

# **Bases de Diagnóstico**

## **Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global**

**SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE**

DIRECCIÓN GENERAL DE PREVENCIÓN Y  
CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



---

## Directorio

**Lic. Enrique Peña Nieto**  
Gobernador Constitucional del Estado de México

**Mtro. Guillermo Velasco Rodríguez**  
Secretario del Medio Ambiente

**Lic. Roberto Cervantes Martínez**  
Director General de Prevención y  
Control de la Contaminