (SEMARNAP, 1997).

Criterios e Indicadores

De acuerdo con Masera *et al.* (1999), los criterios e indicadores proporcionan una comprensión mejorada de lo que se entiende por MFS y se definen como, las tendencias nacionales en la condición y el manejo de los bosques y proveen un marco común para describir, monitorear y evaluar tales tendencias en relación con la sustentabilidad a nivel de país. No son estándares de funcionamiento o desempeño y no están dirigidos a evaluar directamente la sustentabilidad.

- *Criterio.* Describe los atributos generales de sustentabilidad. Representa un nivel de análisis detallado, aunque más general que los indicadores (Flores *et al.*, 2003). Algunos aparecen frecuentemente en los análisis (en el área ambiental), por ejemplo: eficiencia, para el atributo de productividad; conservación de recursos como suelos, agua, vegetación y diversidad, para el atributo de estabilidad y autosuficiencia para el atributo de autogestión.
- *Indicadores.* Son formas directas o indirectas de medir la calidad del ambiente que se utilizan en la determinación de la situación actual y las tendencias del ambiente respecto a su capacidad de sustentar la salud ecológica y humana (SEMARNAP, 1997).

Los indicadores ambientales son herramientas para el monitoreo, seguimiento y evaluación de la gestión, planificación ambiental y del desarrollo, por lo que es necesario ponerlos a prueba para su aplicación y uso (Prabhu *et al.*, 1998). Según Guttman *et al.* (2004), toman sentido al considerarlos como un sistema, es decir, como construcciones ordenadas y coherentes, haciendo referencia a datos ubicados a un todo articulado. Los indicadores son un marco de referencia para comprender la manera como interactúan las variables relevantes a lo largo de los distintos procesos en que intervienen. Un sistema de indicadores ambientales puede conformarse para dos propósitos principales: brindar un panorama de las condiciones del medio en un determinado ámbito (localidad, ciudad, país) y servir de instrumento para la gestión de políticas, programas y proyectos, incluyendo su seguimiento y evaluación (Quiñónez y Rodríguez, 2004). Describen procesos específicos o de control, por lo tanto, son particulares. Algunos son apropiados para ciertos sistemas pero pueden ser inapropiados para otros; es por esto que no existe una lista universal. El tipo de indicadores ambientales que se consideran dependerá de la escala espacial del estudio (Masera y

López Ridaura, 2000; Flores *et al.*, 2003). Para la obtención de C&I ambientales, es necesario que haya un esquema de monitoreo, que nos permita describir los diferentes niveles de manejo y facilitar la aplicación y evaluación de los C&I de la sustentabilidad (Narváez *et al.*, 2003). El desarrollo de indicadores requiere de la identificación y definición de los problemas donde serán aplicados, además del análisis de disponibilidad y calidad de los datos a partir de los cuales serán generados (Esparza, 1997; Narváez *et al.*, 2003). Se debe tener conocimiento de las fronteras espaciales para delimitar unidades políticas, geográficas, ecológicas para el seguimiento y vigilancia del medio. Así, se selecciona un conjunto de indicadores con base en la confiabilidad de la información, la relación con problemas, prioridades y la utilidad para el usuario (Mallén *et al.*, 2005).

La decisión de mayor influencia en el desarrollo de los principios, C&I del MFS se generó a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, y en los documentos base y trabajos que le siguieron, como: la Agenda 21, los Principios y Guías sobre el Manejo Forestal, la Convención sobre la Diversidad Biológica y la Convención sobre Cambio Climático y Desertificación (Esparza, 1997; Mendoza y del Angel, 1999; Narváez *et al.*, 2003).

Otras iniciativas importantes son: Proceso de Montreal, llevado a cabo en junio de 1994, que tuvo como misión establecer e implementar criterios e indicadores aceptados internacionalmente, para la conservación y el manejo sustentable de los bosques templados y boreales. En 1995, los países participantes declararon el uso de siete criterios y 67 indicadores aplicables a nivel nacional (esta acción se conoce como la Declaración de Santiago); Proceso de Helsinki, cubre los bosques de las zonas templadas, boreales y mediterráneas de Europa, adoptado por la conferencia Ministerial sobre la Protección de los Bosques en Europa; Propuesta de Tarapoto de los países de la Región Amazónica; Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO), pioneros desde 1990 en trabajos sobre criterios e indicadores para el manejo forestal sustentable en bosques tropicales; Proceso de Lepaterique de las Naciones de América Central (Narváez *et al.*, 2003). A nivel local existen: Centro para Investigación Forestal Internacional (CIFOR) localizado en Indonesia, (Prabhu *et al.*, 1998); el Desarrollo de Criterios e Indicadores de la Unidad Local en el 2000 (LUCID); el proyecto de Bosque Modelo iniciado para el ejido “Pueblo Nuevo” de Durango en el 2001; la selección de C&I en el ejido “El Largo” de Chihuahua a partir del 2001; así como C&I para el estado de

Puebla; el Marco para la evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (México) de Masera y López Ridaura, 2000).

La aplicación de los criterios e indicadores ayudará a proporcionar una referencia internacional para los que toman las decisiones en la formulación de las políticas nacionales, a mejorar la calidad de la información disponible para las autoridades y el público e informar el debate sobre política forestal al nivel nacional e internacional. Los criterios e indicadores podrían también ayudar para proveer una base para la cooperación internacional en apoyo al manejo forestal sustentable (SEMARNAP, 1997; Masera *et al.*, 1999; Masera y López Ridaura, 2000). Al entrar al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable, suscrito en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, México se comprometió a adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad. En 1995, la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas aprobó el Programa de trabajo sobre indicadores de desarrollo sustentable 1995-2000, a instrumentarse en diferentes etapas (Narváez, *et al.*, 2003).

Principios para la evaluación de la sustentabilidad

Los principios, se refieren a leyes, fundamentos o reglas que sirven como base para la acción relacionada con los ecosistemas. En el área del MFS los principios son el marco de referencia más importante; pues proporcionan la justificación para los criterios, indicadores y verificadores; en este contexto se conocen cuatro, que son: ecológico, económico, social y político (Flores *et al.*, 2003). Abordan los aspectos: mantenimiento de la integridad de los ecosistemas forestales y sus funciones ecológicas; de la capacidad productiva de bienes y servicios comercializables de los bosques y del bienestar socioeconómico de las comunidades asociadas (Flores *et al.*, 2003; Mallén, 2005).

Principio Integridad Ecológica

El principio integridad ecológica es una unificación de ecosistemas, paisajes y poblaciones. Cualquier alteración de alguno de estos componentes puede reflejar no sustentabilidad. A través de este se definen dos características importantes que deben ser conservadas en el medio: la entereza del mismo y la capacidad de mantener sus funciones ambientales (Flores *et al.*, 2003). La importancia de este principio radica en que es el aspecto más afectado por los otros y se ve directamente influenciado por ellos. La alteración de la tierra, agua y vegetación son prioridad para el uso sustentable de los recursos y al afectarse estos se puede estar alterando otros subsistemas que habiten

dentro de todo el ecosistema, poniendo en peligro la perpetuidad de las especies y del hábitat. El pilar de la integridad ecológica vincula el bienestar humano actual y futuro de los seres humanos y de la gran comunidad de la vida con el cuidado y protección continuos de la Tierra como nuestro hogar.

El marco de referencia de este principio se construyó en torno a tres componentes:

- Paisaje: Definido por tamaño, forma, distribución del patrón del medio, así como, procesos naturales y actividades económicas que alteran dicho patrón.
- Ecosistema: Determinado por los flujos de materia y energía. Su estructura incluye organismos, suelo, erosión y sedimentación, ciclo de nutrientes, producción, descomposición de materia. Las mediciones específicas varían en función del tipo de estructura del ecosistema o procesos diseccionados.
- Población: Las poblaciones de plantas y animales son definidas por sus arreglos, como pueden ser, ocurrencia, densidad, estructura de edades, y por procesos tales como regeneración y migración.

MARCO DE REFERENCIA

Localización geográfica

El Estado de México se localiza en la porción central de la República Mexicana. Está comprendido entre los 98° 35' y 100° 36' longitud O y los 18° 21' y 20° 17' latitud N. Limita al Norte con los estados de Michoacán de Ocampo, Hidalgo y Querétaro de Arteaga; al Este con Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y el Distrito Federal; al sur con Morelos y Guerrero, y al Oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo (Figura 1). Asimismo comprende dos grandes provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, ambas con el mismo origen geológico. El Eje Neovolcánico abarca la mayor parte del territorio estatal. La provincia de la Sierra Madre del Sur, se extiende hacia las sierras y depresiones de la tierra caliente, en la cuenca del Balsas, desde Ocuilán y Zacazonapan hasta Santo Tomás de los Plátanos (Sánchez, 1993). La entidad tiene una superficie de 22,499.95 Km², que representa el 1.1% de la superficie total de la República Mexicana (INEGI, 2001).

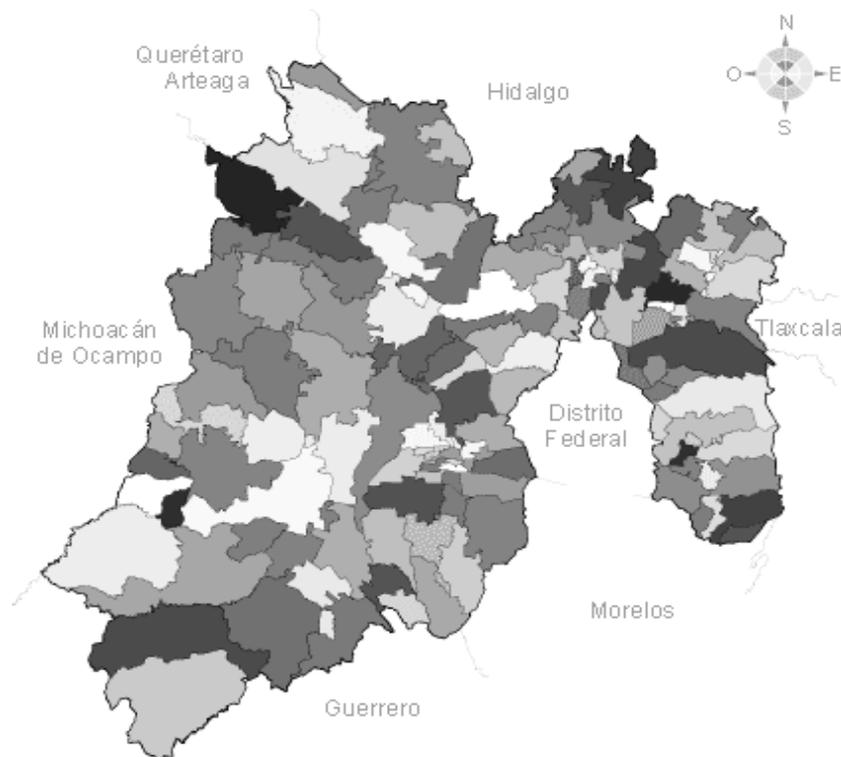


Figura 1. Localización geográfica del estado.
Fuente: INEGI, 2005.

División política

El Estado de México se originó en 1824. La división política del estado hasta 2005, incluye a 125 municipios (INEGI, 2001). La entidad esta divida en ocho regiones administrativas, que son: Toluca, Zumpango, Texcoco, Tejupilco, Atlacomulco, Coatepec Harinas, Valle de Bravo y Jilotepec (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999) (Figura 2).



Figura 2. Regiones administrativas.

Fuente: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. 2005.

Clima

La Figura 3 presenta los cuatro tipos principales de climas que hay en la entidad: el clima tropical que agrupa el tropical lluvioso y al semicálido, en el sur de la entidad. El templado que incluye al subhúmedo y al semifrío, predominante en los valles altos de Toluca y en las montañas, siendo el de mayor extensión territorial. El frío, restringido a la cumbre de las montañas más elevadas por ejemplo Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, Sierra de las Cruces y Cerro de Jocotitlán. Asimismo, el clima seco, se divide en semiseco y seco estepario, distribuido hacia toda la sección norte del estado y en su fracción oriente, en la parte plana de dicha región, lo cual favorece la salinización de los suelos (Gobierno del Estado de México, 1993).

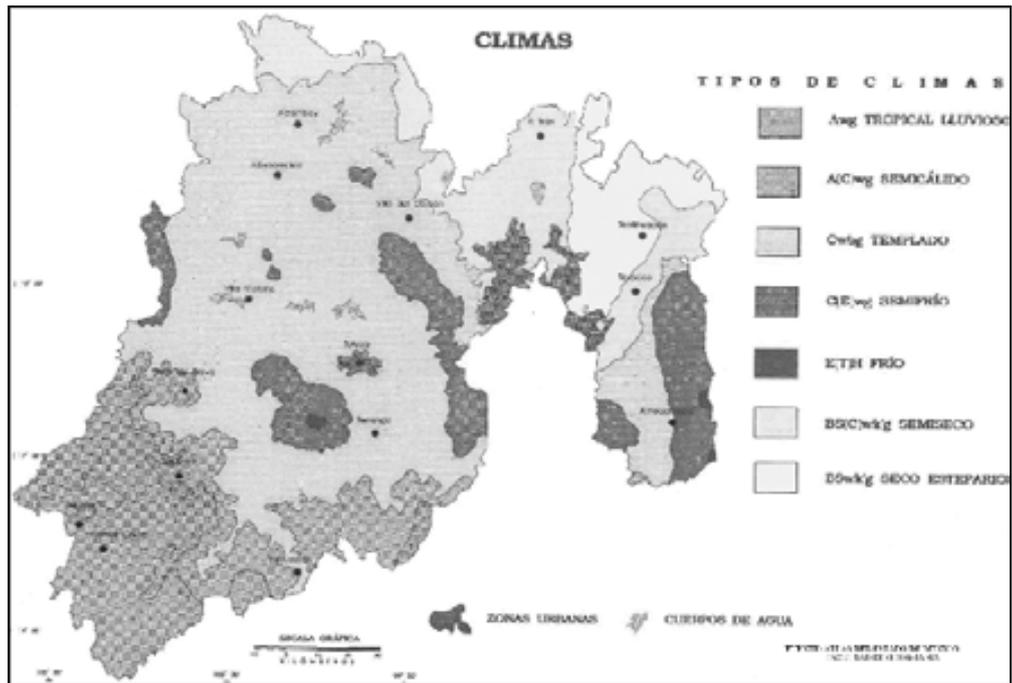


Figura. 3. Distribución de los tipos de climas.
Fuente: (a) INEGI, 2008.

Edafología

El relieve montañoso, la presencia de varios tipos de climas, la altura sobre el nivel del mar y la existencia de lagos desecados, colocan al estado en una situación geográfica compleja, que resulta en una gran variedad de condiciones ambientales; por lo anterior, los suelos de la entidad son de origen aluvial, residual y lacustre (Sánchez, 1993). La clase de textura es media en la mayoría de los tipos de suelo en el estado y la textura fina se restringe a las áreas ocupadas por vertisoles, solonchaks y acrisoles; mientras que la textura gruesa se encuentra en pequeñas áreas aisladas dominadas por regosoles y litosoles (INEGI, 2001).

Según el Gobierno del Estado de México (1993), la influencia de algunos de los factores formadores de suelo es de tal magnitud que llegan a condicionar el tipo de suelo y su grado de desarrollo; por ejemplo, sin la presencia de las cenizas volcánicas no sería posible el origen y desarrollo de andosoles; o en el caso de los acrisoles y luvisoles, su presencia está determinada básicamente por el clima y el grado de precipitación, principalmente al suroeste del estado. El tipo de relieve también ejerce una influencia decisiva para que se desarrollen suelos como los regosoles y litosoles, los cuales se derivan directamente de la roca que los subyace y ocupan las laderas y cimas de las sierras, ubicadas principalmente al suroeste y este de la entidad. Además,

habría que sumar la interacción de los diferentes procesos formadores de suelos, como son: adiciones, pérdidas o remociones, transporte, transferencia, redistribución y transformación (Pritchett, 1986). Desde el punto de vista de su fertilidad, salvo en el centro y norte del estado, así como en la mayor parte de la subprovincia Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo (situados al norte del estado), los suelos están limitados en mayor o menor grado por problemas de acidez (acrisoles, regosoles dísticos, luvisoles, etc.), salinidad (solonchaks) y retención de fósforo (andosoles). Es importante mencionar que la vocación natural de los suelos dominantes es sustentar los bosques de pino-encino, característicos de la región (INEGI, 2001).

Las limitantes químicas por la salinidad, se encuentran en los lechos de los antiguos vasos lacustres, mientras que las limitantes físicas más severas son la fase lítica (estrato rocoso a menos de 50 cm de profundidad), dórica profunda (capa cementada de suelo conocida comúnmente como tepetate, la cual está entre 50 y 90 cm de profundidad), las fases gravosa y pedregosa (presencia de fragmentos de roca menores a 7.5 cm y mayores de 7.5 cm, respectivamente), ya sea en la superficie del suelo o dentro de los primeros 30 cm de profundidad (Wagner y Lenz, 1989). Sin embargo, existen áreas donde los suelos son profundos y sin restricción alguna, ubicados principalmente al norte y centro del estado, pero de poca extensión comparados con los que presentan limitantes físicas (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). La infiltración depende básicamente del tipo de partículas que componen el suelo, entre las que destacan el limo y la arcilla; por lo que en primer lugar el grado de infiltración es moderado; en segundo lugar existe una infiltración baja en suelos con un predominio de arcillas (vertisoles), y en tercer lugar, una infiltración baja en los de textura arenosa (regosoles y fluvisoles) (Gobierno del Estado de México).

Andosoles. Suelos derivados de la intemperización de cenizas volcánicas, son muy ligeros (densidad de masa menor de 0.85), con una alta capacidad de retención de agua y fijación de fósforo, debido al alofano (mineral amorfo). Tiene una fuerte tendencia a la acidez, presentan una estratificación (Gobierno del Estado de México, 1993). Se distribuyen sobre todo en la parte central, oeste y en menor extensión al este del estado sobre sierras volcánicas, valles de laderas tendidas y algunos lomeríos del Eje Neovolcánico, generalmente se encuentran asociados a feozems, luvisoles, regosoles y litosoles, lugares donde el clima es templado y templado semifrío. La vegetación principal

que sustentan es bosque de pino-encino, pino, encino, oyamel-pino, encino-pino y algunos que son utilizados en agricultura de temporal (INEGI, 2001).

Feozems. Se caracterizan por presentar un horizonte suave, rico en materia orgánica (más de 1%) y saturación de bases mayor de 50%, por lo tanto el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado. La formación de estos suelos es generada en gran medida por el intemperismo de las rocas de origen ígneo extrusivo que son abundantes en la zona (INEGI, 2001). Es leve la susceptibilidad a la erosión en las zonas planas y moderadas en laderas con pendientes más fuertes (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). Se distribuyen principalmente al norte, noreste, centro y suroeste de la entidad, sobre llanuras de tipo rocoso o cementado, lomeríos, laderas tendidas y edificios volcánicos, donde se encuentran asociados a vertisoles, regosoles, litosoles, cambisoles y luvisoles. Se localizan en climas templados y semisecos, y la vegetación natural que sustentan está constituida por bosques de encino, encino-pino, pastizal natural e inducido y matorral crasicaule; sin embargo, en los terrenos planos y profundos gran parte de ésta ha sido removida para dar lugar a superficies con agricultura de temporal y de riego (INEGI, 2001).

Regosoles. Suelos poco desarrollados cuya formación generalmente depende de la litología, pues se derivan de la roca que les subyace (Pritchett, 1986). No presentan capas con diferencias claras y tienen un horizonte A ócrico muy claro en color y pobre en materia orgánica, el cual sobreyace directamente sobre roca o sobre un horizonte C (INEGI, 2001). Se distribuyen al suroeste del estado en mesetas, cañadas y valles de laderas tendidas de la Sierra Madre del Sur, donde se encuentran asociados a cambisoles a cambisoles, litosoles y luvisoles; y al este, en laderas de las sierras, lomeríos y edificios volcánicos aislados pertenecientes al Eje Neovolcánico, donde ocupan porciones de menor importancia. Se presentan en climas cálidos, semicálidos y templados. La vegetación que sustentan es selva baja caducifolia, pastizal inducido, bosque de pino-encino, bosque de encino y algunas áreas dedicadas a la agricultura de temporal con cultivos anuales (INEGI, 2001).

Planosoles. Son suelos con horizonte lavado que sobreyace a un estrato de lenta permeabilidad, o bien, a roca o tepetate. Característico de zonas planas o de poca pendiente, se distingue por su textura media o gruesa (predominan los limos y arenas) y su color blanco (INEGI, 2001). El material que los origina está constituido por rocas sedimentarias clásticas del Terciario y rocas ígneas extrusivas del Cuaternario, que

conforman lomeríos suaves, mesetas, llanuras de piso rocoso, valles de laderas tendidas y pequeños llanos aislados, distribuidos principalmente al norte y noroeste de la entidad en el Eje Neovolcánico, donde están asociados a feozems, vertisoles y luvisoles (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). Se presentan en un clima templado con vegetación de pastizal natural e inducido, bosque de encino, bosque de pino; además, buena parte de estos suelos está ocupada por agricultura de riego y de temporal, actividades que están condicionadas por el grado de desarrollo del horizonte E álbico y del espesor de la capa superficial, por lo que sus rendimientos son variables (INEGI, 2001). Con susceptibilidad a la erosión baja y moderada; sin embargo, hay que tomar en cuenta el proceso de lavado del horizonte E álbico, el cual con el tiempo puede quedar al descubierto, ocasionando con ello el aumento de la erosión a tal grado que más adelante pueda aflorar el tepetate o la roca (Gobierno del Estado de México, 1993).

Cambisoles. Son suelos jóvenes y poco desarrollados. En gran medida la formación de estos suelos se debe al clima, pues son característicos de zonas de transición climática (Sánchez, 1993). Tienen una susceptibilidad a la erosión moderada a alta. La profundidad limitada por un estrato rocoso a menos de 50 cm, pendientes abruptas y muy abruptas (mayores de 15%) son las limitantes físicas que presentan para su uso y manejo (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999; INEGI, 2001). Se distribuyen al sur y suroeste del estado, así como en las estribaciones del Iztaccíhuatl y en otras zonas de manera aislada. Se encuentran sobre topofomas de sierras, cañadas, lomeríos y laderas tendidas, en las que sustentan vegetación constituida por pastizal inducido, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia y algunos con agricultura de temporal (INEGI, 2001).

Vertisoles. Suelos de origen aluvial y residual, formados a partir de rocas sedimentarias clásticas y rocas ígneas extrusivas. Tienen más de 30% de arcilla expandible (montmorillonita principalmente), en todos los horizontes que se encuentran a menos de 50 cm de la superficie. Debido a esta condición, presentan agrietamiento en el período seco del año de 1 cm o más de ancho y profundidad mayor a 50 cm, o menos si la profundidad del perfil está interrumpida por un contacto lítico (Pritchett, 1986). Son duros cuando están secos, pegajosos en húmedo y con agregados estructurales en forma de cuña. El comportamiento de la textura arcillosa provoca dificultades en la labranza, sobre todo mal drenaje en época de lluvias (problemas de inundación); y en época de secas, por lo duro de los agregados estructurales y el agrietamiento (INEGI, 2001). Tienen baja susceptibilidad

a la erosión. En varios casos se encuentran limitados por tepetate a una profundidad mayor a 50 cm, aunque también existen áreas con suelos profundos. Es recomendable usar estos suelos para el cultivo de maíz y sorgo (Gobierno del Estado de México, 1993). Son de textura arcillosa y adhesividad y plasticidad fuerte. Se distribuyen en el centro, noreste y norte del estado sobre lomeríos, laderas con poca pendiente, llanuras con piso rocoso o cementado y algunos vasos lacustres, topofomas todas del Eje Neovocánico, donde están asociados a feozems, planosoles y cambisoles. El clima en estas áreas es templado, y en menor extensión, semiseco. El uso actual está constituido por agricultura de temporal con cultivos anuales, agricultura de riego y pastizales cultivados; sustentan pastizal inducido y vegetación halófila (INEGI, 2001).

Solonchaks. Suelos característicos de lugares con poca pendiente y sujetos a inundación, donde se acumula el salitre (vasos lacustres), por lo cual presentan un alto contenido de sales en algún horizonte del suelo, o bien, en todo el perfil. Otra característica es su pH alcalino (Pritchett, 1986). Se derivan de sedimentos de origen lacustre y su distribución es muy específica en la entidad, pues ocupan parte del vaso lacustre de Texcoco donde están asociados a feozems. El clima bajo el que se presentan es semiseco en su mayor parte y la vegetación que sustentan está constituida por vegetación halófila, tular y pastizales (inducidos, cultivados y halófilos) (Gobierno del Estado de México, 1993; INEGI, 2001). Las condiciones topográficas en que se encuentran, les confieren una baja susceptibilidad a la erosión; el drenaje interno que presentan va de escasamente drenado a moderadamente drenado. El porcentaje de saturación de sodio mayor a 15, por lo menos en algún horizonte dentro de los 125 cm de profundidad y la salinidad, son las limitantes más severas. Bajo estas condiciones casi no hay posibilidades de uso agrícola (Gobierno del Estado de México, 1993).

Acrisoles. Suelos característicos de zonas lluviosas en las que la infiltración del agua ha propiciado la formación de un horizonte B con acumulación de arcilla (argílico) y una saturación de bases menor de 35%, al menos en algún subhorizonte. Se distinguen por sus colores amarillentos o rojizos. Son de origen residual formados a partir del intemperismo de rocas ígneas y metamórficas (Pritchett, 1986). La susceptibilidad a la erosión varía de moderada a alta (Sánchez, 1993). Se distribuyen principalmente al suroeste del estado, sobre tierras y mesetas de la Sierra Madre del Sur donde están asociados a luvisoles, andosoles y cambisoles. Los climas en estas áreas son templados, semicálidos y cálidos; la vegetación que sustentan está constituida por bosque de pino-

encino, pastizal inducido y selva baja caducifolia (INEGI, 2001). Su uso más adecuado es el forestal, pues debido a su mínimo contenido de nutrientes y fuerte acidez (pH menor de 5.5), no son aptos para la agricultura. Además, las limitantes físicas más severas para su uso y manejo agrícola son las pendientes muy abruptas (mayores de 15%) (INEGI, 2001).

Litosoles. Suelos muy someros (menos de 10 cm de profundidad) limitados por un estrato duro y continuo o por tepetate. Su espesor esta condicionado a la pendiente, ya que ésta influye sobre la escasa acumulación de los materiales edáficos y son muy susceptibles a la erosión (INEGI, 2001). Se distribuyen de manera dispersa en las partes más altas de laderas y barrancas de la Sierra Madre del Sur, generalmente asociados a regosoles y cambisoles. Los climas en que se presentan son diversos: fríos, templados o cálidos; con vegetación constituida por pastizal inducido bosque de pino-encino y selva baja caducifolia y su uso es forestal (INEGI, 2001). Además de la limitante muy restrictiva para su uso y manejo que representa la profundidad, también están las pendientes donde se encuentran (mayores de 15%), así como la pedregosidad y los afloramientos rocosos superficiales (INEGI, 2001).

Rendzinas. Son ricos en materia orgánica, de color pardo oscuro o gris y con una alta disponibilidad de nutrientes, descansan sobre roca con altos contenidos de carbonato de calcio. La formación de estos suelos es de origen residual a partir de roca caliza o caliza-lutita (Pritchett, 1986). Muestran alta susceptibilidad a la erosión (Gobierno del Estado de México, 1993). Se distribuyen al este de Zumpahuacán (sur del estado), en valles de laderas tendidas y mesetas de la Sierra Madre del Sur, generalmente asociados a litosoles, feozems y vertisoles. La vegetación que sustentan esta constituida por selva baja caducifolia, bosque de encino-pino y pastizal inducido (INEGI, 2001). Las limitantes físicas por profundidad somera y pendientes abruptas, hacen muy restrictivo su uso para asuntos agrícolas, por lo que su uso más adecuado es forestal (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Luvisoles. Suelos ricos en acumulación de arcilla, característicos de zonas muy lluviosas. Son muy parecidos a los acrisoles, de los cuales se diferencian por el porcentaje de saturación de bases mayor de 35%. La formación de estos suelos se debe a las condiciones de alta humedad existentes en la zona y al material parental, por lo que su origen es generalmente residual. (Gobierno del Estado de México, 1993). Se distribuyen en pequeñas porciones al sur y suroeste de la entidad, sobre sierras y

cañadas de la Sierra Madre del Sur, donde el material parental está constituido básicamente por rocas de origen ígneo extrusivo. Están asociados a cambisoles, regosoles y feozems, en áreas con climas cálidos y templados, con vegetación de bosque de pino-encino, selva baja caducifolia y pastiza inducido (INEGI, 2001). Las limitantes para su uso y manejo son las pendientes muy abruptas (mayores de 15%) y la presencia de un estrato rocoso a menos de 50 cm de profundidad. La susceptibilidad a la erosión va de moderada a muy alta, por lo que se recomiendan para uso forestal y vida silvestre (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Fluvisoles. La formación de estos suelos se debe al acarreo de materiales por los escurrimientos desde las partes altas de las sierras y que son depositados en las laderas, o bien, por el arrastre y depositación de materiales ocasionado por los ríos (Gobierno del Estado de México, 1993; Sánchez, 1993). Están constituidos por materiales dispersos, sin una estructura definida (suelos), son suelos poco desarrollados. En la mayoría de los casos, presentan capas alternadas de arena, arcilla o grava, que son producto del acarreo de dichos materiales. Tienen un horizonte superficial pobre en materia orgánica y son de textura gruesa, por lo que muestran una baja retención de nutrientes (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Histosoles. La formación de estos suelos es básicamente de origen lacustre, y presentan uno o varios horizontes ricos en materia orgánica. Son Característicos de zonas donde se acumula el agua y gran cantidad de desechos de plantas (hojarasca, fibras, madera y humus) que tardan mucho en descomponerse (zonas pantanosas o lechos de antiguos lagos) y generalmente acumulan salitre (Pritchett, 1986; Gobierno del Estado de México, 1993). Determinar la textura de estos suelos es difícil, debido a que están compuestos más de materia orgánica que mineral; además, por la formación de los complejos órgano-minerales es muy difícil de reportar (INEGI, 2001). Se localizan al sureste de la ciudad de Toluca, en las topofomas de vasos lacustres del Eje Neovolcánico, asociados a Gleysol y Vertisol, donde sustentan tular y pastizal (INEGI, 2001). Las limitantes para su uso y manejo son la inundación y el contenido de sales. En este tipo de suelos se pueden obtener excelentes rendimientos con cultivos de hortalizas, dependiendo del grado de influencia de las limitantes antes mencionadas (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Gleysoles. Suelos profundos, característicos de vasos lacustres y pequeñas depresiones de extensas llanuras. Su formación se debe a que en alguna estación del año se saturan

de agua las capas internas del suelo; o la superficie del suelo llega a estar cubierta por agua. Se distinguen por tener una o varias capas con colores grises, azulosos o verdosos, que al secarse al aire se manchan de rojo. Su uso más adecuado es el de sustentar a la vegetación natural, ya que pocos cultivos toleran la salinidad que se presenta en ellos (Gobierno del Estado de México, 1993). Los materiales parentales de estos suelos son sedimentos de origen lacustre, que ocupan el lago de Zumpango y una pequeña área al suroeste de la población de Chalco, donde se encuentran asociados a solonchaks e histosoles. No son susceptibles a la erosión (INEGI, 2001). Prevalecen en clima templado. Las limitantes más severas para su uso y manejo son la inundación y el contenido de sales y sodio, sin embargo, su uso actual es la agricultura de riego y temporal (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Geología

Según INEGI (1999) los tres tipos generales de rocas que se presentan en el estado, son: ígneas, metamórficas y sedimentarias. De acuerdo con su edad, las rocas más antiguas son las de la era Paleozoica y corresponden a filitas y esquistos ubicados al sur del estado, en la cuenca del Balsas, en menos del 5% de la superficie estatal. Las rocas correspondientes al Mesozoico son las andesitas metamorfizadas y calizas, con lutitas y areniscas, cuyos representantes se ubican también entremezcladas con las anteriores, en la parte sur de la entidad, con 10% de la superficie territorial. Las rocas de la era Cenozoica son las que ocupan alrededor del 85% de la superficie estatal, subdividida en 30% para las rocas volcánicas del periodo terciario y 55% para las del periodo cuaternario. Todos los tipos de roca generan importantes recursos minerales para la explotación minera y materiales de construcción (Figura 4).

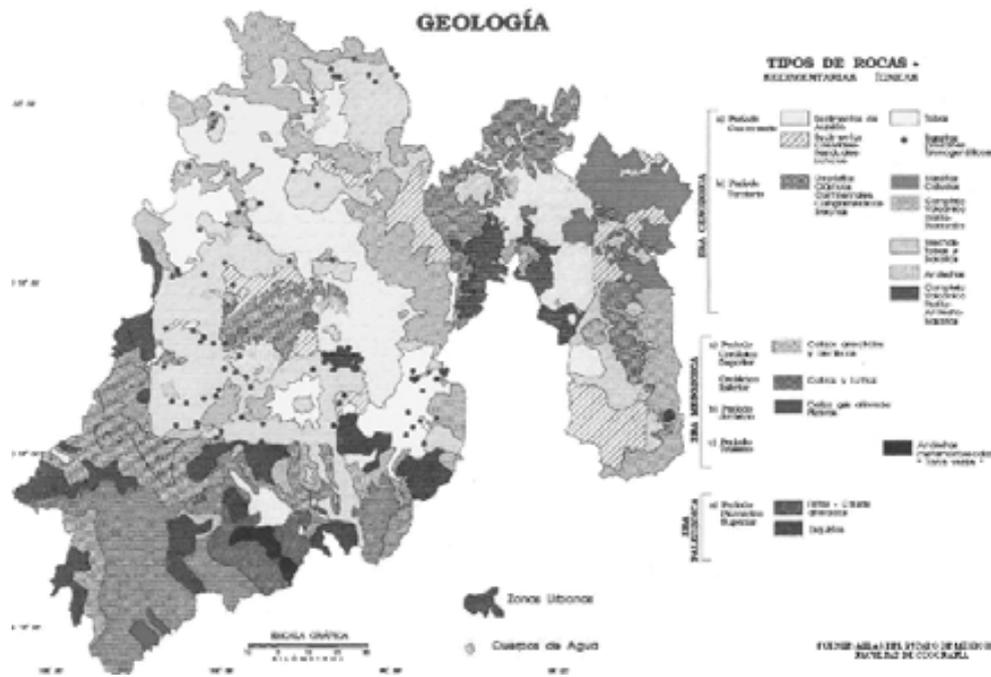


Figura. 4. Distribución de los tipos de rocas.
Fuente: (b) INEGI. 2008.

Las principales elevaciones montañosas que se encuentran en la entidad se muestran en el Cuadro 1, siendo las de mayor altura el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Nevado de Toluca, mientras que las de menor tamaño son Cerro Gordo, Cerro Las Ánimas y Cerro Yeguashi (Gobierno del Estado de México, 1993).

Cuadro 1. Principales elevaciones.

Nombre	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud msnm
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Volcán Popocatepetl	19	01	98	37	5,500
Volcán Iztaccíhuatl	19	11	98	38	5,220
Nevado de Toluca (Volcán Xinantécatl)	19	06	99	46	4,680
Cerro Telapón	19	22	98	43	4,060
Cerro Atlamasha	19	07	98	40	3,980
Cerro Jocotitlán	19	44	99	45	3,910
El Mirador (Cerro Tláloc)	19	25	98	42	3,880
Cerro La Corona	19	07	99	21	3,780
Cerro La Catedral	19	33	99	31	3,770
Cerro La Calera	19	11	99	49	3,740
Cerro Las Palomas	19	33	99	30	3,720
Cerro Las Navajas	19	32	99	30	3,710
Cerro Cervantes	19	30	99	29	3,660
Cerro El Gavilán	19	15	99	21	3,650
Cerro El Picacho	19	34	100	13	3,640
Cerro Pelón	19	23	100	16	3,500

Cerro La Guadalupana	19	32	99	53	3,370
Cerro La Peña Ñadó	20	04	99	56	3,320
Cerro Yeguashi	19	56	99	58	3,080
Cerro Las Ánimas	19	47	99	31	3,060
Cerro Gordo	19	45	98	50	3,060

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Nevado de Toluca. Tiene una altura de 4,680 m. Asentado en el centro del estado, el Xinantécatl, palabra náhuatl que significa "Hombre desnudo", es un volcán extinto formado por una serie de erupciones y derrames sucesivos de lava iniciados hace 30,000 años. El Xinantécatl origina un complejo sistema montañoso que se extiende por el centro y sur del estado (Sánchez, 1993).

Popocatepetl. El volcán Popocatepetl de 5,500 m es la segunda cumbre más elevada del país y el de formación más reciente en la Sierra Nevada que sigue activo. Su cráter tiene 650 m de diámetro, 150 m de profundidad y mantiene algunas fumarolas. Tanto el Popocatepetl como el Iztaccíhuatl, dominan la geografía de la parte oriente del estado (Sánchez, 1993).

Iztaccíhuatl. Es un volcán extinto con una altura de 5,220 m, que presenta tres elevaciones, alineadas de norte a sur (Sánchez, 1993).

Hidrología

El Valle de México es una de las áreas con mayor deterioro ecológico en el país, además presenta una degradación en el recurso hídrico subterráneo por infiltración de aguas superficiales contaminadas; entre esas últimas, que son las más contaminadas del país, está el río Lerma, que tiene su origen en el Estado de México (Gobierno del Estado de México, 1993). El estado está comprendido en tres regiones hidrológicas: Lerma-Santiago, que ocupa 27.3% de la superficie estatal; Balsas con 37.2% y Pánuco con 35.5% (INEGI, 2001) (Figura 5).



Figura. 5. Regiones hidrológicas.
Fuente: (c) INEGI, 2008.

Hidrología superficial. Las principales corrientes superficiales que conforman a la entidad son de carácter perenne, distribuyéndose al sursuroeste, centro y noroeste, algunas son de corto recorrido y otras, son de mayor longitud y con pendiente moderada, propicia para que los escurrimientos continúen su recorrido hasta desembocar en el Océano Pacífico y Golfo de México (INEGI, 2001).

Hidrología subterránea. La problemática de la entidad en los municipios conurbados es prácticamente la misma que hay en el Distrito Federal en cuanto al abastecimiento de agua; es así, que en las zonas de explotación Valle de Toluca, Santa María Canchesdá, Temascalcingo, Tenancingo y parte oriente-norte de la zona Valle de México, sustentan el desarrollo y social de la entidad, comprendiendo una superficie de 23.20% del total de área estatal (Gobierno del Estado de México, 1993). La mayoría de los depósitos de agua subterránea en el estado poseen un comportamiento geohidrológico de tipo libre, aunque existen, en menor medida, depósitos de tipo confinado y semiconfinado, extrayéndose agua

que va de dulce a tolerable, excepto en algunas zonas como la de Texcoco donde la calidad del agua es salada (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Vegetación

El estado presenta en general un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano y escasas lluvias invernales, con poca oscilación térmica; en la parte suroeste prevalece el subhúmedo y en el noreste el templado semiseco. Lo anterior sumado a las condiciones fisiográficas da lugar a la formación de diferentes tipos de vegetación. Se consideran como principales los bosques de: *Abies*, *Pinus*, *Pinus-Quercus* y mesófilo de montaña, la selva baja caducifolia, el matorral crasicaule y el matorral de encino, mezquital, zacatal, pastizal, el tular y el carrizal (Subsecretaría Forestal y de la Fauna, 1974; INEGI, 2001). Los bosques templados de la entidad están ubicados en altitudes de 2,350 a 4,000 m, son comunidades compuestas en su mayoría por diferentes especies del género *Pinus*. En algunas regiones se mezclan con táscates o *Juniperus*. Los bosques templados forman una red que se extiende hacia todos los confines del estado, penetrando incluso hasta las zonas áridas y tropicales (Sánchez *et al.*, 2003). Los matorrales áridos xerófilos son comunidades de clima templado seco y prosperan en las planicies, lomeríos y serranías del norte, noreste y noroeste, en sitios como Acambay, Otumba, Axapusco, Huehuetoca, Zumpango, Teotihuacán, Sierra de Guadalupe y Cerro Gordo, desde altitudes de 2,400 a 3,100 msnm, en suelos poco desarrollados, pedregosos o tepetatosos. La escasez de agua, los fuertes vientos, el frío intenso de las noches y la severa insolación durante el día, son algunas de las condiciones climáticas donde prosperan los matorrales. Son comunidades diversas en las que predominan los arbustos y se presentan árboles dispersos. Hay una gran variedad de cactáceas, como los nopales, que son las plantas dominantes, En algunos lugares los pastos, arbustos, diferentes formas de magueyes y encinos enanos son las plantas dominantes (Gobierno del Estado de México, 1993).

Descripción de los tipos de vegetación

Bosque de oyamel. Formado por *Abies religiosa* (oyamel), en altitudes que varían entre 2560 y 3600 m, sobre suelos profundos en climas fríos, ligeramente húmedos. En las sierras elevadas cubre masas puras, sus límites altitudinales extremos donde se hallan representadas por escaso número de individuos, también se han podido observar en forma insular integrando pequeños bosquillos al centro de extensos bosques de *Pinus hartwegii*. Las

zonas con mayor incidencia se localizan en: Sierra Nevada, Sierra de las Cruces, y Nevado de Toluca (INEGI, 2001).

Bosque de pino. Se incluyen comunidades dominadas por diferentes especies del género *Pinus*, dispuestas sobre las principales elevaciones; los macizos más representativos se localizan en la Sierra Nevada y Nevado de Toluca, a altitudes que van de los 2600 a los 2800 m, donde forman asociaciones caracterizadas por *Pinus montezumae* y *P. rudis*, incluyéndose en forma esporádica géneros *Quercus*, *Alnus*, *Arbustus* y *Clethra*, en altitudes cercanas a los 3000 m, donde existen suelos húmedos, profundos y bien drenados, este bosque se va sustituyendo paulatinamente por bosques de *Abies religiosa*; reapareciendo nuevamente por encima de la cota de los 3000 m, formando comunidades densas de *P. hartwegii* que van desapareciendo a medida que se acercan a los 4000 msnm, encontrándose aquí el límite de la vegetación arbórea (INEGI, 2001).

Bosque de pino-encino. Este tipo de vegetación comprende las mezclas de pino-encino con sus numerosas variantes, siendo difícil separar los componentes, debido a la heterogeneidad que presentan. Existen diferentes grados de asociación y de dominancia alternante entre pino y encino; por lo general el pinar impera a medida que la altitud aumenta y es común observar masas más o menos puras en sus límites extremos; así mismo el encinar domina comúnmente en zonas de menor altitud. Las especies más frecuentemente son: *Pinus oocarpa*, *P. douglasiana*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. michoacana*, *Quercus crassifolia*, *Q. lauriana*, *Q. crassipes*, *Q. conglomerata* y *Q. texcocana* (INEGI, 2001).

Bosque mesófilo de montaña. Esta clase de vegetación existe en montañas del Valle de México, confinándose a laderas y cañones de los declives inferiores del Iztaccíhuatl y en algunas partes de la Sierra de las Cruces. Se sitúan entre 2500 y 2800 msnm de altitud con una precipitación media anual que oscila entre 1000 y 1200 mm, se trata de un bosque perennifolio denso de 10 a 25 m de alto con abundantes trepadoras leñosas, siendo las especies más sobresalientes: *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Ilex toluicana*, *Meliosma dentata*, *Oreopanax xalapensis*, *Prunus brachybotrya* y *Quercus laurina*. Se distribuye en forma esparcida en medio de los bosques de pino-encino y de oyamel (INEGI, 2001).

Selva baja caducifolia. Cubre la región suroeste del estado, confinada a la cuenca del río Balsas. Se presenta en zonas con temperaturas anuales promedio superiores a 20° C con precipitación menor a 800 mm, en donde la época de secas dura hasta ocho meses. Dentro de las especies de mayor caracterización, están: *Bursera* spp. (cuajjotes) y *Pseudomodungium*

perniciosum (cuajote blanco), esporádicamente pueden observarse *Lysiloma divaricata*, *L. acapulcensis* y *Acacia coulteri* (INEGI, 2001).

Matorral crasicaule. Lo integran cactáceas, presentes en climas subtemplados áridos; dentro de las diferentes comunidades de cactáceas que se forman, existe la dominancia de *Opuntia* y *Myrtillocactus*. A este matorral se agregan a menudo palmas de *Yucca filifera* y *Y. decipiens*. Algunas de las especies que alcanzan mayor representación son: *Opuntia ficus-indica* (nopal de castilla); *O. hyptacantha* (tuna chaveta, nopal cadillo); *O. imbricata* (cardón); *Xoconostli* (coyonoztle); *O. lasiacantha* (nopal). Las principales áreas de distribución están en los municipios de Apaxco, Hueyoxtla y Tequisquiac; Tlalnepantla y Tultitlán (INEGI, 2001).

Mezquital. El mezquital cubre una pequeña área restringida al noroeste de la entidad, la zona considerada queda comprendida dentro de la región hidalguense que abarca Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México y norte de Puebla. Domina la especie *Prosopis juliflora* (mezquite), formando asociaciones con *Flourensia cernua*, *F. resinosa*, *Celtis pallida*, *Karwinskia humboltiana*, *Acacia tortuosa*, *Opuntia* spp., *Mimosa biuncifera*, *M. depauperata* y *Jatropha dioica*, entre otras (INEGI, 2001).

Pastizal. Los pastizales ocupan buena parte de la entidad, formando vegetación primaria o vegetación inducida en los bosques de pino y encino, debida a perturbaciones humanas. Se les localiza en zonas templadas frías de poca humedad, en las partes bajas de las serranías, siendo los principales componentes: *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Sporobolus*, *Eragrostis*, *Lycurus*, *Hilaria* y *Aristida*, situados en altitudes de más de 2500 msnm. Para las proximidades de Jilotepec, *Aegopogon cenchroides*, *Agrostis schaffneri*, *Andropogon gerardi*, *Aristida divaricata* y *Bouteloua chondrosioides*. En los alrededores de Valle de Bravo, los pastos existentes más comunes comprenden: *Trachypogon montufari*, *Sorgum halapense*, *Setaria geniculata*, *Pennicetum setosum* y *Paspalum squamulatum* (INEGI, 2001).

Zacatal. Se encuentra constituido por gramíneas altas. Su área más extensa se localiza en las partes frías de mayor altura en las regiones alpinas del Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca. En el Nevado de Toluca, las especies son: *Trisctum spicatum*, *Stipa ichu*, *S. mexicana*, *S. mucronata*, *Poa anua*, *Piptocheatium fimbriatum* y *Muhlenbergia ramulo* (INEGI, 2001).

Tular y carrizal. Esta formado por herbáceas arraigadas en el fondo de terrenos con aguas poco profundas, los componentes principales son: *Trypha* spp. (tule) y *Phragmites* sp. (carrizo). Dentro de la vegetación acuática del lago de Texcoco, caben señalarse: *Aganipea bellidiflora*, *Cyperus borgiaedi*, *Eleocharis dombeyana*, *Juncos balticus*, *Polygonum* spp., *Scirpus lacustris*, *S. pungens* y *Typha latifolia*, entre otras. La vegetación terrestre la conforman principalmente: *Distichlis spicata*, *Juncos belticus*, *Atriplex muricata*, *Sporobolus arbutus* y *Hordeum jubatum*. Todas aparecen simultáneamente a la presencia de tulares y carrizales (INEGI, 2001).

Principales asociaciones vegetales

Oyamel-pino. Existen diferentes grados de asociación de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*. Se presenta en la transición del límite altitudinal máximo del bosque de oyamel con el límite inferior del bosque de *Pinus hartwegii*. La asociación más característica se puede observar en el camino hacia Paso de Cortés, después de pasar el bosque de *Abies*; también es representativa en el Nevado de Toluca a los 3600 msnm (Gobierno del Estado de México, 1993).

La asociación de *Abies religiosa* con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus rudis*, *Pinus teocote* se encuentra en la zona altitudinal media del bosque de oyamel, no siempre aparece con las especies indicadas. Los municipios donde se observa son: Villa de Allende y Xonacatlán; coincidiendo la mayoría de las veces con la exposición norte de los cerros y laderas protegidas; también surge en el Nevado de Toluca a 3250 m, en el Iztaccíhuatl, en el Popocatepetl y en Zoquiapan (Gobierno del Estado de México, 1993; INEGI, 2001).

La agrupación de las especies: *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *Pinus michoacana*, *Pinus leiophylla*; se establece en el límite altitudinal inferior del bosque de oyamel. Las combinaciones de *Abies* con *Pinus montezumae* y *P. michoacana* son más comunes que con *Pinus leiophylla* debido a la altitud en que normalmente habita esta clase de pino, ya que difícilmente se le puede encontrar a 2800 msnm; en el Nevado de Toluca, cubre extensiones de considerable tamaño; en Mexicalcingo, la asociación de oyamel es común particularmente con *Pinus leiophylla*, en laderas húmedas con exposición norte sobre suelos profundos. En los bosques que se extienden entre Villa Victoria y Zitácuaro dentro del Estado de México, es frecuente encontrar: *Abies religiosa* y *Pinus teocote* (Gobierno del Estado de México, 1993; INEGI, 2001).

Oyamel-encino. Se puede observar en el camino a Jiquipilco, cerca de Ixtlahuaca, donde *Abies religiosa* forma un bosque mixto, principalmente con *Quercus sagata*, *Q. hartwegii*, *Q. atriglans* y *Q. pulchella* (Gobierno del Estado de México, 1993).

Pino-encino. Los pinares y encinares puros rara vez se presentan como tales, lo normal es encontrar comunidades con diferentes grados de mezcla de *Pinus*, *Quercus*, *Arbustus*, *Arctostaphylos*, *Agnus*, *Clethra* y *Cupressus*, según las condiciones de hábitat prevalecientes. Las especies dominantes son el pino y el encino, siendo componentes secundarias las demás especies (Gobierno del Estado de México, 1993).

Comunidades con dominancia de pino. Se presenta entre Toluca y Sultepec un bosque abierto de *Pinus douglasiana*. En los alrededores de Sultepec y en suelos arenosos y poco profundos, formados básicamente por rocas volcánicas, se observa un bosque de *Pinus pseudostrobus* y *P. leiophylla* mezclado con encinares bajos, agregándose algunos *Juniperus* con presencia de *Pinus leiophylla*, *P. oocarpa* y *P. michoacana* (Gobierno del Estado de México, 1993). En el oeste de Luvianos, el pinar está formado por *Pinus teocote* y *P. lawsoni* con encinos entremezclados. En la parte alta y más húmeda de los cerros aledaños a Tejupilco, se encuentra *Pinus teocote* sobre suelos arcillosos rojizos. En el noreste de Temazcaltepec se localiza un bosque de *Pinus oocarpa* sobre suelos rojos y origen ígneo, configurando un bosque mixto en las partes bajas y masas puras a través de Cieneguillas, La Estancia y La Comunidad, donde el *Pinus oocarpa* es sustituido por el *Pinus pseudostrobus* a una altura de 2500 msnm. (Gobierno del Estado de México, 1993). En los alrededores de la presa Villa Victoria se localizan pinares de hasta 30 m de alto constituidos por *Pinus teocote*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, con manchones de *Cupressus lindleyi*. Al oeste de Villa Victoria se presentan bosques de *Pinus montezumae* y *P. teocote*, que se sustituyen por *Pinus montezumae*, el estrato arbustivo está formado por *Baccharis*, no existe estrato herbáceo, y se mezclan *Pinus teocote*, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* en las cercanías de San José. En Amanalco de Becerra se observa *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis*, *P. leiophylla*, *Arbutus xalapaensis* y *Arctostaphylos arbuta* (Gobierno del Estado de México, 1993). Al sureste de Tenango de Arista a una altura de 2600msnm, hay bosque de *Pinus leiophylla* y *P. rudis*, formando en conjunto una masa abierta con presencia esporádica de *Alnus arguta*. En el estrato herbáceo los componentes más representativos son: *Sporobolus* y *Lupinus elegans*. Esta vegetación se mezcla con encinares en los alrededores de Tenancingo (Gobierno del Estado de México, 1993).

Comunidades con dominancia de encino. Aparece en el sueste de Sultepec, con *Quercus crassifolia*, en codominancia con el pinar, continuándose esta vegetación hasta la desviación a Sultepequito, donde el encinar establece masas puras, mezclándose en los alrededores con extensas zonas de cultivo. En Tejupilco, el encinar se encuentra formando una masa abierta y baja, con una altura aproximadamente de 10 m. El suelo esta desprovisto de cubierta herbácea y manifiesta una fuerte erosión, ocasionada por el viento y el agua (Gobierno del Estado de México, 1993). Al norte de Villa de Allende, se localiza *Quercus* spp.; en el camino Salitre-Valle de Bravo hay un bosque mixto de pino-encino, con algunos *Arbutus* y *Buddleia*. En Valle de Bravo a una altura de 2000 msnm se observa un encinar bajo con *Agnus arguta* y *Eysenhardtia polystachya*, en sustitución de una vegetación primaria de pinar. En la Cuadrilla (municipio de Valle de Bravo) las laderas y partes altas de los cerros están cubiertas por encino (Gobierno del Estado de México, 1993). En Temascaltepec se observa encino de hoja ancha y corácea, mezclado con leguminosas arbustivas de dosel ancho. En el Cerro de Ñado, en cañadas protegidas y húmedas, se encuentran encinares con escasos pinos, mezclándose con matorral bajo de *Arctostaphylos pungens* y *Arbutus*, ocupando un área considerable (Gobierno del Estado de México, 1993). En Cahuacán se presenta bosque de *Quercus texcocana*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. candicans*, *Q. lanceolata*, *Agnus pringlei* y *Buddleia* sp.; siendo sustituido por el pinar, conforme se avanza a Villa del Carbón, ocasionalmente se introduce *Quercus sartorio* y *Quercus* sp (Gobierno del Estado de México, 1993).

Chaparrales. Forman asociaciones densas y casi puras de *Quercus microphylla*, ocupando superficies importantes en Cerro Gordo, Sierra de Alcaparrosa y Monte Bajo. En general sigue la distribución del encinar del pinar, a los que puede sustituir por efectos de incendios repetidos. Su presencia se localiza entre los 2,400 y 3,100 msnm (Gobierno del Estado de México, 1993).

Encino-aile. Esta asociación es común en los bosques donde domina el encinar, se caracteriza porque sus componentes presentan formas de poca altura, teniendo como altura promedio 6 m. Los elementos que la constituyen en Acambay son: *Quercus mexicana*, *Q. rugosa* y *Agnus arguta*. Ocurre sobre suelos someros con fuerte erosión como consecuencia de la escasa cubierta herbácea protectora (Gobierno del Estado de México, 1993).

Encino-táscate. Se localiza en lugares de clima templado o frío en terrenos secos, sobre suelos profundos y al pie de las serranías. *Juniperus flaccida* se distribuye cerca de Coatepec, Sultepec, Montes de Pozas, entre Tenango y Tenancingo y alrededores de

Ixtapan de la Sal. *Juniperus deppeana*, se encuentra principalmente en el Cerro del Telapón. Estas especies generalmente se asocian con encinares sobre suelos con intensa erosión (Gobierno del Estado de México, 1993).

Historia

Los primeros pobladores del estado se remontan hacia unos 20,000 años de antigüedad. Los principales asentamientos prehispánicos fueron Teotihuacan, Teotenango, Calixtlahuaca y Malinalco, llegando a ser verdaderos centros urbanos (Gobierno del Estado de México, 1993). El Estado de México fue fundado el 2 de marzo de 1824. A lo largo del siglo XIX la creación de nuevas entidades y su incorporación a la Federación, motivaron que el territorio original estuviera expuesto a segregaciones, tales como las que formaron los actuales estados de Guerrero, Morelos e Hidalgo, hasta finalizar con la del año de 1917, cuando el estado aportó parte de su territorio al Distrito Federal y se redujo a su superficie actual. La ciudad de Toluca se convirtió en la sede de los poderes del estado el 5 de julio de 1830 (INEGI, 2001).

Población

La entidad es la más poblada del país; contando con 13 083 359 habitantes, siendo Ecatepec el municipio más habitada con 1 620 303 habitantes y el municipio con menos población es Papalotla con 3 469 habitantes (INEGI, 2001). La sobreexplotación se explica por dos fenómenos demográficos: una elevada tasa de crecimiento anual (2.54% para 1996) y la migración, siendo la entidad el territorio con mayor índice de migración. Las características físicas propias del territorio han contribuido a que la población se asiente en los valles, formando así en menos de dos décadas, las zonas metropolitanas de los valles de Toluca y Cuautitlán-Texcoco. En la actualidad el 85.6% de la población es urbana y los municipios más poblados son: Ecatepec, Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz y Toluca. Situación que genera cada vez más demanda de mejores satisfactores y servicios que se traducen en un uso excesivo de recursos naturales (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). Las poblaciones más importantes del estado son: Toluca de Lerdo, Ecatepec de Morelos, Ciudad Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla, Ciudad Adolfo López Mateos, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán de Mariano Escobedo, Coacalco de Berriozábal, Los Reyes Acaquilpan, Metepec, Chalco de Díaz Covarrubias y Lerma de Villada (Gobierno del Estado de México, 1993).

Aspectos socio-económicos

Del total de la superficie estatal, el 38.1% es agrícola, el 34.9 % forestal, 16.7 % pecuario y el 10.3 % industrial y urbano. El estado, dentro del contexto nacional, aporta 5.5% del volumen total de la producción agrícola del país; así mismo, produce 12.48% del maíz en grano y contribuye con volúmenes considerables de papa, zanahoria, chícharo y aguacate (INEGI, 2001).

Agricultura y Ganadería. Los principales productos agrícolas de la entidad son: maíz, chícharo verde, frijol, papa, alfalfa, trigo, aguacate, guayaba, manzana y perón. Las principales especies de ganado son: bovino, porcino, ovino y, en menores proporciones, ganado caprino, caballo y mular (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). Según INEGI (2001), el 47.43% de la entidad esta destinado a la agricultura; los principales cultivos son de: *Zea mays* (maíz); *Phaseolous vulgaris* (frijol); *Hordeum sativum* (cebada); *Avena sativum* (avena) y *Solanum tuberosum* (papa), 14.47% es de pastizal; con especies para forraje, 27.81% pertenece a bosques con: *Abies religiosa* (oyamel), *Pinus montezumae* (ocote blanco), *Pinus teocote* (pino chino), *Quercus rugosa* (encino quebracho), *Quercus laurina* (encino laurelillo); todas estas de importancia comercial e industrial. En cuanto a selva, 2.56%; los usos que se les dan a sus especies son variados, entre ellos ornamental, medicinal, forraje, etc. 0.90% de la superficie de la entidad pertenece a matorral; los usos que se les da a las especies son: comestible, medicinal, leña, artesanal, principalmente. 3.72% pertenece a otros usos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Agricultura y vegetación.

Concepto	Nombre científico	Nombre local	Utilidad
Agricultura			
47.43 % de la superficie estatal	<i>Zea mays</i>	Maíz	Comestible
	<i>Phaseolous vulgaris</i>	Frijol	Comestible
	<i>Hordeum sativum</i>	Cebada	Comestible
	<i>Avena sativa</i>	Avena	Comestible, Forraje
	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	Comestible
Pastizal			
14.47 % de la superficie estatal	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita	Forraje
	<i>Aristida divaricata</i>	Zacate	Forraje
	<i>Buchloe dactyloides</i>	Zacate chino	Forraje

	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Zacatón	Forraje
Bosque 27.81 % de la superficie estatal	<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	Comercial, Industrial
	<i>Pinus montezumae</i>	Ocote blanco	Comercial, Industrial
	<i>Pinus teocote</i>	Pino chino	Comercial, Industrial
	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quebracho	Comercial, Industrial
	<i>Quercus laurina</i>	Encino laurelillo	Comercial, Industrial
Selva 5.67 % de la superficie estatal	<i>Acacia cymbispina</i>	Huizache	Forraje, Doméstico
	<i>Ipomoea wolcottiana</i>	Cazahuate	Ornamental, Medicinal
	<i>Bursera copallifera</i>	Copal	Medicinal, Comercial
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Vara dulce	Forraje, Medicinal
	<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Palo brasil	Artesanal, Industrial
Matorral 0.90 % de la superficie estatal	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal	Comestible, Comercial
	<i>Mimosa biuncifera</i>	Uña de gato	Medicinal, Leña
	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	Medicinal
	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Medicinal, Artesanal
	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal	Comestible
Otro 3.72 % de la superficie estatal			

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

El oriente del estado tiene capacidad agrícola, para cultivo de calabaza, chile, ejote, frijol, jitomate, sorgo y soya, entre otros; en el aspecto pecuario es factible la crianza de bovinos de carne y leche, caprinos y ovinos; por lo que respecta al uso forestal es posible la explotación industrial de recursos maderables y no maderables, así como, para uso doméstico (Gobierno del Estado de México, 1993). El norte es útil para el cultivo de aguacate, ajo, berenjena, brócoli, calabacita, cebada, chícharo, durazno, pera, pata de gallo, higo, jitomate y avena entre otros; en el aspecto pecuario es factible producir mediante pastoreo extensivo a ganado caprino, bovino de carne y bovino de

leche de diferentes razas; en el aspecto forestal sería posible en algunos casos lograr la explotación forestal industrial, comercial y para uso doméstico. El área ocupada por la Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac (comprende los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Nevado de Toluca) existe posibilidad agrícola de temporal y riego para el cultivo de ajo, alcachofa, apio, cebada, centeno, garbanzo, ejote y perejil entre otros; por lo que respecta a lo pecuario sería viable producir bovinos, caprinos y ovinos; en cuanto a lo forestal sería posible aprovechar los recursos para explotación industrial, comercial y doméstica (Gobierno del Estado de México, 1993).

La porción sur, tiene aptitud agrícola, para cultivo de sorgo, cebada, avena, soya, camote, chile y sandía entre otros; en el aspecto pecuario es posible la crianza de ovinos, bovinos y caprinos; en cuanto a los recursos forestales, resultaría factible la explotación industrial y para consumo doméstico (Gobierno del Estado de México, 1993).

La parte ocupada por la Subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses (comprende a los municipios de la parte sur del estado: Tonatico y Zumpahuacán, además parte de los municipios de: Coatepec Harinas, Malinalco, Ocuilan, Tenancingo, Villa Guerrero, Zacualpan, Almoloya de Alquisiras e Ixtapan de la Sal) existe viabilidad agrícola para el cultivo de apio, cártamo, ciruelo, garbanzo, girasol, durazno, manzana, chabacano y avena entre otros; sería viable criar ganado, así como aprovechar los recursos maderables para consumo doméstico y explotación industrial (Gobierno del Estado de México, 1993). El mayor potencial es para la agricultura mecanizada continua, que abarca el 37.14% de la superficie estatal; siguiendo en orden la agricultura manual continua, con el 33.81% del territorio estatal (INEGI, 2001) (Figura 6).

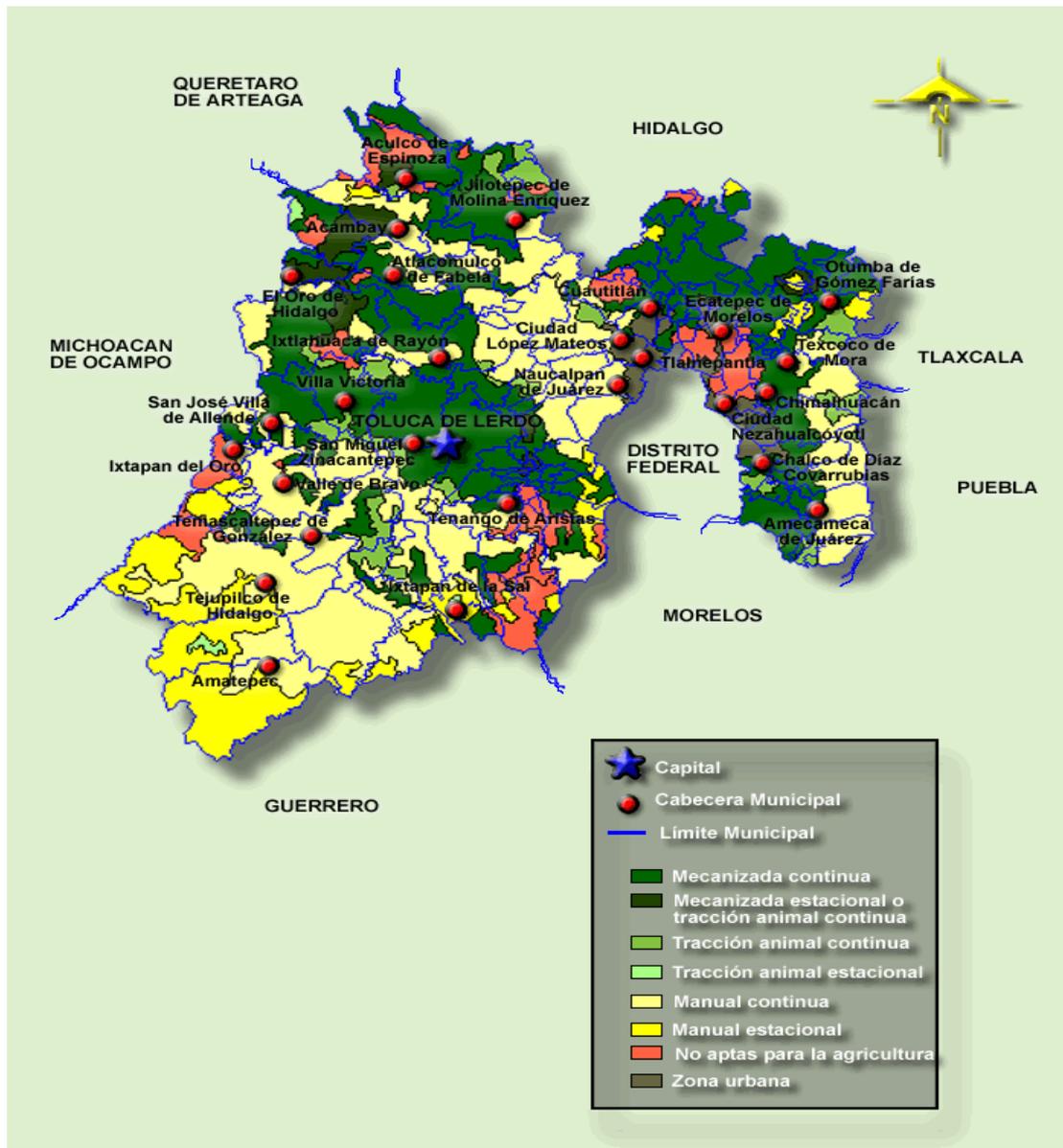


Figura 6. Uso potencial agrícola.

Fuente: (d) INEGI, 2008.

El aprovechamiento de la vegetación natural para el ganado caprino es el de mayor extensión en la entidad, con 39.24% del territorio generalmente al sur del estado; seguido del uso para desarrollo de praderas cultivadas, con 36.96% de la entidad, la mayoría distribuido al norte y oriente del estado (INEGI, 2001).

Industria. La actividad industrial del Estado de México es la obtención de plata, zinc, cobre, oro, hierro y plomo, así como, la industria automotriz, con dos centros principales: Valle de Toluca y zona aledaña al Distrito Federal; cartón y papel, textil, alimentaria, química, productos metálicos, eléctricos, hule y plástico (INEGI, 2001). Las ciudades con establecimientos industriales más importantes son: Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla,

Ecatepec de Morelos, Toluca de Lerdo, Ciudad López Mateos, Cuautitlán, Coacalco, Lerma de Villada, Los Reyes Acaquilpan, Tultitlán de Mariano Escobedo, Ciudad Nezahualcóyotl y Chiconcuac de Juárez (INEGI, 2001).

Turismo. El estado posee atractivos naturales, históricos, arqueológicos, arquitectónicos, poblados típicos y artesanías. Algunos atractivos turísticos son: parajes naturales de gran belleza como el Parque Nacional Miguel Hidalgo, las Lagunas de Zempoala, el Nevado de Toluca, así como, el Popocatepetl e Iztaccíhuatl. Monumentos coloniales: entre ellos el de Tepetzotlán y el Santuario de los Remedios. Balnearios minero-medicinales como Ixtapan de la Sal, Tonicato, El Salto, La Asunción, Atotonilco de Almoloya del Río, Teotihuacan, Valle de Bravo, Zoquiapan, el Sacromonte de Amecameca y Molino de las Flores (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

MÉTODOS

Se analizaron los conceptos relacionados con los criterios e indicadores del Principio Integridad Ecológica, así como una explicación de su uso como herramienta para el manejo de los bosques, que resultó en un marco teórico de referencia.

Se elaboró un diagnóstico ambiental basado en el Principio Integridad Ecológica, que resultó en un marco de referencia acerca del área de interés; este abordó los siguientes temas: localización geográfica, historia, división política, hidrología, clima, edafología, vegetación, población y socioeconomía (agricultura, ganadería, industria y turismo).

Las experiencias previas de criterios e indicadores para el aprovechamiento forestal fueron recopiladas y analizadas, para después obtener un conjunto adecuado que cubrió el principio del mantenimiento de la integridad ecológica en la entidad. Se tomó en consideración la disponibilidad, actualización y fiabilidad de los datos. Asimismo, se hizo una consulta de fuentes bibliográficas primarias: estadísticas oficiales, censos, registros, resguardadas en institutos, universidades y páginas de internet, destacando: INEGI, INE, SEMARNAT, CONABIO, UNAM, UACH, Gobierno del Estado de México, SAGARPA, PROBOSQUE y CONAFOR principalmente, además de revisión de informes, publicaciones y revistas.

A partir de la bolsa de criterios e indicadores de Puebla, Montreal y Chihuahua se obtuvo un grupo completo de indicadores, con apoyo en la base de datos del Estado de México organizada por el CEVAMEX (Campo Experimental Valle de México), así como de información de la página de internet del INEGI, CONAFOR, SEMARNAT y CONABIO. Todas estas consultas resultaron en la creación de una base de datos basada en el Principio Integridad Ecológica para el estado.

El Cuadro 3 presenta el conjunto de criterios, indicadores y verificadores del Principio Integridad Ecológica para el Estado de México que se obtuvo.

Cuadro 3. Conjunto de Criterios e Indicadores del Principio Integridad Ecológica para el Estado de México.

Criterios	Indicadores	Verificadores
1. Función del Paisaje	1.1. Función ecológica.	1.1.1. Mediciones de precipitación.
	1.2. Procesos de transformación provocados por el hombre.	1.2.1. Reforestación.
		1.2.2. Restauración.
1.3. Procesos de disturbio.		1.3.1. Número, hectáreas, y tipos de vegetación dañados por incendios.
		1.3.2. Cambios de uso de suelo.
		1.3.3. Superficie y tipos de vegetación dañada por plagas y enfermedades.
2. Estructura del Paisaje	2.1. Tipos de vegetación y clases estructurales.	2.1.1. Número de hectáreas por tipo de comunidades vegetales.
3. Función del Ecosistema	3.1. Agua.	3.1.1. Fuentes de agua en el estado.
		3.1.2. Tipo de uso del agua (actual y potencial).
		3.1.3. Tipo, volumen y temporalidad de la cosecha de agua.
3.2. Suelos.		3.2.1. Tipo de suelos.
		3.2.2. Erosión.
4. Estructura del Ecosistema	4.1. Riqueza de especies (flora y fauna).	4.1.1. Estimación o lista de especies nativas presentes.
	4.2. Áreas ecológicamente sensitivas (hábitats especiales).	4.2.1. Superficie (ha) y proporción de áreas naturales de interés especial (reserva, bosques viejos, áreas riparias).
5. Función de la Población	5.1. Proporción de áreas convertidas (ha) en un grupo de genes no nativos o no originados del lugar.	5.1.1. Plantaciones forestales comerciales.
6. Estructura de la Población	6.1. Aplicación de estrategias para conservar los genes de especies comerciales o amenazadas.	5.1.1. La existencia y aplicación de estrategias para conservación de los genes (áreas y huertos semilleros, viveros, bancos de germoplasma, UMAS, etc.).
	6.2. Especies en riesgo.	5.2.1. Número de especies de interés por clase (ejemplo: especies extintas, especies en peligro de extinción, especies amenazadas, etc.).

Fuente: Mallén *et al.*, 2005.

De los criterios, indicadores y verificadores resultantes se hizo un análisis de la información por indicador; para luego hacer un análisis más general a nivel criterio. Estos análisis consistieron en ver si la información obtenida para cada indicador era satisfactoria o había huecos de información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los criterios obtenidos con sus respectivos indicadores y verificadores.

CRITERIO. 1. FUNCIÓN DEL PAISAJE

Indicador 1.1. Función ecológica

Verificador. 1.1.1. Mediciones de precipitación (mm de lluvia).

La entidad se encuentra en la zona de vientos alisios. Estos vientos procedentes del Golfo de México son húmedos, tal característica y su dirección son modificadas por el relieve de la Sierra Madre Oriental y el extremo oriente del Eje Neovolcánico, que atraviesan a su paso, y por la distancia que recorren para llegar a territorio estatal; por lo tanto, la precipitación que aportan a éste, junto con la lluvia de origen convectivo en el verano, es escasa (INEGI, 2001). Por lo anterior y como efecto de la sombra pluviométrica (la disminución de humedad de los vientos y su baja capacidad para producir lluvia después de su travesía por la zona serrana, en el estado la región más seca se localiza a manera de franja, en el noreste, donde la precipitación total anual es de 500 a 600 mm y comprende a los municipios de Tecamac y Huehuetoca. A partir de aquí, la lluvia total anual se incrementa poco a poco hacia el sureste, oeste y suroeste hasta llegar a 2000 mm en los terrenos próximos al Ajusco, los situados al suroeste del Nevado de Toluca y los aledaños a los municipios de Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Amatepec (INEGI, 2001) (Figura 7).



Figura. 7. Niveles de precipitación promedio anual.
Fuente: (e) INEGI, 2008.

La precipitación que se registra a lo largo del año en las diferentes estaciones climatológicas del estado se muestra en la Figura 8, los meses con mayor precipitación son: junio, julio, agosto y septiembre, con 250 mm al mes; mientras que los más secos son: enero, febrero, marzo, abril y diciembre. También se pueden ver las estaciones con mayor precipitación: Nevado de Toluca, Bejucos y Luvianos; en tanto, las estaciones con menor precipitación son: Nezahualcóyotl, Chapingo y Aculco. Todo esto corresponde con el mapa de la Figura 7, que muestra las regiones del estado ubicadas por sus niveles de precipitación.

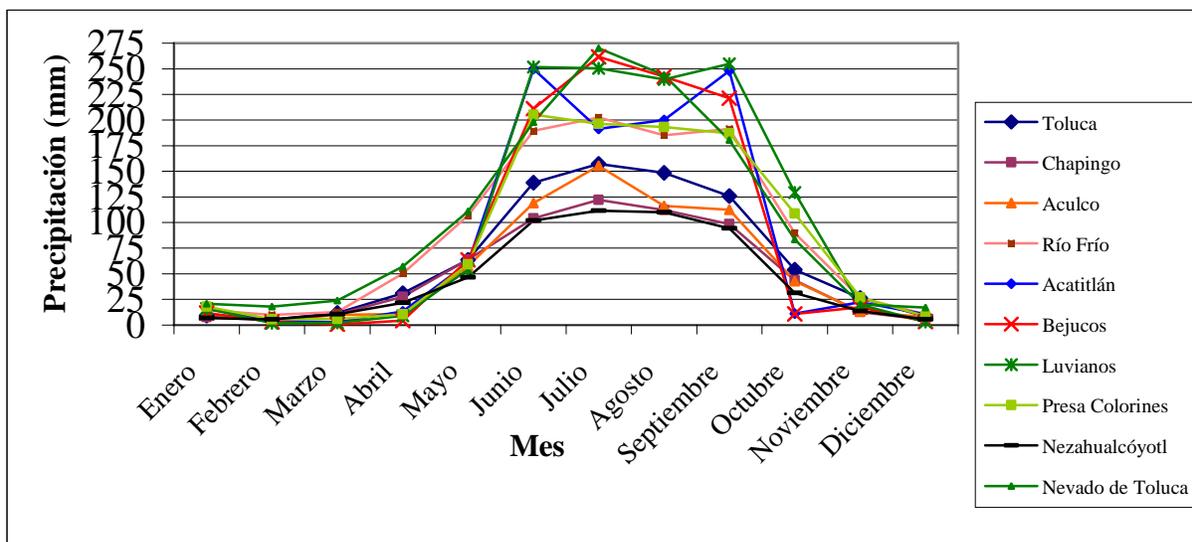


Figura 8. Niveles de precipitación que se registran cada mes.
Fuente: INEGI, 2001.

El verificador mediciones de precipitación ha mostrado la distribución de los niveles de precipitación que hay en la entidad, se tiene una explicación básica del por qué de esta distribución de la precipitación en el estado. En parte se puede explicar el por qué, ya que en casi todo el estado había bosques de coníferas. Además se brinda información de los meses con más precipitación y los de menos lluvias en el estado.

Indicador 1.2. Procesos de transformación provocados por el hombre

Verificador 1.2.1. Reforestación.

La reforestación es una de las principales acciones para rehabilitar los sitios afectados por los desmontes, cambios de uso del suelo, incendios y plagas forestales. Estas medidas contribuyen a la recuperación de la cubierta vegetal y al mantenimiento de la calidad del ambiente de los bosques (Quiñónez y Rodríguez, 2004)). Esta actividad persigue la restauración de la cubierta vegetal en sitios estratégicos con las especies adecuadas, vincula los esfuerzos y recursos de las dependencias federales, estatales y municipales, así como, de las organizaciones cívicas y la sociedad en general (Flores *et al.*, 2003). Aun cuando los objetivos de la reforestación pueden no estar orientados hacia el aprovechamiento, esta contribuye a la salud de las zonas forestales, evitando la degradación del hábitat entre otros

efectos. El indicador superficie reforestada muestra los esfuerzos, en este caso, estatales en materia de reforestación y recuperación de la cubierta vegetal (Mallén *et al.*, 2005).

Se presenta, en la Figura 9, el número de árboles que se han plantado en la entidad de 1992 a 2006; se aprecia que de 1992 a 1994 se reforestó aproximadamente un millón, pero en 1995 se hizo un mayor esfuerzo y se plantaron más de 30 millones de árboles, sin embargo, al siguiente año sólo se plantaron cinco millones. En los siguientes años se aprecia un mayor impulso a esta medida, a partir de 1997 a 2001 se mantuvieron los individuos que se plantaron de los 44 a 33 millones. De 2002 a 2005 no hubo mucho contraste ya que se plantaron de 37 a 22 millones. En 2006 decayó la plantación de árboles llegando a los cinco millones.

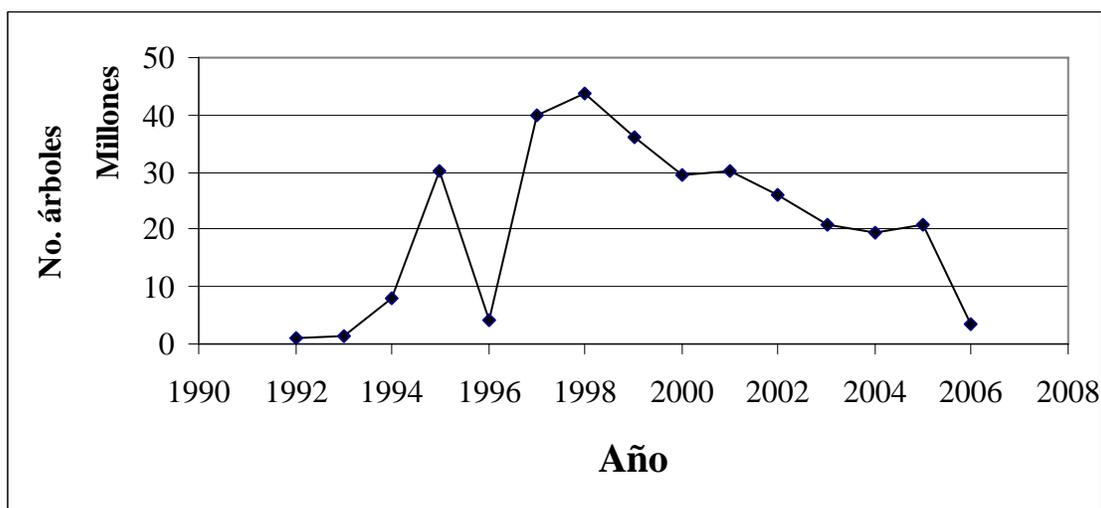


Figura 9. Número de árboles plantados de 1992 a 2006.
Fuente: INIFAP, 2005; SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

La Figura 10 muestra las hectáreas reforestadas en la entidad de 1992 a 2006. El patrón que presentan es parecido al de los árboles plantados: en los primeros años se reforestaron pocas hectáreas, el aumento notorio se dio en 1995 (de casi 15,000), para al siguiente año tener una caída drástica (menos de 2,500 ha). De 1997 a 2005 la superficie reforestada fue buena y se mantuvo más o menos (de 15,000 a 22,000 ha). En 2006 otra vez el esfuerzo por reforestar decayó con menos de 5,000 ha reforestadas.

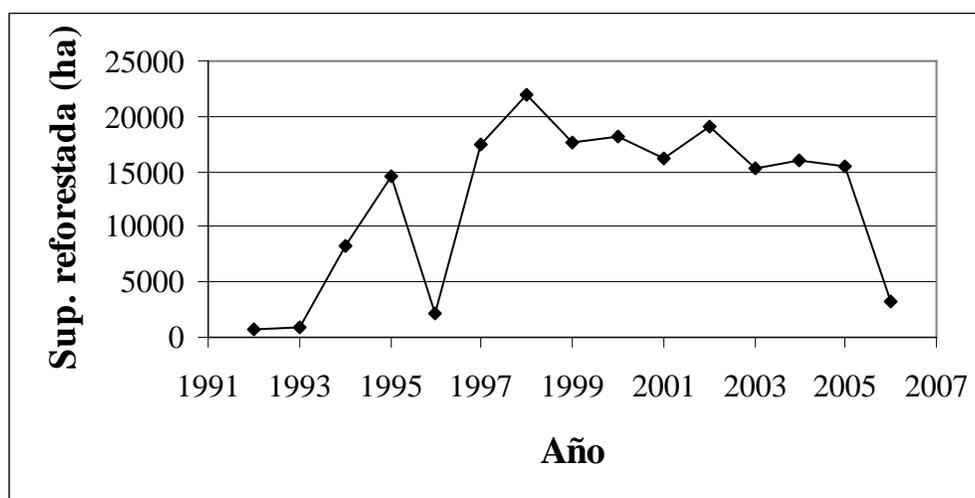


Figura 10. Superficie reforestada de 1992 a 2006.

Fuente: INIFAP, 2005; SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

El esfuerzo en reforestación debe de ser constante, ya que no hay resultados si en un año se plantan más de 40 millones de árboles si no se le va a dar seguimiento ni cuidado a esos árboles y a esas áreas reforestadas, va a resultar en que esa superficie no va a verse poblada de vegetación otra vez. Habría que recurrir a otras fuentes y metodologías que nos permitan acercarnos más a las cifras reales.

Indicador 1.2. Procesos de transformación provocados por el hombre.

Verificador 1.2.2. Restauración.

Combate de plagas y enfermedades

Con la finalidad de proteger los recursos forestales del estado, se han tomado acciones encaminadas al combate de las plagas forestales. De manera periódica se realizan recorridos por bosques y selvas con la finalidad de efectuar inspecciones de sanidad forestal. Sin embargo, por la extensión de las áreas forestales resulta prácticamente imposible inspeccionarlas en su totalidad, por lo que el diagnóstico se efectúa mediante recorridos aéreos y terrestres en áreas de alto riesgo por la presencia de plagas. Una vez detectadas las zonas afectadas por plagas, se procede a aplicar el tratamiento correspondiente para su eliminación (SEMARNAT, 2005). Entre las plagas y enfermedades que son atendidas, ya sea por su importancia nacional, regional o local destacan el muérdago y otras plantas parásitas,

los descortezadores, defoliadores, barrenadores, los insectos de conos y semillas y los chupadores de savia (SEMARNAP, 2000). En este sentido, la superficie afectada por plagas forestales que recibió tratamiento señala el esfuerzo que en materia de salud forestal se realiza en el Estado de México (INE-SEMARNAT, 2000).

La superficie con control de plagas de 1990 a 2005 se aprecia en la Figura 11. De 1990 a 1996 hay contraste de los datos de control de plagas, ya que en 1990 es muy poca la superficie con tratamiento (menos de 40 ha), al siguiente año el área aumentó a 800 ha, pero en 1992, 1993 y 1994 otra vez bajo la superficie para controlar a estos organismos. En 1995 ha sido el año en que se le dio tratamiento más de 800 ha). De 1997 a 2006 la superficie con tratamiento fue aumentando (de menos de 200 ha en 1997, a 750 ha en 2005). Se puede ver que este patrón es más o menos el mismo para el control de barrenadores, defoliadores, descortezadores, muérdago y otros; además de la superficie total de estos. En general se ha dado más tratamiento al control de defoliadores, aunque en los últimos años (2004 y 2005) se le ha dado más importancia al muérdago.

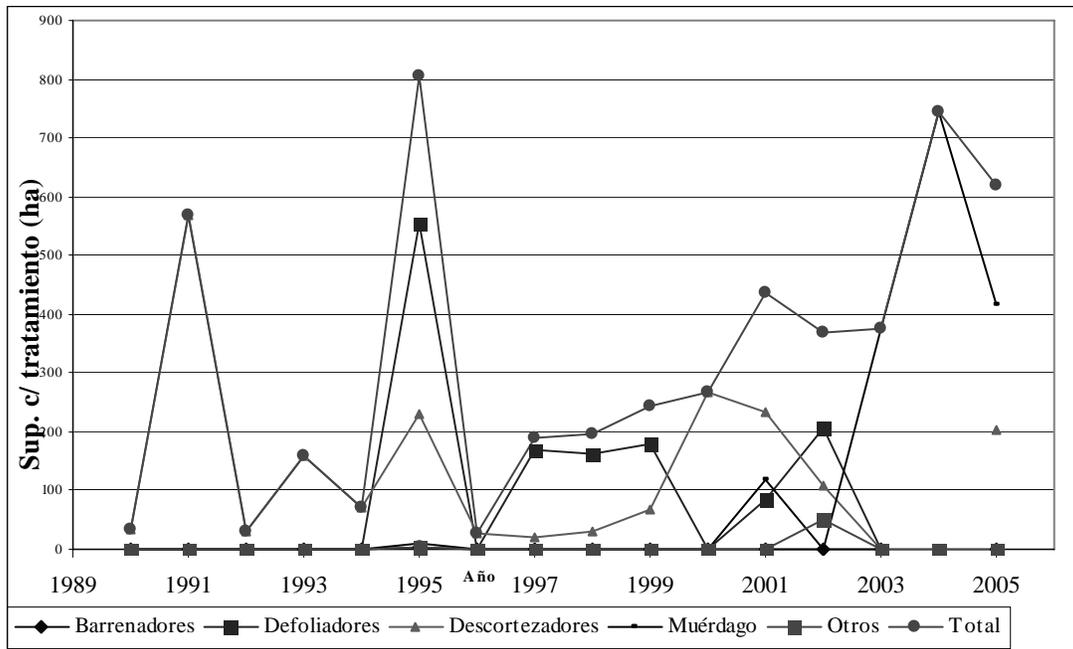


Figura 11. Superficie de bosques con tratamiento de control de plagas y enfermedades.

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR. 2006. SEMARNAT, 2002.

El tratamiento para el control de plagas se debe de hacer constantemente, además, solo se tienen los datos de cada año, habría que buscar y aclarar si el tiempo de tratamiento es el adecuado para el combate de cada organismo, porque no se tienen datos; también no se sabe que de esas hectáreas con tratamiento, cuántas se han recuperado. Así que para cubrir el verificador de restauración la información en general ha sido incompleta.

Combate de incendios

El Cuadro 4 presenta las áreas decretadas del Programa de restauración ecológica por incendios en 1998 para el Estado de México; donde cuatro de estas áreas pertenecen a la reserva de la Mariposa Monarca. Por otra parte seis áreas son ejidos: Doxteje; Plan de Vigas; San Pedro Teneyac; Santa, María Nativitas-Coatlinchan; San Gaspar y San Juan Atexcapan; además tres áreas son comunales: Zacango, Cochochitlán y Rincón Grande; finalmente hay uno particular, las Goletas.

Cuadro 4. Áreas decretadas del Programa de Restauración Ecológica por incendios 1998.

Municipio	Región/Paraje
Acambay	Ejido Doxteje
Almoloya de Alquisiras	Ejido Plan de Vigas
Amatepec	Particular Las Goletas
San Felipe del Progreso	Sierra El Campanario A (R.E.B. Mariposa Monarca)
San Felipe del Progreso	Sierra El Campanario B (R.E.B. Mariposa Monarca)
Santo Tomás de los Plátanos	Comunal Rincón Grande
Temascalcingo	Cerro Altamirano (REV. Mariposa Monarca)
Temascalcingo	Comunal Cochochitlán
Temascaltepec	Ejido San Pedro Teneyac
Texcoco	Ejidos Santa María Nativitas y Coatlinchan
Valle de Bravo	Ejido San Gaspar (Santuario y Casa Blanca)
Valle de Bravo	Ejido San Juan Atexcapan
Villa de Allende	Cerro Pelón B (R.E.B. Mariposa Monarca)
Villa Guerrero	Comunal Zacango

Fuente: INIFAP, 2007.

En la Figura 12, se muestra un mapa de la entidad donde se indica la ubicación de las brigadas y campamentos de la SEMARNAT. Hay ocho campamentos de la SEMARNAT en la entidad. En la región de Valle de Bravo se encuentran la mayoría de campamentos y brigadas.

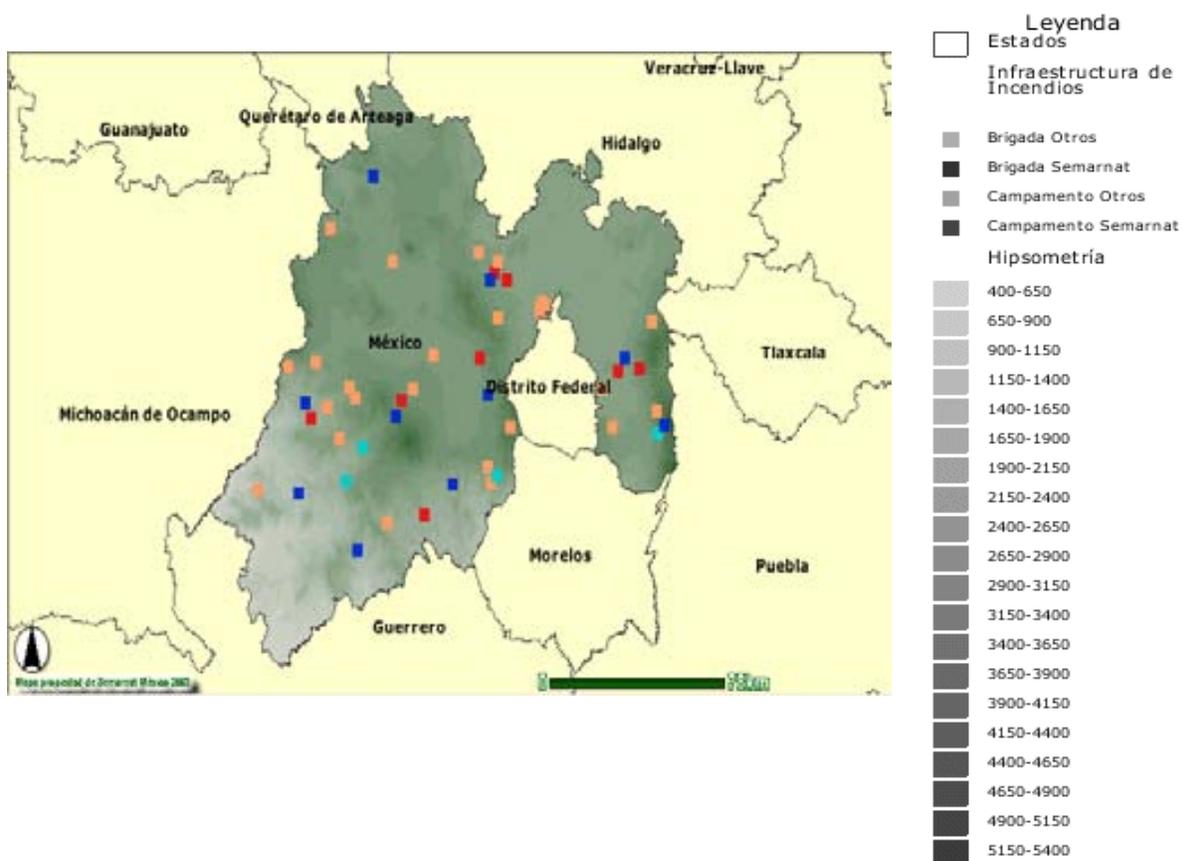


Figura. 12. Ubicación de la infraestructura para el control de incendios forestales en 2003.
Fuente: INIFAP, 2005.

La entidad cuenta con 14 torres de detección de incendios en todo el estado; distribuidas en diez municipios. Al oriente del estado no se ubica ninguna torre de detección de incendios (Figura 13).



Figura. 13. Ubicación de las torres de detección de incendios, 2003.
Fuente: INIFAP, 2005.

	Nombre de la torre	Municipio
1	Violín	Tejupilco
2	Picacho	Coatepec
3	El Potrero	Amanalco
4	Nevado	Calimaya
5	Palma	Villa de Allende
6	Observatorio	Chapa de Mota
7	Loma del río	Nicolás Romero
8	Las cruces	Huixquilucan
9	Tres padres	Coacalco
10	Cerro Tlayalotes	Tlalnepantla

Los municipios con prioridad para la prevención de incendios se encuentran en general dentro de la misma zona, en las regiones de Valle de Bravo, Tejupilco y Atlacomulco, algunos están colindando con Michoacán, sólo dos están ubicados en el oriente, Amecameca e Ixtapaluca. La mayoría de los municipios del estado tienen mediana prioridad (Figura 14).

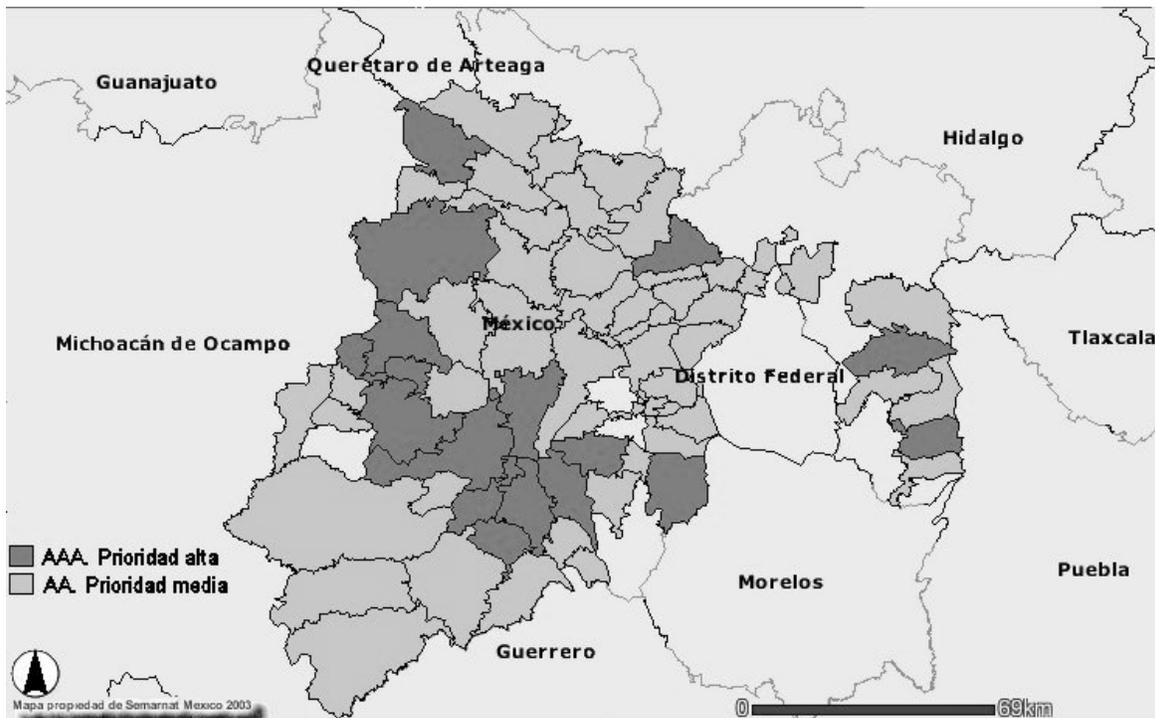


Figura. 14. Municipios con alta y mediana prioridad para la prevención de incendios, 2003.
Fuente. INIFAP, 2005.

Municipios con prioridad alta (AAA)	Municipios con prioridad mediana (AA)	
Almoleya de Alquisiras	Acambay	Morelos
Amecameca	Almoleya de Juárez	Naucalpan de Juárez
Coatepec Harinas	Amanalco	Ocoyoacac
Donato Guerra	Amatepec	Oro, El
Ixtapaluca	Atizapán	Otzolotepec
Nicolás Romero	Atlacomulco	San Simón Guerrero
Ocuilan	Atlautla	Santo Tomas
San Felipe del Progreso	Calimaya	Sultepec
Temascalcingo	Capulhuac	Temoaya
Temascaltepec	Chalco	Tenancingo
Tenango del Valle	Chapa de Mota	Texcoco
Texcaltitlán	Ecatepec	Tianguistenco
Valle de Bravo	Huixquilucan	Timilpan
Villa de Allende	Isidro Fabela	Tlalmanalco
Villa Guerrero	Ixtapan de la Sal	Tlalnepantla de Baz
Zacualpan	Ixtapan del Oro	Tlatlaya
Zinacantepec	Jilotzingo	Toluca
	Jiquipilco	Tonatico
	Jocotitlán	Tultitlán
	Joquicingo	Villa Victoria
	Lerma	Xonacatlán
		Xalatlaco

Se tomaron medidas de restauración, especialmente en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, que alberga a esta especie en sus bosques. La ubicación de las brigadas para el control de incendios coincide con las áreas prioritarias de restauración, donde se le da atención especial a la parte suroeste de la entidad (Valle de Bravo). Los municipios con alta prioridad para prevenir incendios coinciden al igual que las áreas de prioritarias para la restauración y con las brigadas. Con lo anterior se puede deducir que esa zona es de importancia forestal.

Indicador 1.3. Procesos de disturbio

Verificador.1.3.1. Número, superficie y tipos de vegetación dañada por incendios.

Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica de los ecosistemas forestales. Debido a ellos, se incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo y se inician procesos de sucesión ecológica que benefician al mantenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, debido a las actividades humanas, los patrones naturales de ocurrencia de tales siniestros se han modificado (Rodríguez, *et al.*, 2002).

Los factores que inciden en el incendio de los bosques en varios países son la tala sostenida de bosques y el empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables; además de los incendios previos, las fogatas y la quema de basura. Sus efectos sobre los recursos forestales pueden observarse en dos niveles: por un lado, sobre el deterioro y pérdida de estos y, por otro, en el detrimento de la calidad del ambiente en el que se encuentran. El indicador incendios forestales y superficie afectada sirve para manifestar la presión que estos eventos tienen sobre la vegetación del país (Rodríguez, *et al.*, 2002).

La Figura 15 muestra los incendios ocurridos en la entidad de 1991 a 2006. En 1992 ocurrió el menor número de incendios; mientras que en 1998 ocurrió el mayor número, más de 3 500: Como se ve, las variantes entre los incendios de un año a otro no son tan drásticas; pues quitando los años anteriores el número de incendios va de 1 000 a 2700. De 2001 a 2006 es el período en que menos incendios ha habido. Es una de las medidas por mantener sanos a los bosques, y que va de la en conjunción con otras acciones.

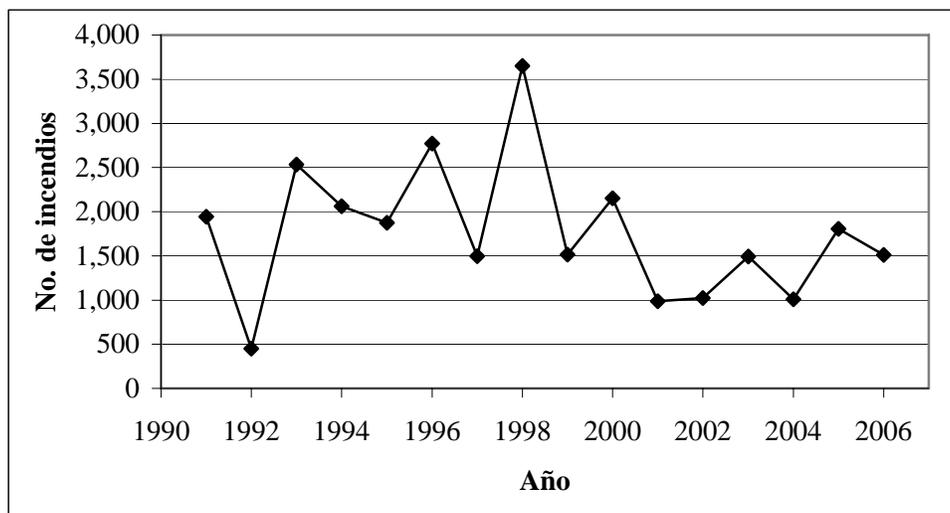


Figura 15. Número de incendios ocurridos de 1991 a 2006.
Fuente: CONAFOR, 2006.

El área afectada por los incendios en el estado de 1991 a 2006 se muestra en la Figura 16, el comportamiento en general es el mismo que en el de número de incendios: mayor número de incendios, mayor es la superficie afectada por estos. En 1992 se afectó menos área por los incendios forestales (más de 1 000 ha); por el contrario en 1998 los incendios dejaron una mayor superficie afectada (mayor a las 25 000 ha). De 1999 a 2006 la superficie afectada se mantuvo más o menos baja (de 2 500 a 8 000 ha). Al igual que en número de incendios, la mayor superficie afectada coincide en el año que ocurrió el fenómeno de El Niño.

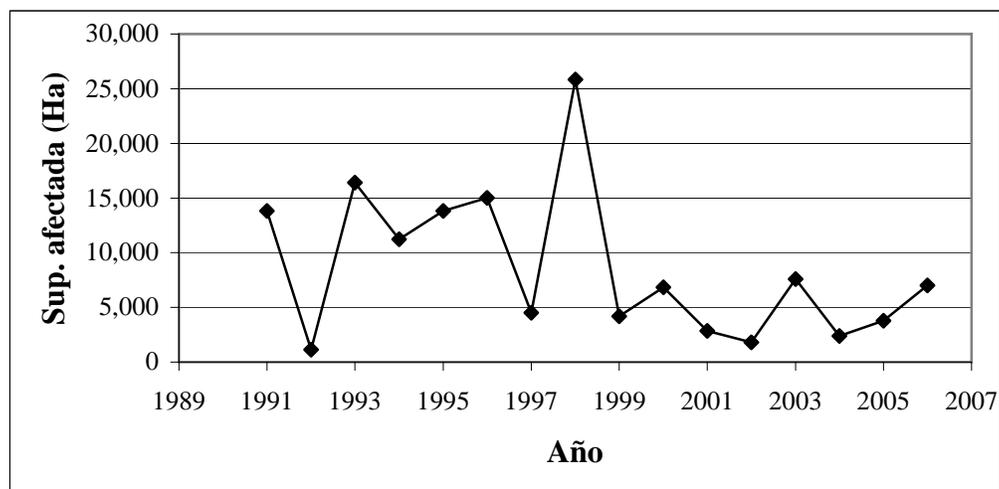


Figura 16. Superficie de bosques afectada por incendios de 1991 a 2006.
Fuente: CONAFOR, 2006.

Indicador 1.3. Procesos de disturbio

Verificador.1.3.2. Cambios de uso de suelo (superficie desmontada para caminos, líneas de transmisión, cultivos, asentamientos humanos, campos de balastres, etc.).

Una de las presiones más importantes para los recursos forestales es la conversión de tierras forestales a otros usos de suelo. Esta pérdida resulta de la expansión de las zonas agrícolas, ganaderas, urbanas y de la construcción de redes de transporte, eléctricas, represas y explotación minera, originando la reducción de las masas forestales (junto con las existencias de sus diversos productos) y el deterioro de la calidad de las áreas remanentes por los efectos de la fragmentación (SEMARNAT, 2005). Esta situación puede originar una drástica reducción de la población de especies comerciales, propiciar su aislamiento geográfico, reducir la variabilidad e intercambio genético, y el éxito reproductivo; todo lo anterior pone en riesgo su viabilidad y explotación a largo plazo (Caballero, 2000). En este sentido, el indicador cambio de uso del suelo en zonas forestales denota la intensidad de la presión que sobre los recursos forestales ejerce la expansión de las actividades agrícola y ganadera y el crecimiento de las zonas urbanas (INE-SEMARNAT, 2000).

Merino *et al.* (1997) señalan que la agricultura y la ganadería de bajísima productividad, representan las opciones más viables para las comunidades rurales ya que estas personas por lo general viven en pobreza extrema, lo cual los lleva a degradar los suelos y en general el bosque.

Vías de comunicación

Carreteras. La longitud de la red carretera en 1978 (7 225 KM), situaba al estado en el tercer lugar a nivel nacional, en 1980 contaba con 7 762 km; para 1990 contaba con 9 430.5 km, que representaba el 4% nacional (Gobierno del Estado de México, 1993).

En los últimos años la red carretera ha mejorado en lo que respecta a las carreteras (pavimentadas y revestidas), incrementando su extensión hasta en 35.5%. Sin embargo, los municipios del sur, oeste y oriente son los más rezagados en caminos, debido a lo accidentado del terreno. Caso contrario son los municipios que integran el valle de Toluca y las regiones

noreste y noroeste del estado, que presentan mayor población y dinamismo económico, y por lo tanto una extensa y mejor red carretera (Gobierno del Estado de México, 1993).

Actualmente la longitud del sistema carretero es de 9 794.04 km: 1 042.40 km pertenecen a las carreteras principales pavimentadas; 4 160.15 km a las carreteras secundarias pavimentadas; 2 211.09 km pertenecen a carreteras secundarias revestidas y 2380.40 km a los caminos rurales revestidos. Esto representa 53.12% para las carreteras pavimentadas y 46.88% para las carreteras revestidas y un promedio de carreteras de 43.85 km por cada 100 km² (INEGI, 2001).

Ferrocarriles. Actualmente el estado cuenta con un total de 799.7 km de vías, correspondiendo 588.6 km a las vías troncales; 30 km a las secundarias y 181.1 km a las vías particulares (INEGI, 2001).

En general para el verificador cambiso de uso de suelo no se alcanza a cubrir debido a la deficiente información, sólo se encontraron algunos elementos aislados. Aunque se refiere en reiteradas veces que es una de las presiones más importantes para los bosques del estado y de todo el mundo y que causa la disminución acelerada de estos ecosistemas.

Indicador 1.3. Procesos de disturbio.

Verificador 1.3.2. Superficie y tipos de vegetación dañada por plagas y enfermedades.

Las plagas forestales son insectos o patógenos que ocasionan daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, tales como deformaciones, disminuciones en el crecimiento, debilidad o incluso la muerte, causando impactos ecológicos, económicos y sociales importantes (CONABIO, 1998; SEMARNAP, 2000). Son consideradas como una de las principales causas de disturbio en los bosques templados del país, reconociéndose cerca de 250 especies de organismos que pueden afectar al arbolado nacional. Dentro de los factores naturales que facilitan el ataque están las sequías, huracanes, nevadas e incendios, entre otros (CONAFOR, 2002). Las actividades humanas también posibilitan el ataque. El aprovechamiento y pastoreo no regulados, el deficiente manejo silvícola, la introducción de especies de plagas y patógenos de otras regiones geográficas, así como, los incendios

inducidos, predisponen a las masas arboladas (Caballero, 2000). La superficie afectada por plagas puede indicar la presión que este factor ejerce sobre el estado de los recursos forestales nacionales (INE-SEMARNAT, 2000). Los principales tipos de plagas son:

Insectos defoliadores. Se alimentan de hojas durante una parte de su ciclo de vida; la defoliación que causan interfiere en los procesos de fotosíntesis, transpiración y translocación de los nutrimentos en los árboles, impidiendo su crecimiento; debilitándolos y haciéndolos susceptibles a otras plagas y enfermedades. Estos insectos se alimentan del tejido de yemas, brotes, ramas, tallos y frutos de los árboles, ocasionando generalmente la muerte de las estructuras afectadas. La principales especies que han causado daños en los bosques de México son: *Malacosoma incurvum azteca*, *Evita hyalinaria blandaria*, *Pterophilla beltrán*, *Zadiprion* sp. y *Anacamptodes* sp. (SEMARNAP, 2000).

Insectos barrenadores. En el caso de barrenadores de brotes y yemas, su impacto a mediano y largo plazos se ubica en la conformación del fuste de los árboles, observándose bifurcaciones, sinuosidades y crecimiento lento, o de tipo arbustivo, cuando la planta es atacada muy joven. Los barrenadores del fuste se ubican principalmente en el duramen, ocasionando una reducción de la resistencia mecánica del árbol y facilitando la colonización por hongos que causan pudriciones. Tienen impacto económico negativo en áreas de pino piñonero, donde se colectan los conos de *Pinus cembroides* para el aprovechamiento del piñón. Destacan por su importancia las siguientes especies: *Crysobothris* sp. (coleóptero) base del tallo en cedro; *Conophthorus* sp. (coleóptero) conos de pino piñonero; *Eucosma* sp. (lepidóptero) brotes de pino; *Rhyaciona* sp. (lepidóptero) de yemas del pino; *Paranthrene dollii* (lepidóptero) ramas y fuste del álamo (SEMARNAP, 2000).

Plantas parásitas. Son vegetales que viven sobre otras especies de plantas, absorbiendo de ellas los nutrimentos y el agua que requieren para su desarrollo. Estas plantas parásitas provocan una reducción en el crecimiento del arbolado, deformaciones y muerte de los mismos. Para su combate y control se realizan prácticas de manejo silvícola. En México las especies parásitas que se presentan y causan daño sobre especies de importancia forestal, son conocidas como muérdagos, entre los que destacan los géneros *Arceubobium*, *Psittacanthus* y *Phoradendron* (SEMARNAP, 2000).

En la Figura 17 se muestra el área forestal afectada por plagas, de 1995 a 2005. El muérdago es el organismo que más daño ha hecho a los bosques de la entidad en este período de tiempo, llegando a afectar una mayor superficie en 1994 (2 700 ha), también fue significativo el daño en 2003 y 2004 (de 1 600 a 1 800 ha). Los descortezadores son los que siguen en afectar a los bosques del estado; los años en que más han afectado han sido 1991 y 2004 (con 1 200 ha y 1300 ha respectivamente). En cuanto a los defoliadores y barrenadores, son plagas que no afectan mucho a los bosques de la entidad.

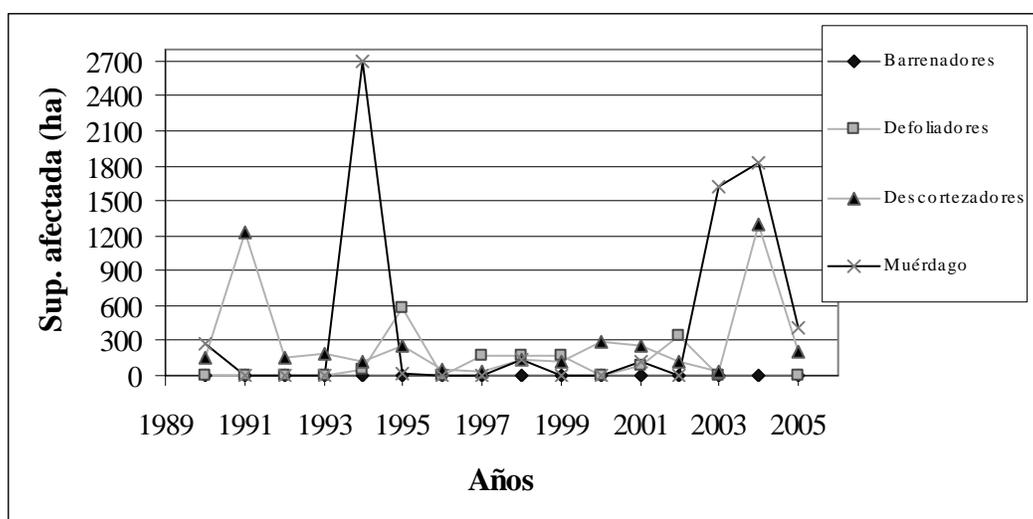


Figura 17. Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales de 1990 a 2005. Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

La plaga que más afecta a los bosques de la entidad es el muérdago. En los últimos años se ha elevado el área afectada por estos organismos, además si lo vinculamos con el verificador de restauración que trata sobre el tratamiento para el control de plagas, coincide en que en los últimos años ha aumentado la superficie con tratamiento para muérdago, esta es una buena respuesta en cuanto a atacar a estos organismos, pero se deduce que puede ser una alarma de que los bosques de la entidad no están en las mejores condiciones y se han vuelto más vulnerables. En cuanto a las otras plagas no parece haber mucho problema, ya que la superficie afectada se ha mantenido.

CRITERIO 2. ESTRUCTURA DEL PAISAJE

Indicador.2.1. Tipos de vegetación y clases estructurales

Verificador. 2.1.1. Número de hectáreas por tipo de comunidades vegetales.

La abundancia de recursos forestales en un país, estado o región depende de la extensión actual de sus bosques y selvas. Otros factores, como la densidad de árboles por unidad de área y su estado de conservación, son también determinantes del volumen de los recursos forestales maderables y no maderables existentes. En este sentido, la extensión es indicativa de la superficie actual que ocupa la riqueza forestal del estado (Mallén *et al.*, 2005).

El 26% de la superficie estatal esta cubierta por bosques templados. La entidad presenta 558,069 ha de bosques de coníferas, coníferas y latifoliadas, y sólo latifoliadas, de un total de 894,613 ha forestales. El tipo de bosque que más predomina es el de pino-encino cerrado con 141,489 ha, en contraste con el bosque de galería (636 ha), que cuenta con la menor superficie (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie por ecosistema y tipos de vegetación.

Ecosistema	Formación	Tipo de vegetación	Superficie(ha)	%*
Bosques	Coníferas	Bosque de pino abierto	31,710	
		Bosque de pino cerrado	49,098	
		Bosque de oyamel abierto	10,618	
		Bosque de oyamel cerrado	49,381	
		Bosque de otras coníferas abierto	8,480	
		Bosque de otras coníferas cerrado	1,827	
	Coníferas y latifoliadas	Bosque de pino y encino abierto	67,749	
		Bosque de pino y encino cerrado	141,489	
		Bosque fragmentado	61,154	
	Latifoliadas	Bosque de encino abierto	79,211	
Bosque de encino cerrado		46,805		
Bosque de galería		636		
Plantaciones forestales		9,911		
Total		558,069	26.00	
Selvas	Selvas altas y medianas	Selva alta y mediana	NP	
	Selvas bajas	Selva baja	37,325	
	Otras	Bosque mesófilo de montaña	6,361	

asociaciones		cerrado		
		Bosque mesófilo de montaña	1,402	
		abierto		
		Manglar	NP	
		Selva de galería	NP	
		Palmar	NP	
		Selva fragmentada	42,701	
		Sabana	NP	
		Total	87,789	4.09
Vegetación de zonas áridas	Arbustos	Mezquitales y huizachales	NP	
		Chaparrales	NP	
	Matorrales	Matorral subtropical	NP	
		Matorral submontano	NP	
		Matorral espinoso	NP	
		Matorral xerófilo	16,747	
		Total	16,747	0.78
Vegetación hidrófila y halófila		Vegetación hidrófila	5,165	
		Vegetación halófila	869	
		Total	6,034	0.28
		Áreas perturbadas	225,974	10.53
		Total forestal	894,613	41.69

* Proporción referida a las 2,146,000 ha del estado. NP.- No presente

Fuente: INIFAP, 2005.

En la Figura 18 se muestra un mapa del estado con la distribución de los tipos de vegetación que hay. El tipo de vegetación que predomina en la entidad es el bosque templado (558,069 ha), que es mayor a la cuarta parte de la superficie estatal; conservándose mejor en la parte suroeste; como vemos el área que es usada para la agricultura es considerable, sobre todo en la parte de Toluca y el este del estado. Si se toman en cuenta los otros tipos de vegetación que hay: selva baja caducifolia, matorral xerófilo, vegetación hidrófila y halófila, la extensión de la vegetación en la entidad es de 41.69%. El peligro que hay es el rápido crecimiento de las zonas urbanas, particularmente la de la Ciudad de México y la de Toluca.

CRITERIO 3. FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA

Indicador. 3.1. Agua

Verificador 3.1.1. Fuentes de agua en el estado.

El verificador hace referencia a los ríos, arroyos, presas, lagos que hay en la entidad. Para eso se va a hacer referencia a las cuencas de las cuales se originan las principales fuentes de agua.

Tres cuencas hidrológicas se originan en la entidad: la del Pánuco, la del Lerma-Chapala y la del Balsas. En el Cuadro 6 se muestran regiones, cuencas y el área que ocupan en la entidad.

Cuadro. 6. Regiones y cuencas hidrológicas.

Región	Cuenca	% de la superficie estatal
Lerma-Santiago	R. Lerma-Toluca	23.90
Balsas	R. Atoyac	0.38
Balsas	R. Balsas-Zirándaro	7.20
Balsas	R. Grande de Amacuzac	10.06
Balsas	R. Cutzamala	23.01
Pánuco	R. Moctezuma	35.45

Fuente: INEGI. 2001.

Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago. El río Lerma, el lago de Chapala y el río Santiago constituyen uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país. Sus afluentes intermedios son los ríos: Almoloya-Otzolotepec, Otzolotepec-Atlacomulco, Atlacomulco-Paso de ovejas, Tlalpujahuá, Jaltepec, Gavia, Tejalpa, Verdigué, Otzolotepec (Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999; INEGI, 2001).

Región Hidrológica Río Balsas. Dentro del territorio estatal, quedan parte de cuatro de sus cuencas, los ríos: Atoyac; Balsas-Zirándaro; Grande de Amacuzac y Cutzamala (INEGI, 2001).

Región Hidrológica Pánuco. Abarca una gran extensión que comprende todo el norte, noreste y noroeste del estado, donde están asentadas localidades como Nezahualcoyotl, Cuautitlán, Tepotzotlán, Teotihuacán, Nicolás Romero, Canalejas y Jilotepec de Abasolo entre otras. La cuenca del Río Moctezuma casi en su totalidad, corresponde al Estado de México. La corriente más importante de esta cuenca es el principal afluente del río Pánuco, teniendo como origen los

ríos San Juan y Tula, el cual después de un recorrido de 174 km. cambia de nombre a Moctezuma (Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999; INEGI, 2001).

Las presas son otro recurso hidrológico importante en el estado siendo las más importantes: Antonio Alzate, Ignacio Ramírez, Guadalupe, Tepetitlán, Valle de Bravo, Villa Victoria, Huapango y Danxhó (INEGI, 2001). En el Cuadro 7 se muestran las principales presas del estado, además de las cuencas y municipios a los que pertenecen.

Cuadro 7. Principales presas.

Nombre	Cuenca	Municipio
Presa Valle de Bravo	Río Cutzamala	Valle de Bravo
Presa Villa Victoria	Río Cutzamala	Villa Victoria
Presa Huapango	Río Moctezuma	Jilotepec
Presa Tepetitlán	Río Lerma-Toluca	San Felipe del Progreso
Presa Guadalupe	Río Moctezuma	Nicolás Romero
Presa Danxhó	Río Moctezuma	Jilotepec
Presa Ignacio Ramírez	Río Lerma-Toluca	Almoloya de Juárez
Presa Antonio Alzate	Río Lerma-Toluca	Temoaya
Presa Ñadó	Río Moctezuma	Aculco

Fuente: INEGI, 2001.

A continuación se presentan en la Figura 19 el número de municipios de acuerdo a los cuerpos de agua que tiene cada uno. Tienen menos de 20 cuerpos de agua 38 de estos; seguido de los que tienen de 100 a 20 cuerpos de agua, siendo estos 31; mientras que sólo 4 tienen más de mil cuerpos de agua.

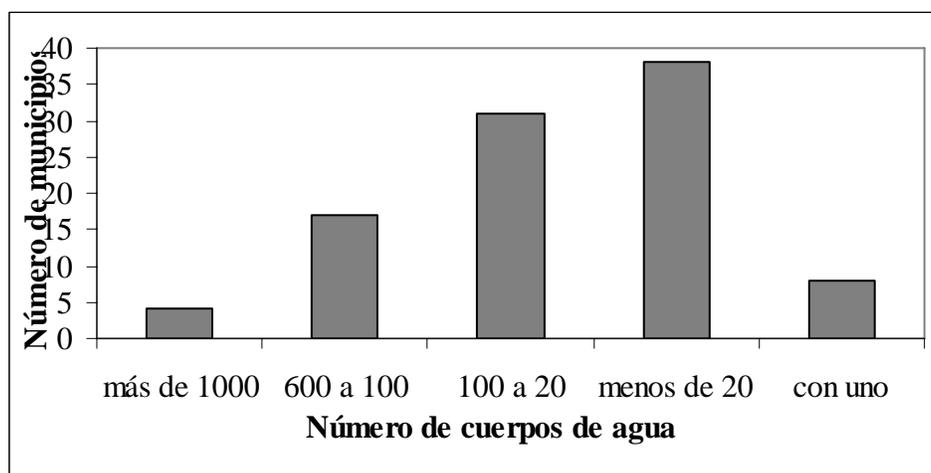


Figura 19. Número de municipios por categoría en cuanto a número de cuerpos de agua que poseen.

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Relacionado con el anterior, la Figura 20 muestra los cuatro municipios que cuentan con más de mil cuerpos de agua: Almoloya de Juárez (1508), Aculco (1446), Jilotepec (1340) y Acambay (1228).

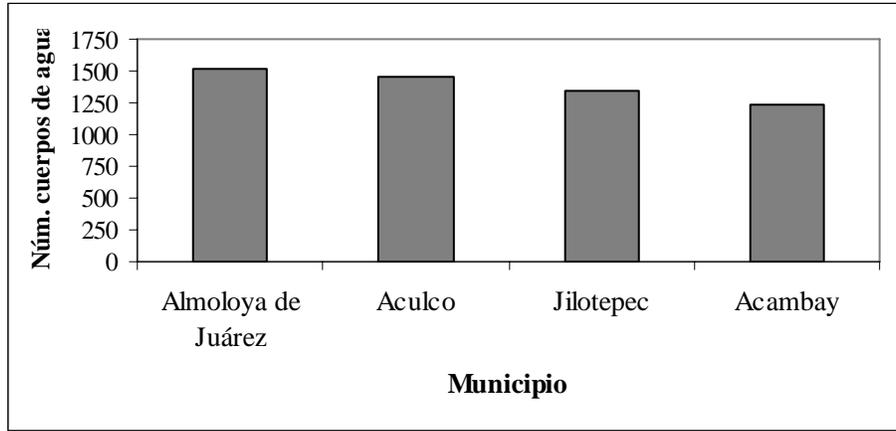


Figura 20. Municipios con mayor número de cuerpos de agua (más de mil).
Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Aunque no todos los municipios con más cuerpos de agua son los que más superficie ocupan; en la Figura 21 se pueden ver los cinco municipios cuyos cuerpos de agua ocupan una mayor superficie: Timilpan (3300 ha), Villa Victoria (2610.04 ha), Valle de Bravo (1688.73 ha), Almoloya de Juárez (1479.83 ha) y Jilotepec (1216.5 ha).

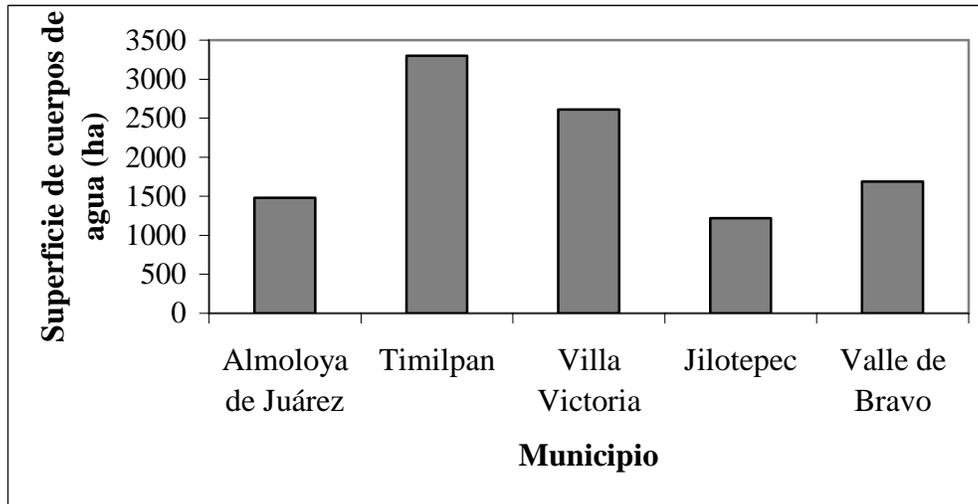


Figura 21. Municipios con mayor superficie de cuerpos de agua.
Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

El río Lerma tiene una extensión aproximada de 125 kilómetros, nace en el municipio de Almoloya del Río. Por el lado derecho recibe las aguas de los ríos: Tianguistenco, la ciénega de Texcaltenango, Ocoyoacac, Amealco, Atarasquillo, San Pedro, el Caparrosa, Temoaya, Solano, los manantiales de Jocotitlán y el Sila; y por el margen izquierdo recibe a los ríos: Verdiguél, Calixtlahuaca, Almoloya de Juárez, Santa María del Monte y el Mineral del Oro (Gobierno del Estado de México, 1993).

La cuenca del río Moctezuma tiene una superficie de 7,933.830 km². La cuenca del Pánuco está unido a la cuenca de México y tiene como fuentes originales las subcuencas del lago de Texcoco, que recoge las aguas de los ríos: La Asunción, Los Remedios, Tlalmanalco o de la Compañía, Río Frío, Los Reyes, Panoaya, Zumpango y Cuautitlán (Gobierno del Estado de México, 1993).

De acuerdo con INEGI (2001), los principales ríos de la cuenca del Balsas son:

Río Atoyac. Tiene una superficie dentro del estado de 114.040 Km². El río Atoyac es la principal corriente de las que integran el Balsas.

Río Balsas-Zirándaro. Tiene una superficie dentro del estado de 1,559.660 km².

Río Grande de Amacuzac. Tiene una superficie dentro del estado de 2,870.170 Km². La corriente principal de esta cuenca es afluente derecho del río Balsas; se origina en las faldas del Nevado de Toluca.

Río Cutzamala. Tiene una superficie dentro del estado de 5,217.980 Km². La corriente más importante de esta cuenca es una de las principales aportadoras del río Balsas. Se origina a 2,725 msnm, 61.5 km. al oeste de Morelia, Michoacán.

Indicador 3.1. Agua

Verificador 3.1.2. Tipo de uso del agua (actual y potencial).

El Estado de México es uno de los más importantes del país por su alta concentración poblacional, industrial y agrícola; todo esto se sustenta en el uso del agua, por lo que cada vez

se tiene la necesidad de gastar mayores volúmenes, aumentando los costos en el suministro del recurso (Tortolero, 2000).

Los escurrimientos superficiales en la entidad son aprovechados mediante presas y bordos de diversos tamaños, empleadas para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego, abrevadero, actividades recreativas, piscicultura y para uso doméstico. En la parte central y nornoreste de la entidad se encuentra la mayor concentración de habitantes, lo que ha ocasionado perturbación en las corrientes superficiales, sirviendo como drenes captadores de aguas residuales de los centros urbanos (INEGI, 2001).

Los usos que se les da a las principales presas del estado se presentan en el Cuadro 8, principalmente se usa el agua para riego, seguida de control de avenidas; solo a la presa de Valle de Bravo se le da un uso deportivo y recreativo.

Cuadro 8. Principales presas y sus usos.

Nombre	Usos
Presa Valle de Bravo	Energía eléctrica, deportivo y recreativo
Presa Villa Victoria	Energía eléctrica
Presa Huapango	Riego
Presa Tepetitlán	Riego
Presa Guadalupe	Riego
Presa Danxhó	Riego y control de avenidas
Presa Ignacio Ramírez	Riego y control de avenidas
Presa Antonio Alzate	Control de avenidas y riego
Presa Ñadó	Riego

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Los principales usos que se les da al agua subterránea es para consumo humano, para abastecer principalmente a la Ciudad de México y municipios contiguos; además de uso industrial, agrícola y para el sector público-urbano (INEGI, 2001).

Los mantos freáticos han sido aprovechados desde hace varias décadas para surtir de agua potable a la Ciudad de México y zona conurbada, que actualmente tiene más de 18 millones de habitantes y consume por día 57 a 63 m³/seg de agua; en la entidad existe un déficit de 241.76 millones de metros cúbicos (Mm³) por año, con un gasto anual de 1 051.86 Mm³ de agua. Este déficit se debe a la por sobreexplotación de mantos freáticos y aguas superficiales, deterioro de las

cuencas alimentadoras (deforestación, cambio de uso de suelo y erosión) y la contaminación de ríos y arroyos por aguas residuales industriales y municipales no tratadas (Ezcurra *et al.*, 2006).

Indicador 3.1. Agua

Verificador 3.1.3. Tipo, volumen y temporalidad de la cosecha de agua.

El Verificador se refiere con tipo de agua a si el agua es superficial o subterránea; el volumen que tienen los cuerpos de agua, en cuanto a temporalidad de agua no se cuenta con el dato.

El Cuadro 9 muestra algunas de las fuentes de agua más importantes de la entidad y el volumen de capacidad con que cuentan. En cuanto a agua superficial se enlistan nueve Presas, las de mayor capacidad son: Valle de Bravo (401.0 Mm³), Villa Victoria (218 Mm³) y Huapango (128.8 Mm³). En cuanto al agua subterránea se cuenta con manantiales y pozos en cuatro puntos de la entidad: San José Ixtapa, Ixtlahuaca-San Pedro de los Baños, Ixtapan del Oro e Ixtapan de la Sal-Tonatico.

Cuadro 9. Tipos de fuentes de agua.

Tipo de agua	Nombre	Capacidad total (Mm ³)
Superficial	Presa Valle de Bravo	401.0
	Presa Villa Victoria	218.0
	Presa Huapango	129.8
	Presa Tepetitlán	92.0
	Presa Guadalupe	57.0
	Presa Danxhó	22.7
	Presa Ignacio Ramírez	20.5
	Presa Antonio Alzate	35.3
	Presa Ñadó	15.1
Subterránea (manantial)	San José Ixtapa	
Subterránea (pozo)	Zona termal Ixtlahuaca-San Pedro de los Baños	
Subterránea (manantial)	Ixtapan del Oro	
Subterránea (tres manantiales)	Ixtapan de la Sal-Tonatico	

Fuente: INEGI, 2001.

Los usos que se le da al agua de las principales zonas de explotación en la entidad se presentan en el Cuadro 10 y son: doméstico, agrícola e industrial. De las ocho zonas de explotación, cinco están sobreexplotadas.

Cuadro.10. Principales zonas de explotación de agua subterránea.

Características	Valle de Toluca	Temascalcingo	Santa María Canchesda	Tenancingo
Ubicación	En la porción occidental del estado.	Al noreste de la entidad		Al sur del estado.
Superficie (% del área estatal)	10.74 %	0.24%		0.09%
Cuenta con	1678 captaciones, de las cuales 885 son pozos, 601 norias y 192 manantiales.	Ocho pozos, así como algunas norias y manantiales.	Tres pozos con gastos de 16 a 30 litros x seg	Pozos profundos son casi inexistentes. El acuífero en la zona de explotación es de tipo libre.
Recarga	564 Mm ³ por año. Las fuentes del recurso son la infiltración de la precipitación pluvial.			
Extracción	621 Mm ³ anuales; de los cuales: 69.2% público-urbano, 14.8% agrícola, 11.1% industrial y 4.8% es para otros usos.	Con gasto de 6 a 16 litros x seg,	Con gastos de 16 a 30 litros x seg	
Déficit	57Mm ³ por año.			
Condición geohidrológica	Sobreexplotado.	Subexplotación.	Subexplotado.	Subexplotación.
Uso	Agrícola público, doméstico	Agrilcultura y servicio	Agricultura y servicio	Agrícola y doméstico.

	e industrial.	doméstico.	doméstico.	Predomina la agricultura de temporal
	Valle de México	Valle de Texcoco	Valle Cuautitlán-Tizayuca	Valle de Ixtlahuaca-Atlacomulco
Ubicación	Ciudad de México y municipios contiguos.	Al este de la entidad.	Al norte del estado	Situado al norte del Valle de Toluca.
Superficie (% del área estatal)	12.02%			
Cuenta con	1872 aprovechamientos: 1866 pozos y 6 manantiales.	Calidad de agua variable, dado que los sólidos totales disueltos cambian de 200 a 1700 ppm.	1027 pozos	1033 aprovechamientos: 299 pozos, 598 norias y 136 manantiales.
Recarga	487 Mm ³ al año. A través de la precipitación pluvial y por escurrimientos originados en el Popocatepetl, Iztaccíhuatl y la Sierra Nevada.	49.8 Mm ³ por año; con una extracción de 75 Mm ³ al año.	350 Mm ³ al año.	200 Mm ³ al año
Extracción		75 Mm ³ al año.	481 Mm ³ al año.	208 Mm ³ por año.
Déficit		25.2 Mm ³ al año.	131 Mm ³ por año.	8 Mm ³ por año.
Condición geohidrológica	Sobreexplotación.	Sobreexplotación.	Sobreexplotación.	Sobreexplotado.

Uso	17% a la agricultura, 77.4% al uso público-urbano, 0.7% para uso doméstico- abrevadero y 4.9% para la actividad industrial.
-----	---

Fuente: INEGI, 2001.

La entidad cuenta con buenas fuentes de agua, pero si se analizan otros verificadores se puede mostrar que tanto las fuentes subterráneas como las superficiales están siendo insuficientes para abastecer sobre todo a la Ciudad de México y los municipios próximos a esta y a la Ciudad de Toluca; además de que el cambio de uso de suelo es una de las causas de que muchas de estas fuentes estén desapareciendo; al igual que la contaminación que afecta la calidad del agua. En general con la información que se cuenta del indicador agua se puede tener un buen panorama acerca del mal estado en el que se encuentra y el incorrecto manejo que se le da a este recurso en la entidad.

Indicador 3.2. Suelos.

Verificado 3.2.1. Tipo de suelos.

Los suelos predominantes son: Andosoles, suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas; se extienden en 22% del estado y se consideran de baja calidad agrícola o para fines pecuarios. Los Feozem, cubren 21% del territorio estatal y se localizan en las partes intermedias y bajas de montañas (piedemonte), adecuado para uso ganadero. Los Vertisoles, suelos de zonas planas y los de mayor productividad agrícola ocupan 14% del territorio estatal, le siguen los regosoles (o suelos poco desarrollados y con pedregosidad) con 11%, ubicados principalmente en la Cuenca del Balsas, su rendimiento agrícola es limitado y depende del grado de desarrollo que tenga, así como de su exposición a laderas y pendientes que provocan su erosión. Con 8% le siguen los cambisoles o suelos cambiantes con alto contenido de arcilla, que forman grietas en el suelo cuando se secan; se encuentran en los valles, siendo productivos para la agricultura si cuentan con riego. El 24% restante se distribuye en unidades menores de suelo como los planosoles (7%), litosoles (5%), luvisoles (4%); y un 9% para acrisoles, histosoles, fluvisoles, gleysoles y solonchak (Gobierno del Estado de México, 1993) (Figura 25).

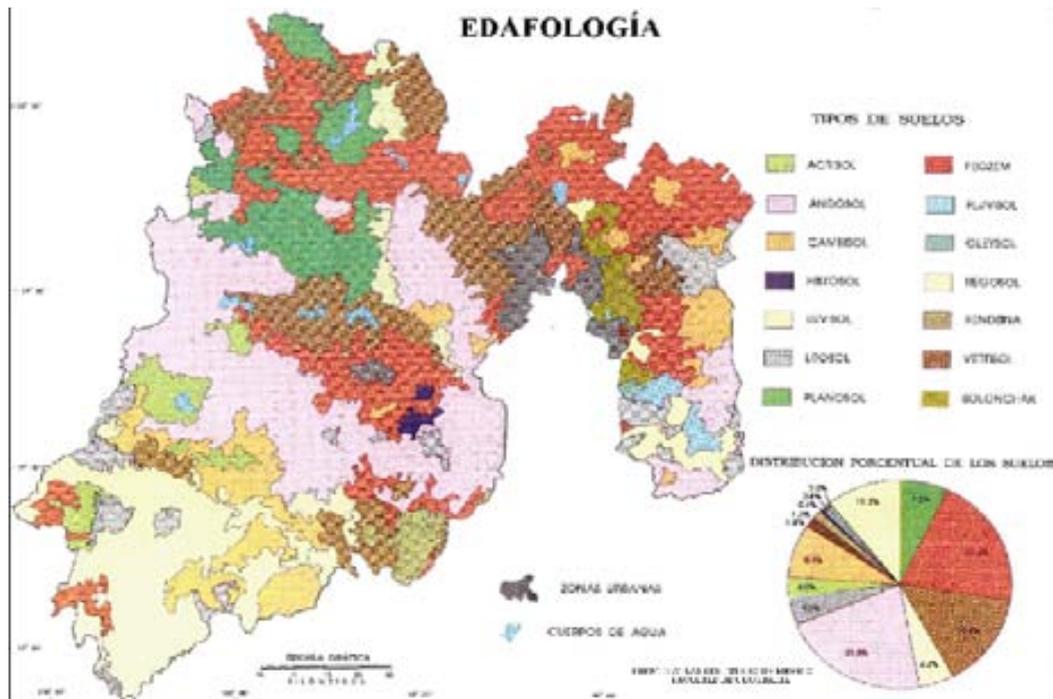


Figura 22. Distribución de los tipos de suelos.
Fuente: INIFAP, 2005.

Indicador 3.2. Suelos.

Verificador 3.2.2. Erosión.

La erosión es un proceso físico constante de desprendimiento, transporte y depósito de las partículas del suelo, sus efectos alteran el medio natural y por lo tanto restringen su aprovechamiento (Challenger, 1998). Entre los efectos más importantes de la erosión, se encuentran la degradación de los ecosistemas, el azolve de los cuerpos de agua, la disminución de la fertilidad, la pérdida de materia orgánica y el cambio en el estado de agregación de los suelos (Wagner y Lenz, 1989). Cuando la erosión es severa como sucede en varios municipios del estado, se dificulta el desarrollo de la vegetación nativa. Estos suelos con alto nivel de erosión han perdido generalmente más del 50% de su capa superficial (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

El 50.67% de la superficie del estado tiene una degradación de suelos ligera, correspondiendo a 960 744.8 ha; 36.69% del territorio estatal tiene una degradación moderada, siendo 695,709.5 ha con dicho nivel de degradación; mientras que 10.77% de los suelos tiene una degradación severa (siendo 204,324.9 ha); finalmente, 1.85% de los suelos tiene una degradación extrema en la entidad (INIFAP, 2007).

Los verificadores para el indicador suelos reflejan una problemática dura, en cuanto a que la mayoría de estos son de vocación forestal, pero que el aprovechamiento que se les da en la mayoría de los casos no es este (el forestal); en segundo, el verificador erosión muestra que la mitad de los suelos de la entidad tiene una degradación ligera, mientras que el 10% tiene una degradación severa, este problema en parte es porque no se les da el uso potencial adecuado a los tipos de suelos del estado. Además la dinámica poblacional en la entidad y el desarrollo de la industria, han originado un aumento en la demanda del suelo, así como un incremento de su deterioro o degradación, ya sea por erosión, disposición inadecuada de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, descargas de aguas residuales, salinidad, sobrepastoreo, deforestación, desmontes agropecuarios y el inadecuado manejo de plaguicidas y fertilizantes. Los principales problemas que se observan en este rubro son los procesos de erosión, causados por los desmontes agropecuarios, cambio de uso del suelo (de forestal a agrícola o pecuario) y factores climáticos (erosión hídrica y eólica).

CRITERIO 4. ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA

Indicador 4.1. Riqueza de especies (flora y fauna)

Verificador 4.1.1. Estimación o lista de especies nativas presentes.

En 1997, con base en diferentes referencias bibliográficas, se calculó un total de 2,166 especies componentes de la biodiversidad existente en la entidad, 1,017 especies de flora y 1,149 especies de fauna (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

De acuerdo con el Cuadro 11 el número de especies de fauna es mayor al de flora por incluirse los arácnidos e insectos. Excluyendo a los grupos mencionados, el 41.8% corresponde a los vertebrados. Incluidas entre el grupo taxonómico de árboles y plantas, destacan 40 especies de encinos (*Quercus*), por lo que se considera al estado como una de las entidades del país con mayor número de especies de encinos (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

Cuadro 11. Número de especies de flora y fauna registradas en la entidad.

<u>Grupo taxonómico</u>	<u>Número de especies</u>
<i>Flora</i>	
Árboles y plantas	908
Helechos y musgos	88
Hongos	21
Subtotal	1,017
<i>Fauna</i>	
Insectos y arácnidos	668
Mamíferos	82
Aves	281
Reptiles	73
Anfibios	37
Peces	8
Subtotal	1,149
Total	2,166

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Flora

En el Cuadro 12 se puede ver la riqueza de especies de grupos de plantas que existen en el estado y en todo el país. Los grupos con mayor riqueza son: musgos, cuentan con 243

especies en la entidad, correspondientes al 25.31% nacional; encinos con 40 especies, correspondientes al 23.12% del país y las gramíneas con 222 especies en la entidad, que corresponden al 23.36% del país (INIFAP, 2007).

Cuadro 12. Riqueza de especies registradas de grupos de flora seleccionados.

Familia	No. de spp registradas en México	No. de spp registradas, Estado de México
Musci	960	243
Pteridofita	1000	88
Quercus ^{1,2}	173	40
Agavaceae ¹	217	29
Commelinaceae	100	29
Compositae	2400	530
Gramineae	950	222
Lamiaceae ^{2,3}	512	57

Fuente: INIFAP, 2005.

Fauna

Mamíferos. En el Cuadro 13 se observan los órdenes, familias, géneros y especies de mamíferos que hay en la entidad. En la entidad se han registrado a 117 especies de mamíferos silvestres; clasificados en 8 órdenes, 18 familias y 72 géneros. A pesar de la reducida superficie territorial del estado, estas especies constituyen el 26% del total reportado en el país. Diez especies que incluyen a cinco murciélagos, dos roedores, el coatí, el margay y el pecarí han sido recientemente registradas en la entidad. A pesar de su gran desarrollo económico, el conocimiento de los mamíferos sólo ha recibido una atención adecuada en las últimas dos décadas (INIFAP, 2007).

Cuadro 13. Órdenes, familias, géneros y especies de mamíferos que hay en la entidad.

Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Endémicas
Didelphimorphia	2	2	2	1
Xenarthra	1	1	1	0
Insectivora	1	3	6	2
Chiroptera	5	27	45	4
Primates	0	0	0	0
Carnivora	4	15	17	0
Perissodactyla	0	0	0	0

Artiodactyla	2	2	2	0
Rodentia	4	19	38	18
Lagomorpha	1	3	6	2
Total	18	72	117	27

Fuente: INIFAP, 2005.

Especies endémicas. A pesar de que no existe ninguna especie exclusiva del estado, en su territorio se encuentran alrededor de 27 endémicas del país que representan 6% del total nacional. Estas incluyen al conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) y a varias tuzas (*Cratogeomys merriami*, *Cratogeomys tylorhinus*) y ratones (*Neotomodon alstoni*, *Reithrodontomys chrysopsis* y *Peromyscus aztecus*), de los bosques templados del Eje Neovolcánico. En la entidad se encuentra la segunda región en importancia de géneros endémicos de México después de las tierras bajas y montañas de Jalisco y Colima. De los 11 géneros del país, en el estado habitan 55%, que incluyen a musarañas (*Megasorex*), al teporingo (*Romerolagus*) y varios ratones (*Netomodon*, *Nelsonia*, *Hodomys* y *Osgoodomys*) (INIFAP, 2007).

Aves. En la entidad existen alrededor de 300 especies de aves diferentes, que habitan principalmente en las selvas bajas y en los bosques mesófilos de montaña. El estado recibe una importante cantidad de aves migratorias que se resguardan durante el invierno en los diferentes humedales de la entidad, especialmente las Ciénegas del Río Lerma y las del Valle de México (INIFAP, 2007).

Herpetofauna. Los reptiles y anfibios del estado son variados y diversos. Se han registrado 79 especies de reptiles, que representan 11% de todas las especies de este grupo en el país e incluyen a tortugas, lagartijas, iguanas, culebras y serpientes. Asimismo, existen 45 especies de anfibios que representan el 15% nacional, que incluye ajolotes, salamandras, ranas y sapos. 65% de ellas son endémicas del país. Es importante mencionar que algunas de estas especies son de alta importancia para la salud pública, ya que son venenosas (INIFAP, 2007).

Especies de invertebrados. El estado cuenta con una enorme variedad de especies de invertebrados, algunos de los cuales sirven de alimento, como el marranito, moscos, ahuahutle, caracoles y chapulines. El territorio estatal es el refugio hibernal de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) llamada localmente papalota de monte, que representa la unión de los países de Norteamérica (INIFAP, 2007).

Se aprecia que el estado posee una considerable riqueza de especies tanto de flora como de fauna. A nivel nacional en cuanto a flora, la riqueza de encinos es considerable, ya que representa el 23.12% del país. En cuanto a fauna, hay muchas especies de mamíferos, el estado alberga a la mitad de especies endémicas de los once géneros que hay en el país. Por otra parte en la entidad hay especies de interés especial, como lo es la mariposa Monarca o el conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*).

Indicador. 4.2. Áreas ecológicamente sensitivas (hábitats especiales).

Verificador. 4.2.1. Superficie (ha) y proporción de áreas naturales de interés especial (reserva, bosques viejos, áreas riparias).

Las áreas naturales de interés especial pueden ser reservas de la biosfera, parques nacionales, cuencas hidrológicas, etc. A continuación se presentan estas áreas según el interés de protección.

Áreas naturales protegidas

El principal objetivo de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), es el de conservar los recursos naturales y satisfacer las necesidades educativas, de recreación y de investigación científica. A partir de la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México, publicada el 27 de noviembre de 1997, con vigencia desde marzo de 1998, se definen nuevos tipos de áreas naturales protegidas (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999).

El Estado de México, es la entidad que posee más áreas naturales protegidas (60) en el país, ocupando una superficie de 499, 261.38 hectáreas. El total de la superficie que ocupan las áreas naturales protegidas representa el 22.19% con respecto a la superficie total estatal (Gobierno del Estado de México y Secretaría de Ecología, 1999). La mayor parte de la cubierta vegetal de las ANPs de la entidad consiste en bosques de coníferas pero incluye también comunidades como: selva baja caducifolia, bosques de encino, mixtos, hasta los matorrales y pastizales (INEGI, 2001); en la Figura 23 se pueden ver la ubicación varias de las ANPs más importantes y el tipo de vegetación que en el estado hay.

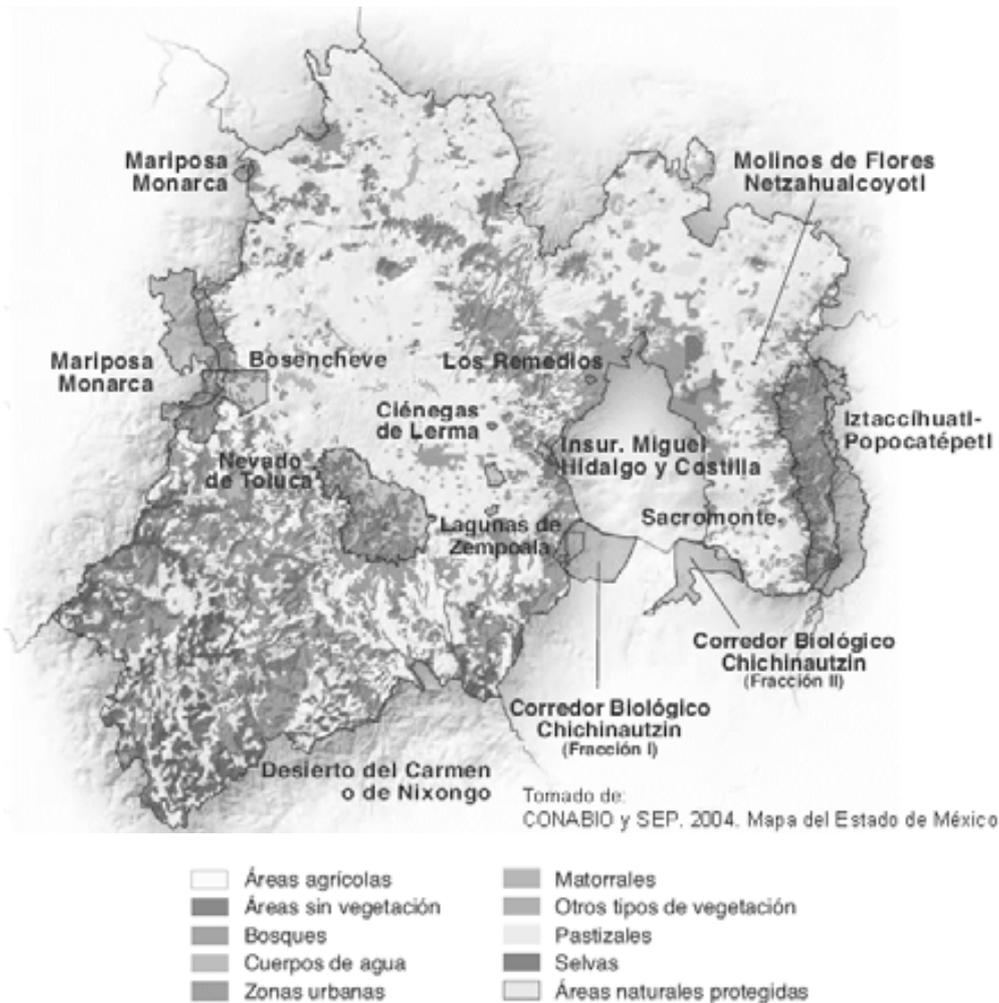


Figura 23. Ubicación de algunas Áreas Naurales Protegidas (ANPs) más importantes.

Fuente: INIFAP, 2005.

La entidad cuenta con una reserva especial de la biosfera, con 10 parques nacionales (de los 44 existentes en el país), 24 parques estatales, 5 parques municipales, 11 reservas ecológicas y 9 parques que funcionan sin decreto (Cuadro 14).

Cuadro 14. Clases, número y superficie de áreas naturales protegidas.

Tipo de área natural protegida	Número	Superficie (ha)
Reserva Especial de la biosfera	1	7,378.30
Parque nacional	10	118,645.00
Parque estatal	24	279,232.67
Reserva ecológica estatal	11	93,031.86
Parque municipal	5	193.72
Parques que funcionan sin decreto	9	779.83
Total	60	499,261.38

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Regiones Terrestres Prioritarias definidas por la CONABIO en el Estado de México.

El proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) es parte del Programa Regiones Prioritarias para la CONABIO, se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos (Arriaga *et al.*, 2000).

Las RTP corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica específica y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación (Arriaga *et al.*, 2000).

En el Estado de México hay seis Regiones Terrestres Prioritarias, en la Figura 24 se puede ver su ubicación de acuerdo al número que les corresponde: Sierra Nevada (107), Ajusco-Chichinautzin (108), Nevado de Toluca (109), Sierra de Chincua (110), 119 y Sierras de Taxco-Huahutla (120) (Arriaga *et al.*, 2000).

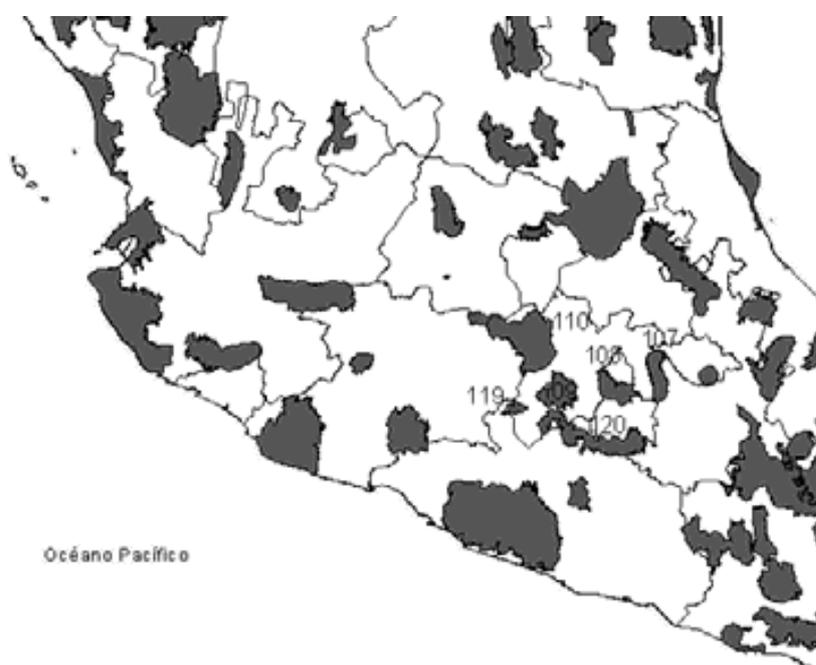


Figura 24. Localización de las regiones terrestres prioritarias del Estado de México.

Fuente: Arriaga *et al.*, 2000.

Regiones Hidrológicas Prioritarias ubicadas en el Estado de México.

La CONABIO inició en mayo de 1998 el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido (Arriaga *et al.*, 2002).

En la Figura 25 se muestra la localización de las cinco Regiones Hidrológicas Prioritarias del Estado de México. Siendo la 64 Humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, la 65 Cabecera del Río Lerma, 66 Lagos cráter del Nevado de Toluca, la 67 Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala y la 68 Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México (Arriaga *et al.*, 2002).

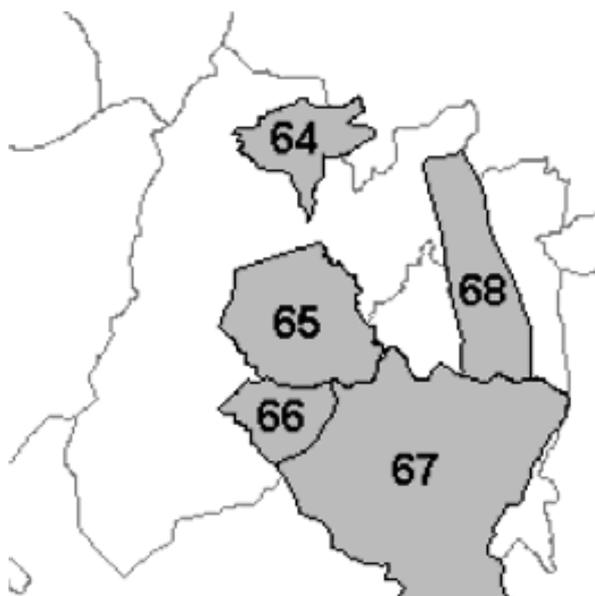


Figura 25. Regiones hidrológicas prioritarias.

Fuente: Arriaga *et al.*, 2002.

En el Cuadro 15 se clasifican las áreas hidrológicas prioritarias de acuerdo con su sistematización de áreas: de alta biodiversidad, áreas de uso por los diferentes sectores (industrial, agrícola, urbano, etc.) y áreas que presentan algún tipo de amenaza. La situación de estas regiones clave es complicada ya que sólo una de estas

no está amenazada (Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México), además de que tres son de alta biodiversidad (Arriaga *et al.*, 2002).

Cuadro 15. Clasificación de las Regiones hidrológicas prioritarias.

Clave	Regiones hidrológicas prioritarias	Regiones alta biodiversidad	Regiones uso por sectores	Regiones amenazadas
64	Humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca	*		
65	Cabecera del Río Lerma	*	*	*
66	Lagos cráter del Nevado de Toluca		*	*
67	Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	*	*	*
68	Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México		*	*

Fuente: Arriaga *et al.*, 2002.

Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña

El Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) incide en la conservación de las áreas boscosas que protegen las cuencas hidrográficas del país, a través de las cuales se abastecen más de 33 millones de personas que viven en 99 ciudades principales vinculadas con estas montañas. Este programa tiene definidas 60 montañas como prioritarias. En el Estado de México se encuentran incluidas las siguientes montañas: Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan, Sierra de las Cruces, Nevado de Toluca y Amealco.

A nivel nacional es la entidad con más ANPs; además si tomamos en cuenta que hay otros tres programas en los que se involucran áreas estratégicas de la entidad: el Programa Regiones Prioritarias para la CONABIO, Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias y el Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña; y por qué el inminente deterioro de los bosques del estado, hace falta mejorar estos programas y dar un seguimiento adecuado.

CRITERIO 5. FUNCIÓN DE POBLACIÓN.

Indicador 5.1. Proporción de áreas convertidas (ha) en un grupo de genes no nativos o no originarios del lugar.

Verificador. Plantaciones forestales comerciales

Una de las estrategias empleadas para reducir la presión que sufren los ecosistemas forestales e incrementar la producción forestal, maderable y no maderable, ha sido el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Para ello se creó en 1997 el Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), cuyo objetivo es apoyar el establecimiento de 875 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales en un plazo no mayor a 25 años, a fin de reducir las importaciones de productos forestales y crear, al mismo tiempo, alternativas de desarrollo sustentable, así como promover la diversificación productiva en el país. El programa está basado en la reconversión al uso forestal de terrenos que alguna vez fueron desmontados con fines agropecuarios.

El indicador superficie plantada, verificada y pagada de plantaciones forestales comerciales denota el esfuerzo encaminado a reducir la presión sobre los recursos forestales nacionales e incrementar la producción maderable y no maderable.

La Figura 26 muestra que la superficie reforestada por plantaciones de 2000 a 2004 ha ido en aumento año con año, esto es una buena respuesta en cuanto a que se reforesta además de que se mejora la calidad de los suelos de la entidad, el género *Pinus* es el más usado en estas plantaciones. En el 2000 se reforestaron 652 ha, ya en 2004 se reforestaron 1700 ha.

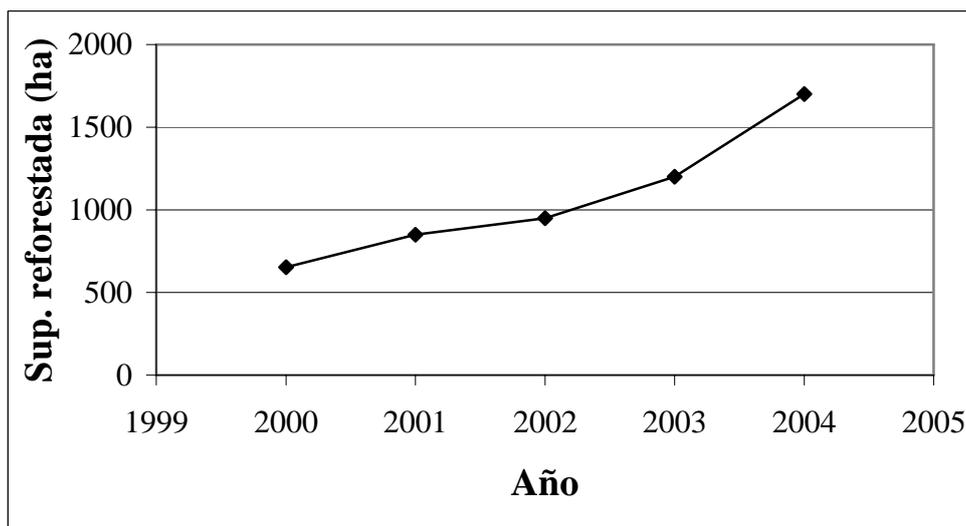


Figura 26. Superficie reforestada por plantaciones forestales comerciales de 2000 a 2004.

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2005.

En cuanto a las plantaciones forestales comerciales, se ha tenido una buena respuesta, como se data de 2000 a 2004; aunque no se cuenta con información de los últimos tres años, que es algo fundamental para saber si hay se le da continuidad a estas plantaciones; ya que no se sabe si han aumentado o disminuido.

CRITERIO 6. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN.

Indicador 6.1. Aplicación de estrategias para conservar los genes de especies comerciales o amenazadas.

Verificador 6.1.1. La existencia y aplicación de estrategias para conservación de los genes (áreas y huertos semilleros, viveros, bancos de germoplasma, UMAS, etc.).

Bancos de germoplasma

De 1990 a 2000 PROBOSQUE ha venido desarrollando diversas tareas entre las que destacan, la selección de 1676 árboles superiores de *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. ayacahuite*, con el objeto de generar una base genética de especies de interés y sobre todo nativas del Estado de México (Azamar, 2000).

El Cuadro 16 muestra los bancos de germoplasma que hay en el estado a partir de 1998 a 2004, además de mostrar las dependencias a cargo de estos bancos.

Cuadro 16. Número de bancos de germoplasma.

Año	SEMARNAT	SEDENA	Gob. del Edo. de México	Organizaciones Sociales	Instituciones Académicas	Instituciones Privadas	TOTAL
1998	1	2	1	0	1	2	7
1999	0	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	0	
2001	0	0	0	0	0	0	
2002	1	0	0	0	0	0	1
2003	1	0	0	0	0	0	1
2004	1	0	0	0	0	0	1
Total	4	2	1	0	1	2	10

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2005; SEMARNAT, 2002.

Huertos semilleros

Del germoplasma obtenido, se han establecido un poco más de 30 huertos semilleros en distintos municipios de la entidad, a través de semilla e injertos hasta 1999 (Azamar, 2000).

Áreas

Como la producción de semilla en los huertos semilleros de coníferas requiere de 10 a 15 años, es indispensable disponer de germoplasma de calidad, para cumplir esta necesidad PROBOSQUE ha seleccionado 26 rodales naturales en masas puras y ha

establecido 11 áreas semilleros en la entidad, de las cuales se obtiene la semilla para sustentar los programas anuales de reforestación (Azamar, 2000).

Viveros forestales

Para los programas de reforestación se requieren 35 millones de árboles, de los cuales 50% se producen en los 15 viveros de PROBOSQUE en el estado (Azamar, 2000).

Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS)

En cuanto a estrategias para la conservación de los genes, por una parte están las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAS). Hasta 21 año 2001 había registradas en la entidad 38 UMAS; de las cuales 25 son UMAS intensivas (sujetas a manejo en cautiverio o confinamiento, se refiere a criaderos intensivos) y 13 UMAS extensivas (sujetas a manejo en vida libre) (INIFAP, 2007). La aplicación de estrategias para conservar los genes de especies comerciales o amenazadas ha sido basta en la entidad, ya que sabemos que el estado cuenta con viveros, UMAS, bancos de germoplasma, huertos semilleros, áreas especiales para la obtención de semillas; todo estas medidas se llevan a cabo de manera integral, por lo que se debería de dar eguimiento a las reforestaciones para poder tener una conservación y restauración de los bosques del estado.

Indicador 6.2 .Especies en riesgo.

Verificador 6.2.1. Número de especies de interés por clase (ejemplo: especies extintas, especies en peligro de extinción, especies amenazadas, etc.).

El Cuadro 17 presenta el número de especies por categoría de interés y por grupo de vertebrados. El grupo de los mamíferos es el que tiene más especies protegidas, siendo estás 80; seguido de los reptiles, con 41 especies y por último los anfibios, con 17 especies.

Cuadro 17. Número de especies de vertebrados por clase de interés.

Estatus	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Total
En peligro de extinción	2	1	1	4
Rara	6	19	5	30
Protección especial		8	6	14
Amenazada	12	13	5	30
Extinta				
Extinta en estado silvestre	1			

Críticamente amenazada				
Vulnerable				
En menor riesgo casi amenazada	7			7
Vedadas	9			9
Cacería restringida	3			3
Permisos especiales	5			5
Endémica	27			27
Pequeños mamíferos	9			9
Total	80	41	17	138

Fuente: INIFAP, 2005.

Con base en la norma ecológica mexicana NOM-059-ECOL-1994 se han identificado especies consideradas con *estatus*, 10 de flora; en el Cuadro 18 se pueden ver estas especies por clase de interés. Hay cuatro especies en peligro de extinción; dos amenazadas y cuatro raras. La mayor parte son especies de cactáceas y de orquídeas.

Cuadro 18. Especies de flora con estatus de interés.

	Especie flora	Familia	Estatus	Nombre común
1	<i>Mammillaria auriceps</i> Lemaire	Cactaceae	Amenazada	Biznaga/cacto
2	<i>Mammillaria pringlei</i> (J. Coulter) Brandege	Cactaceae	Rara	Biznaga/cacto
3	<i>Mammillaria san-angelensis</i> Sánchez-Mej.	Cactaceae	En peligro	Biznaga/cacto
4	<i>Schoenacaulon pringlei</i> Greenm	Liliaceae	Rara	Cebadilla
5	<i>Corallorrhiza macrantha</i> Schltr.	Orchidaceae	Rara	Orquídea
6	<i>Laelia anceps</i> Lindl.	Orchidaceae	En peligro	Orquídea
7	<i>Lycaste skinneri</i> (Batem. ex Lindl.) Lindl.	Orchidaceae	En peligro	Orquídea
8	<i>Papperitzia leiboldii</i> Reichb. F.	Orchidaceae	Rara	Orquídea
9	<i>Chamaedorea metallica</i> O. F. Cook	Palmae	En peligro	Palma
10	<i>Chamaedorea stolonifera</i> Wendl. Hook	Palmae	Amenazada	Palma

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Un buen número de especies tanto de flora como de fauna están en la categoría de amenazadas; siendo 12 de mamíferos, 13 de reptiles y una especie de palma y una cactácea. Los mamíferos son en general los vertebrados que más espacio ocupan de hábitat, de esta manera vemos que son el grupo más vulnerable a la disminución de los bosques de la entidad.

CRITERIOS E INDICADORES DEL PRINCIPIO INTEGRIDAD ECOLOGICA DEL ESTADO DE MEXICO

A continuación se presenta en el Cuadro 19 el número de criterios, indicadores y verificadores obtenidos.

Cuadro 19. Número de criterios, indicadores y verificadores del Principio Integridad Ecológica.

Criterio	Número de indicadores	Número de verificadores
1. Función del Paisaje	2	6
2. Estructura del Paisaje	1	1
3. Función del Ecosistema	2	5
4. Estructura del Ecosistema	2	2
5. Función de Población	1	1
6. Estructura de la Población	2	2
TOTAL	10	17

El Criterio Función del Paisaje fue el que mejor se complementó, especialmente para el indicador procesos de disturbio, ya que se reportaron tres verificadores para este, pertenecientes a incendios, plagas y enfermedades y a cambios de uso de suelo.

Para el Criterio Estructura del Paisaje se reportó el indicador tipos de vegetación y clases estructurales, con su respectivo verificador número de hectáreas por tipo de comunidad vegetal. Aunque esta información es importante, faltó información para complementar el verificador que se obtuvo, para saber el patrón de distribución de las comunidades vegetales.

El Criterio Función del Ecosistema tuvo dos indicadores: agua, estuvieron bien cubiertos los tres verificadores, nos da un buen panorama de la situación actual crítica del recurso agua y del mal manejo que se le ha dado. En cuanto al indicador suelos, también la información ha sido complementada por sus dos verificadores, que son tipo de suelos y erosión, nos señalan que la mayoría de los suelos son de vocación forestal y que sin embargo no se les ha dado ese uso en muchos casos, resultando en distintos niveles de erosión.

Para el Criterio Estructura del Ecosistema se obtuvieron dos indicadores: la riqueza de especies, tanto de flora como de fauna. Además del indicador Áreas ecológicamente sensitivas (hábitats especiales). Referente al primer indicador, la entidad tiene una gran riqueza de especies principalmente de encinos, musgos y de mamíferos. En cuanto al

segundo indicador de áreas especiales, el estado cuenta con un buen número de ANPs; además de que hay áreas especiales incluidas en tres programas (de cuencas, áreas terrestres prioritarias y de montañas).

El Criterio Función de Población sólo tuvo un indicador y un verificador, que corresponde a las áreas reforestadas para plantaciones forestales comerciales. En general el indicador sólo nos da una vaga idea del éxito obtenido por las plantaciones, ya que sólo se cuenta con información de pocos años (de 2000 a 2004) y con esa información se puede ver que año con año la superficie reforestada va en aumento, pero no se cuenta con datos más recientes, por lo que no se sabe si esta tendencia siga. Este criterio fue el que contó con menos información, así que el indicador sólo nos da una idea de los inicios de estas plantaciones, pero no es suficiente.

Para el Criterio Estructura de la Población se obtuvieron dos indicadores: el primero que tiene que ver con las estrategias que se aplican para la conservación de genes de especies comerciales o amenazadas; se puede contar con información de estas estrategias, no obstante falta complementar con saber qué estrategias se usan para las especies comerciales y cuáles para las que están en peligro; porque con la información que se tiene sólo se sabe que las estrategias se aplican a especies comerciales, en su mayoría coníferas nativas. Ya que para el segundo indicador que es especies en riesgo, se tiene que la mayoría de estas corresponde al grupo de los mamíferos, además de algunas especies de cactáceas y de orquídeas.

CONCLUSIONES

El conjunto de criterios e indicadores del principio integridad ecológica obtenidos y desarrollados valoraron las posibilidades de evaluar la sustentabilidad actual de los bosques templados del Estado de México. El desarrollo y documentación de cada indicador permitió deducir que el progreso de la sustentabilidad del manejo forestal en la entidad presenta graves rezagos y retos, debido principalmente al rápido crecimiento demográfico, que por una parte tiene una mayor demanda de recursos naturales, principalmente agua, suelo y forestales (maderables y no maderables); y por otro lado, el acelerado cambio de uso de suelo forestal a industrial, agrícola y urbano. Pero sobre todo a que se carece de las capacidades para generar datos, tendencias y comportamientos actuales y de amplitud estatal.

A través del marco de referencia y del conjunto de criterios e indicadores obtenidos se pudo identificar la severa condición ecológica que presenta en general la entidad, a causa de la presión poblacional que ejercen las ciudades de México y Toluca, así como, sus amplios asentamientos conurbanos, sobre los bosques y sus recursos naturales evidenciada en la disminución de la extensión de los bosques, el déficit de agua, la acelerada pérdida de suelos y de biodiversidad. Frente a este grave panorama las medidas de respuesta hacia esta situación no han sido suficientes, los programas limitados y aun están pendientes disposiciones que se deben aplicar para mejorar la situación actual de los ecosistemas forestales.

La revisión de conceptos relacionados con el monitoreo del manejo forestal proporcionó un marco teórico referido a los criterios e indicadores del principio integridad ecológica relacionados con los recursos forestales y su sustentabilidad, donde sobresalen los criterios: función y estructura del paisaje, función y estructura del ecosistema, así como, función y estructura de la población.

Se generó una base de datos referente a los bosques del Estado de México basados en el principio integridad ecológica, es importante señalar que la base de datos tiene algunas lagunas de información en cuanto a áreas naturales protegidas y sus planes de manejo sobre las plantaciones forestales comerciales y la superficie reforestada por cada especie, además de actualizaciones sobre la superficie ocupada por tipo de vegetación; más aún no hay referencias disponibles relacionadas con la productividad

de los bosques ni de captura de carbono, siendo estas las áreas que deberían de tener más participación e inversión científica y política. Por otra parte, se contó con disponibilidad de datos en cuanto a los procesos de disturbio del paisaje (procesos naturales y provocados por el hombre): reforestación, incendios, plagas y enfermedades, y restauración. También la calidad de la información fue aceptable en cuanto a suelos, agua, riqueza de especies, especies en riesgo y de aplicación de estrategias para conservar los genes de especies comerciales y amenazadas.

La tendencia de los bosques templados de la entidad en general muestra una acelerada pérdida, con la consecuente disminución de los recursos naturales relacionados directa o indirectamente con estos ecosistemas: disminución de la cantidad y calidad del agua, además del aumento en la demanda de este recurso que cada vez es más insostenible; la pérdida de suelos principalmente por el cambio de uso de suelo forestal a urbano, industrial o agrícola, también el inapropiado uso que se les confiere a los suelos, que en su mayoría son de vocación forestal, resultando en erosión y contaminación; la disminución de los bosques resulta también en la reducción del hábitat de muchas especies de fauna y en algunos casos pérdida de este. Cabe señalar que de la información que pudiera ser más relevante para la evaluación del manejo forestal en el Estado de México en cuanto a su integridad ecológica, no existen los mecanismos para obtenerla por lo que esta tendencia se debe de tomar como una referencia general para futuras investigaciones.

ANEXOS

Anexo 1. Niveles de precipitación y temperatura que hay cada mes, en las estaciones del estado.

Estación	Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Toluca	Enero	9.9	9.4
	Febrero	11.1	5.4
	Marzo	13.1	11.9
	Abril	14.5	31.1
	Mayo	14.7	63.6
	Junio	14.3	138.8
	Julio	13.3	157.2
	Agosto	13.3	148.4
	Septiembre	13.3	126
	Octubre	12.6	54
	Noviembre	11	26.5
	Diciembre	10.1	8.3
	Anual	12.6	785.5
Chapingo	Enero	11.6	7.6
	Febrero	13.1	4.7
	Marzo	15.5	10.5
	Abril	16.8	27.5
	Mayo	17.6	64
	Junio	17.3	104.2
	Julio	16.2	122.1
	Agosto	16	112.2
	Septiembre	15.7	98.7
	Octubre	14.6	43.8
	Noviembre	12.9	12.6
	Diciembre	11.5	5.2
	Anual	14.9	613.1
Aculco	Enero	10.3	10.9
	Febrero	11.9	4.5
	Marzo	15	10
	Abril	16.5	10.7
	Mayo	17.4	57.8
	Junio	16.2	119.2
	Julio	15.6	155.2
	Agosto	15.4	116.4
	Septiembre	14.9	112.4
	Octubre	13.9	42.9
	Noviembre	12	13.3
	Diciembre	10.6	7.9
	Anual	14.2	669
Río Frio	Enero	8.1	14.5
	Febrero	9.2	9.9
	Marzo	11	12.7
	Abril	12.1	50.1
	Mayo	12.1	106.9

	Junio	12	189.5
	Julio	11.5	202.5
	Agosto	11.8	185.2
	Septiembre	11.1	191.3
	Octubre	10.5	89.6
	Noviembre	9.6	26.4
	Diciembre	8	10.4
	Anual	10.6	1089.1
	Enero	21.3	16
	Febrero	22.5	4
	Marzo	25.1	2.9
	Abril	26.9	13.4
	Mayo	26.8	60.6
Acatitlán	Junio	25	249.9
	Julio	23.3	191.4
	Agosto	23.2	199.9
	Septiembre	23.1	247.9
	Octubre	22.5	111.2
	Noviembre	22.3	22.3
	Diciembre	21.1	10.5
	Anual	23.6	1129.9
	Enero	25.6	11.9
	Febrero	26.8	3
	Marzo	29	0.7
	Abril	30.9	4.3
	Mayo	14.7	63.6
	Junio	29.3	211.2
Bejucos	Julio	27.1	261.7
	Agosto	26.8	242.4
	Septiembre	26.8	221.5
	Octubre	27	10.9
	Noviembre	26.6	17.3
	Diciembre	25.6	3.4
	Anual	27.7	1129.6
	Enero	16.2	16
	Febrero	19.5	2
	Marzo	21.8	2.3
	Abril	24.2	8.9
	Mayo	25.6	54.2
	Junio	24.6	251.8
Luvianos	Julio	22.8	250.5
	Agosto	22.7	239.7
	Septiembre	22.5	254.8
	Octubre	22	129.4
	Noviembre	20	19.9
	Diciembre	18.1	3.1
	Anual	21.7	1232.7
Presas Colorines	Enero	16.8	18.1
	Febrero	17.9	5.6

	Marzo	19.7	6
	Abril	21.4	10.6
	Mayo	22.1	59.3
	Junio	20.7	205.1
	Julio	19.3	196.2
	Agosto	19.1	193
	Septiembre	18.9	187.1
	Octubre	18.7	108.9
	Noviembre	18	27
	Diciembre	16.9	8.6
	Anual	19.1	1025.5
	Enero	11.8	6.7
	Febrero	13.1	5.6
	Marzo	15.4	10.6
	Abril	16.5	21.7
	Mayo	17.9	46.4
	Junio	18.1	101.9
Nezahualcóyotl	Julio	17.6	111.7
	Agosto	17.6	110.2
	Septiembre	17.11	94.4
	Octubre	15.6	31.3
	Noviembre	13.7	13.6
	Diciembre	12.2	5.7
	Anual	15.5	559.8
	Enero	3	20.8
	Febrero	2.8	17.9
	Marzo	4.4	23.8
	Abril	5.8	56.9
	Mayo	5.4	111
	Junio	5.3	197.7
Nevado de Toluca	Julio	4.6	270
	Agosto	4.4	244.1
	Septiembre	4.6	180.5
	Octubre	4.2	83.3
	Noviembre	3.5	20.3
	Diciembre	3.9	17.2
	Anual	4.2	1243.7

Fuente: INEGI, 2001.

Anexo 2. Número de árboles y hectáreas reforestados.

Año	Árboles plantados	Hectáreas Reforestadas
1992	1,143,590	646.2
1993	1,376,713	821.11
1994	8,092,936	8,218
1995	30,189,072	14,582
1996	4,170,400	2,205.40
1997	39,771,600	17,489.00
1998	43,887,000	21,943
1999	36,053,000	17,545.00
2000	29,551,909	18,116.00
2001	30,351,018	16,168.00
2002	26,200,076	19,036.70
2003	20,672,341	15,271.10
2004	19,300,300	16,016.00
2005	20,944,140	15,412.00
2006	3,620,000	3,289.00

Fuente: INIFAP, 2005; SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

Anexo 3. Superficie de bosques con tratamiento de control de plagas y enfermedades (ha).

Año	Superficie c/ diagnóstico	Barrenadores	Defoliadores	Descortezadores	Muérdago	Otros	Total
1990	26,629	0	0	33	0	0	33
1991	216,708	0	0	567	0	0	567
1992	360,784	0	0	32	0	0	32
1993	766,324	0	0	160	0	0	160
1994	676,058	0	0	72	0	0	72
1995	168,784	3	556	230	10	5	804
1996	635,767	0	0	27	0	0	27
1997	596,710	0	170	21	0	0	191
1998	598,268	0	164	31	0	0	195
1999	500,869	0	178	67	0	0	245
2000	510,761	0	0	268	0	0	268
2001	558,000	0	86	232	119	0	437
2002	411,727	0	208	109	0	52	369
2003	3,000	0	0	0	375	0	375
2004	7,310				744	0	744
2005	8,108	0	0	202	416	0	618

Superficie con tratamiento de otros: se refiere a otras enfermedades forestales, que por ser diversas y de bajo impacto se integran en una sola categoría (declinamiento del encino, royas y pudriciones de fuste y raíz, etc.).

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

Anexo 4. Número de siniestros y hectáreas afectadas por los incendios forestales, de 1991 a 2006.

Año	Número de incendios	Hectáreas afectadas
1991	1,942	13,813
1992	450	1,143
1993	2,532	16,399
1994	2,061	11,240
1995	1,875	13,811
1996	2,771	15,008
1997	1,496	4,517
1998	3,649	25,847
1999	1,512	4,190
2000	2,152	6,835
2001	986	2,845
2002	1,025	1,815
2003	1,493	7,602
2004	1,010	2,392
2005	1,805	3,773
2006	1,509	7,027

Fuente: CONAFOR, 2006.

Anexo 5. Superficie afectada por las plagas y enfermedades forestales, de 1990 a 2005.

Año	Superficie c/ diagnóstico	Barrenadores	Defoliadores	Descortezadores	Muérdago
1990	26,629	5	0	146	275
1991	216,708	0	0	1,235	0
1992	360,784	0	0	150	8
1993	766,324	0	0	187	0
1994	676,058	0	50	120	2,700
1995	168,784	3	576	261	10
1996	635,767	0	0	47	0
1997	596,710	0	170	42	0
1998	598,268	0	164	140	138
1999	500,869	0	178	128	0
2000	510,761	0	0	286	0
2001	558,000	0	86	250	119
2002	411,727	0	335	112	0
2003	3,000	0	0	37	1,623
2004	7,310	0		1,301	1,827
2005	8,108	0	0	202	416

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2006; SEMARNAT, 2002.

Anexo 6. Número de cuerpos de agua y superficie que ocupan.

	Municipio	No. Cuerpos de agua	Superficie (ha)
<i>Más de 1000</i>	Almoloya de Juárez	1508	1479.83
	Aculco	1446	1061.7
	Jilotepec	1340	1216.5
	Acambay	1228	663.1
	4		
<i>De 600 a 100</i>	Polotitlán	587	750.99
	Timilpan	487	3300.46
	Ixtlahuaca	481	857.2
	Villa Victoria	420	2610.04
	Atlacomulco	375	404.55
	Soyaniquilpan de Juárez	310	306.76
	Temascalcingo	260	442.66
	San Felipe del Progreso	234	1031.77
	Jiquipilco	196	402.22
	Jocotitlán	194	432.38
	Chapa de Mota	190	150.47
	Coatepec Harinas	187	41.45
	Tejupilco	185	88.39
	Villa Guerrero	124	46.18
	Toluca	122	448.58
	Temoaya	115	128.8
	Tepetzotlán	106	78.93
	17		
<i>De 100 a 20</i>	Almoloya de Alquisiras	59	11.15
	Amatepec	62	35.4
	Axapuxco	93	46.52
	El Oro	97	205.21
	Hueypoxtla	56	37.46
	Ixtapan de la Sal	71	38.09
	Morelos	51	42.13
	Nicolás Romero	59	19.11
	Temascalapa	58	22.78
	Tonatico	78	22.64
	Valle de Bravo	57	1,688.73
	Villa del Carbón	69	440.95
	Zumpahucán	49	12.98
	Zacualpan	48	14.66
	Huehuetoca	46	186.29
	Otumba	45	13.57
	Lerma	44	102.17
	Zumpango	43	262.86
	Tlatlaya	37	477.19
	Tenancingo	37	37
	Zinacantepec	36	63.61
	Tianguistenco	35	14.71
	Texcoco	33	246.42
	Ixtapaluca	33	10.74
	Malinalco	27	9.03
	Tepetlaoxtoc	26	6.85
	Nopaltepec	26	9.37

	San Simón de Guerrero	22	8.9
	Villa de Allende	20	122.44
	San Martín de las Pirámides	20	7.94
	Teotihuacán	20	5.95
	31		
<i>Menos de 20</i>	Temascaltepec	19	3.05
	Cuautitlán Izcalli	16	121.59
	Zacazonapan	15	6.06
	Atizapan de Zaragoza	14	80.37
	Donato Guerra	14	22.4
	Ocuilan	13	21.39
	Tequixquiac	13	6.54
	Amanalco	12	33.76
	Acolman	11	50.93
	Juchitepec	11	14.72
	Tecámac	11	1.86
	Atenco	10	26.37
	Sultepec	9	1.47
	Santo Tomás	8	66.91
	Otzoloapan	7	27.48
	Ixtapan del Oro	4	0.97
	Apaxco	8	5.88
	Otzolotepec	8	6.25
	Metepec	7	14.9
	Ocoyoacac	7	87.46
	Huixquilucan	7	1.55
	Isidro Fabela	7	15.29
	Chalco	7	1.85
	Naucalpan	7	4.01
	Ecatepec de Morelos	6	0.85
	Nezahualcóyotl	5	34.16
	Teoloyucan	5	24.84
	Chicoloapan	5	1.49
	La Paz	5	0.74
	Cuautitlán	5	7.25
	Calimaya	4	0.36
	Joquicingo	3	11.64
	Xonacatlán	3	0.49
	Nextlalpan	3	3.05
	Almoloya del Río	2	38.67
	Coyotepec	2	0.62
	Chimalhuacan	2	0.93
	Tlalmanalco	2	0.41
	Texcaltitlán	2	5.44
	38		
<i>Con uno</i>	Ayapango	1	0.6
	Coacalco de Berriozabal	1	0.58
	Capulhuac	1	0.03
	Tlalnepantla de Baz	1	490.22
	Jilotzingo	1	0.03
	Tepetlixpa	1	2.05
	Tenango del Valle	1	1.74
	Xalatlaco	1	3.35

Fuente: INEGI, 2001.

Anexo 7. Cuadro. Clases de áreas naturales protegidas en el Estado de México.

Reserva Especial de la Biosfera

Número	Nombre	Municipio (s)	Fecha del decreto	Superficie (ha)	Administrado por:
1	Mariposa Monarca	Donato Guerra, Villa de Allende y Temascalcingo.	25-marzo-1980	7,378,3.00	SEMARNAP-Instituto Nacional de Ecología

Parques Nacionales

Número	Nombre	Municipio (s)	Fecha del decreto	Superficie (Ha)	Administrado por:
1	Bosencheve	Villa de Allende y Villa Victoria	19-junio-1940	15,000.00	SEMARNAP Estado de México
2	Desierto del Carmen	Tenancingo	09-septiembre-1942	529.00	CEPANAF
3	El Sacromonte	Amecameca y Ayapango	12-abril-1939	45.00	Ayuntamiento de Amecameca
4	Insurgente Miguel Hidalgo <i>La Marquesa</i>	Huixquilucan, Lerma y Ocoyoacac	09-septiembre-1936	1,750.00	CEPANAF y ejidatarios
5	Iztaccíhuatl – Popocatepetl	Amecameca, Tlalmanalco, Atlautla, Ecatzingo, Chalco, Ozumba, Texcoco e Ixtapaluca.	29-octubre-1936	25,579.00	SEMARNAP-Instituto Nacional de Ecología
6	Lagunas de Zempoala	Ocuilan	30-septiembre-1936	4,869.00	SEMARNAP estado de Morelos.
7	Los Remedios	Naucalpan	28-marzo-1938	400.00	Ayuntamiento de Naucalpan.
8	Molino de Flores	Texcoco	20-oct-1937	55.00	Ayuntamiento de Texcoco.
9	Nevado de Toluca	Temascaltepec, Zinacantepec, Toluca, Almoloya de Juárez, Coatepec Harinas, Villa Guerrero, Calimaya, Tenango del Aire y Amanalco de Becerra.	15-octubre-1936	51,000.00	CEPANAF y ejidatarios.
10	Zoquiapan y Anexas	Chalco, Texcoco, Ixtapaluca y Tlalmanalco.	19-febrero-1937	19,418.00	SEMARNAP Estado de México.

Parques Estatales

Número	Nombre	Municipio (s)	Fecha del decreto	Superficie (Ha)	Administrado por:
1	Alameda 2000, San José de la Pila	Toluca	12-enero-1993	179,22.00	Ayuntamiento de Toluca

2	Cerro Gordo	Temascalapa, Axapusco y San Martín de las Pirámides.	09-octubre-1976	3,027.00	Sin operar	
3	Chapa de Mota	Chapa de Mota y Villa del Carbón	15-mayo-1977	6,215.00	INJUDEM	
4	El Ocotal	Timilpan	22-julio-1977	122,14.00	CEPANAF	
5	Hermenegildo Galeana	Tenancingo	31-marzo-1980	367,99.00	CEPANAF	
6	Isla de las Aves	Atlacomulco y Timilpan	02-junio-1980	127,51.00	CEPANAF	
7	José Ma. Velasco	Temascalcingo	25-septiembre-1978	3.33	CEPANAF	
8	Lic. Isidro Fabela	Jocotitlán, Atlacomulo y Morelos	07-febrero-1975	3,701.00	Sin operar	
9	El Llano (Canalejas)	Jilotepec	07-diciembre-1977	101,89.00	Ayuntamiento de Jilotepec	
10	Metropolitano de Naucalpan	Naucalpan de Juárez	09-febrero-1979	103,83.00	Ayuntamiento de Naucalpan	
11	Nahuatlaca-Matlazincas	Joquicingo, Texcalyacac, Malinalco, Ocuilan, Tenango y Tianguistenco	08-agosto-1977	27,375.00	Sin operar	
12	Naucalli	Naucalpan de Juárez	24-septiembre-1982	53.23	Ayuntamiento de Naucalpan.	
13	Oso Bueno	Acambay y Aculco	03-junio-1977	15,256.00	Sin operar	
14	Otomí-Mexica	17 municipios desde Ocuilan hasta Villa del Carbón	04-enero-1980	105,375.00	CEPANAF	
15	San José Chalco	Ixtapaluca	31-may-1994	16.93	Sin operar	
16	Sierra de Guadalupe	Tlalnepantla de Baz, Ecatepec de Morelos, Tultitlán y Coacalco de Berriozabal	6-agosto-1976	5,306.75	Secretaría de Ecología.	
17	Sierra de Nanchititla	Tejupilco	15-noviembre-1977	67.410	CEPANAF	
18	Sierra de Tepetzotlán	Tepetzotlán y Huehuetoca	09-mayo-1977	13,175.00	Sin operar	
19	Sierra Hermosa	Tecámac	28-marzo-1994	853.00	Sin operar	
20	Sierra Morelos	Zinacantepec y Toluca	22-julio-1978	1,255.00	CEPANAF	
21	Sierra Patlachique	Acolman, Tepetlaoxtoc y Chiautla	Sin decreto	3,123.00	Sin operar	
22	Tenancingo-Malinalco-Zumpahuacán	Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán	10-julio-1981	25,625.63	Sin operar	
23	Tollocan-Calimaya	Calimaya y	05-agosto-	159.22	CEPANAF	

	(Zoológico de Zacango)	Toluca	1981			
24	Valle Escondido (Los Ciervos)	Atizapán de Zaragoza	07-junio-1978	300.00	Ayuntamiento de Atizapán de Zaragoza	

Reservas Ecológicas Estatales

Número	Nombre	Municipio (s)	Fecha del decreto	Superficie (Ha)	Administrado por:
1	Barranca México 68	Naucalpan de Juárez	15-enero-1996	1.15	Sin operar
2	Barranca Tecamachalco	Naucalpan de Juárez	15-enero-1996	15.42	Sin operar
3	Barrancas de Huixquilucan	Huixquilucan	16-agosto-1994	129.77	Sin operar
4	Barrancas de Naucalpan	Naucalpan de Juárez	16-agosto-1994	51.40	Sin operar
5	Cerro Colorado	Valle de Bravo	15-agosto-1991	102.00	Sin operar
6	El Cerrillo, Cerro Cualtenco	Valle de Bravo	14-octubre-1992	193.33	Sin operar
7	Espíritu Santo	Jilotzingo	10-agosto-1994	234.01	Sin operar
8	Malpaís de Santo Tomás de los Plátanos	Santo Tomás	02-agosto-1993	145.04	Sin operar
9	Monte Alto	Valle de Bravo	15-agosto-1991	575.00	Sin operar
10	Río Grande-San Pedro	Amatepec y Tlatlaya	9-septiembre-1993	91,578.00	Sin operar
11	Tiacaque	Jocotitlán	22-abril-1993	6.74	Sin operar

Parques Municipales

Número	Nombre	Municipio (s)	Fecha del decreto	Superficie (Ha)	Administrado por:
1	El Calvario	Metepec	15-mayo-1988	21.17	Sin operar
2	Laguna de Chignahuapan	Almoloya del Río	17-abril-1978	77.32	Sin operar
3	Las Sequoias	Jilotepec	21-febrero-1995	8.03	Sin operar
4	Tecula	Texcalyacac	08-agosto-1977	83.00	Sin operar
5	Tlalnepantla de Baz	Tlalnepantla de Baz	09-febrero-1979	4.20	Sin operar

Parques que funcionan sin decreto

Número	Nombre	Municipio (s)	Superficie (Ha)	Administrado por:
1	Centro Ceremonial Mazahua	San Felipe del Progreso	19.50	CEPANAF
2	El Contador	Atenco	16.00	Ejidatarios
3	El Salto	Donato Guerra e Ixtapan del Oro	7.00	CEPANAF
4	Grutas de la Estrella	Tonatico	10.00	Ayuntamiento de Tonicato
5	Matlatzinca	Toluca	10.00	Ayuntamiento de Toluca.

6	Parque del Pueblo (Zoológico Neza)	Nezahualcóyotl	8.50	Ayuntamiento de Nezahualcóyotl
7	Parque del Sol	Tonatico	5.00	Ayuntamiento de Tonicato
8	San Cayetano	Villa de Allende	490.00	SEMARNAP
9	Tlatucapa	Ocuilan	213.83	CEPANAF

Fuente: Gobierno del Estado de México-Secretaría de Ecología, 1999.

Anexo 8. Área con plantaciones forestales comerciales en la entidad, de 2000 a 2004.

Año	Superficie plantada	Pino	Eucalipto	Cedro rojo	Cedro rosado	Otras especies
2000	652	Si	No	No	No	No
2001	850	Si	Si	No	No	Si
2002	950	Si	Si	No	No	Si
2003	1200	Si	Si	No	No	Si
2004	1700	Si	Si	Si	Si	Si

Nota: La superficie corresponde a aquella en la que se verifica y comprueba que la plantación tiene al menos seis meses de edad y el 70% de sobrevivencia de los árboles.

Fuente: SEMARNAT-CONAFOR, 2005.

REFERENCIAS

- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2002. “*Aguas continentales y diversidad biológica de México*”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. En página de internet: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalización>. Consultado el 14 de septiembre de 2007.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Ávila, P. 2002. *Agua, cultura y sociedad en México*. El Colegio de Michoacán, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), SEMARNAT. Morelos.
- Azamar, M. 2000. *El mejoramiento genético forestal. “Una realidad en los bosques del Estado de México”*. En: Forestal XXI. Julio-Agosto 2000. México.
- Bray, D. 2004. *Bosques comunitarios de México: modelo global*. En: Impulso Ambiental. No. 25. Septiembre-octubre 2004. CECADESU, SEMARNAT. México. pp. 13-16.
- Caballero, M. 2000. *La actividad forestal en México. Tomo II*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: Pasado, Presente y Futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, S. C. México.
- Ciesla, W. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación).
- CONABIO.1998. *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- CONABIO, SEP. 2004. *Mapa del Estado de México*. En: INIFAP-Comité de Información Estadística y Geográfica para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. Sistema

de Información Forestal del Estado de México. En Internet: www.basemexfor.org. Consultado el 25 de agosto de 2007.

CONAFOR. 2002. *Informe de resultados del Programa Nacional de Reforestación, 2002*. CONAFOR. En: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/resultados2002.htm. Consultado el 20 de julio de 2008. Consultado el 14 de septiembre de 2007.

CONAFOR, Gerencia de Incendios Forestales. 2006. México. En página de Internet: http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA05/D3_RFORESTA05_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:10.

Esparza, M. 1997. *Índices Generales para evaluar la sustentabilidad en sistemas forestales*. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Ezcurra, E., M., Mazari, I., Pisanty, y A., Águilar. 2006. *La cuenca de México. Aspectos ambientales críticos y sustentabilidad*. Fondo de Cultura Económica. México.

Flores, J., D., Moreno y A., Quiñónez. 2003. *Selección de criterios e indicadores para evaluar el manejo forestal sustentable*. Pub. Esp. No. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP Jalisco. México.

Flores, O. y P., Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. UNAM/CONABIO. México.

Gobierno del Estado de México. 1993. *Atlas General del Estado de México. Volumen II*. Varia Gráfica y Comunicación. México.

Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología. 1999. *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México 1999*. Toluca, Estado de México.

Gómez-Pompa, A. 1985. *Los Recursos Bióticos de México: Reflexiones*. Alhambra Mexicana. México, D.F.

Grana, R., L., Bonacita, L., de Gatica, I., Pérez y C., Hernández. 1997. *Ecología y calidad de vida*. Espacio. Buenos Aires.

Guttman, E., C., Zorro, A., Cuervo y J. C., Ramírez. 2004. *Diseño de un sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogotá*. ONU, CEPAL, UNDP. Santiago de Chile.

INE-SEMARNAT. 2000. *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Reporte 2000*. INE-SEMARNAT. México.

INEGI. 2001. *Síntesis de Información Geográfica del Estado de México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes.

INEGI, 2005. *Mapa de la división municipal del Estado de México*. En página de Internet:http://cuentame.inegi.gob.mx/monografias/informacion/mex/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=15. Consultado el 20 de julio de 2008.

(a) INEGI. 2008. *Mapa de climas*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/climas2.cfm?c=1210&e=15&CFID=93500&CFTOKEN=23729632>.

(b) INEGI. 2008. *Mapa de Geología*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/geolo.cfm>.

(c) INEGI. 2008. *Mapa de regiones hidrológicas*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/rh.cfm>.

(d) INEGI. 2008. *Mapa de uso potencial agrícola*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/tsuelosagr.cfm>.

(f) INEGI. 2008. *Mapa de precipitación promedio anual*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/precipit.cfm>.

(g) INEGI. 2008. *Mapa de vegetación y agricultura*. En sitio en internet:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/agri.cfm>.

INIFAP-Comité de Información Estadística y Geográfica para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. 2005. *Sistema de Información Forestal del Estado de México*. En Internet: www.basemexfor.org. Consultado el 25 de agosto de 2007.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. 2005. *Enciclopedia de los municipios de México: Estado de México*. En: página de Internet:
<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/pres.htm>. Consultado el 25 de agosto de 2007.

Kagi, W. 2000. *Economics of climate change: the contribution of forestry projects*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

- Legorreta, J. 1994. *Efectos Ambientales de la Expansión de la Ciudad de México*. Centro de Ecología y Desarrollo. México, D. F.
- Lindenmayer, D. y J., Franklin. 2002. *Conserving forest biodiversity. A comprehensive multiscaled approach*. Island Press. Washington.
- Mallén, C. 2000. *Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Naturales de Huayacocotla, Veracruz*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Texcoco.
- Mallén, C. 2005. *Indicadores para la Evaluación del Ambiente: Los recursos naturales y la sustentabilidad*. En: Benavides, J.; F., Becerra, T., Hernández, C., González, G., Flores. *Contribución al Estudio de los Servicios Ambientales*. Programa de Investigación en Servicios Ambientales. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP. México, D. F.
- Mallén, C., V., Guerra, y J. C., Tamarit. 2005. *El Manejo de Bosques Templados en Puebla. Criterios e Indicadores para evaluar la Sustentabilidad*. INIFAP, SDR. México.
- Masera, O., M., Astier y S., López-Ridaura. 1999. *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Mundiprensa México. México, D. F.
- Masera, O. y S., López-Ridaura. 2000. *Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. México.
- Mendoza, M. y A. L., del Angel. 1999. *Perspectivas del Manejo Forestal en México*. En: *Ciencia Forestal en México*. Vol. 24. Núm. 86. Jul-Dic 1999. México.
- Merino, L., G., Alatorre, B., Cabarle, F., Chapela y S., Madrid. 1997. *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad*. UNAM, SEMARNAP, Consejo Mexicano para la Silvicultura Sostenible, World Resources Institute. Morelos.
- Merino, L. y Segura, E. 2002. *El manejo de los recursos forestales en México (1992-2002). Procesos, tendencias y políticas públicas*. En: Leff, E., E. Ezcurra, i. Pisanty y P. Romero. *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas para América Latina y el Caribe*. SEMARNAT, INE, UAM, PNUMA. México.

- Narváez, R., P., Wright, M., Martínez, S., Alvidrez, L., Iglesias, L., Domínguez, V., Gómez, S., Rodríguez, G., Montes, J., Molina, C., Martínez, y A., Bojorquez. 2003. *Criterios e Indicadores: una herramienta para evaluar la sustentabilidad del manejo forestal en bosques templados y tropicales*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua, México.
- Pagiola, S., J., Bishop, y N., Landell-Mills. 2003. *La Venta de Servicios Ambientales Forestales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto de Ecología, Comisión Nacional Forestal. México, D.F.
- Peña, J. 2004. *El agua, espejo de los pueblos. Ensayos de ecología política sobre la crisis del agua en México en el umbral del milenio*. FES Acatlán, Plaza y Valdés. México, D. F.
- Pérez, J., V. M., Mendoza y E., Ladrón de Guevara (eds.) 1997. *Memorias del II Congreso Nacional Agropecuario y Forestal: por un desarrollo rural sostenible. Tomo I: Los Recursos Naturales y la Tecnología*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Prabhu, R., C., Colfer, y G. Shepherd. 1998. *Criterios e Indicadores para la Ordenación Forestal Sostenible: nuevos hallazgos de la investigación realizada por CIFOR al nivel de la unidad de manejo forestal*. Red Forestal para el Desarrollo Rural. Indonesia.
- Pritchett, W. 1986. *Suelos forestales*. Limusa. México.
- Quiñónez, A. y Rodríguez, G. 2004. *Proyecto "Desarrollo de Criterios e Indicadores para Evaluar Sustentabilidad en Bosques Templados"*. Durango.
- Rodríguez, D., M., Rodríguez. y F., Fernández. 2002. *Educación e incendios forestales*. Mundi Prensa. México.
- Sánchez, O., E., Vega, E., Peters, y O., Monroy-Vilchis. 2003. *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Sánchez, S. 1993. *El Estado de México: su historia, su ambiente, sus recursos. Tomo I*. Instituto Mexiquense de Cultura. Edición facsimilar 1993. Toluca.

SEMARNAP. 1997. *Indicadores Ambientales para la Región Fronteriza 1997*. Instituto Nacional de Ecología, Agencia de Protección Ambiental Región 9. México.

SEMARNAP. 2000. *Texto guía forestal*. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal. México.

SEMARNAT. 2005. *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005*. SEMARNAT. México.

SEMARNAT-CONAFOR. 2005. México. En página de Internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:08.

SEMARNAT-CONAFOR, Coordinación General de Producción y Productividad. 2005. México. En página de Internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_02.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:09.

SEMARNAT-CONAFOR, Coordinación General de Producción y Productividad. 2005. México. En página de Internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_03.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:09.

SEMARNAT-CONAFOR, Gerencia de Incendios Forestales, 2006. México. En página de Internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA05/D3_RFORESTA05_02.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:11.

SEMARNAT-CONAFOR, Gerencia de Incendios Forestales. 2006. México. En página de Internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA07/D3_RFORESTA07_02.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:15.

SEMARNAT-CONAFOR. 2006. *Programa Nacional de Reforestación*. México. En página de internet:

http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_06.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:06.

SEMARNAT-CONAFOR. 2006. *Programa Nacional de Reforestación*. México. En página de internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_05.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 28:07.

SEMARNAT, Gerencia de Sanidad Forestal-CONAFOR. 2006. En página de internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA06/D3_RFORESTA06_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:08.

SEMARNAT, Gerencia de Sanidad Forestal-CONAFOR. 2006. México. En página de internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA07/D3_RFORESTA07_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:12.

SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002. México. En página de Internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_05.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 28:20.

SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002. México. En página de Internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA07/D3_RFORESTA07_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:12.

SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002. México. En página de Internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA06/D3_RFORESTA06_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:08.

SEMARNAT, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. 2002. México. En página de Internet:
http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA09/D3_RFORESTA09_01.htm. Consultado el 20 de julio de 2008 a las 18:08.

Simon, J. 1998. *México en riesgo. Un medio ambiente al borde del abismo*. Diana. México.

Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. 1974. *Inventario Forestal del Estado de México y del D. F.* Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Publicación No. 29. México.

Vargas, F. 1984. *Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Pasado, presente y futuro*. Colección: Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México, D.F.

Wagner, H. y H. Lenz. 1989. *El bosque y la conservación del suelo: su importancia social y económica*. Miguel Ángel Porrúa. México.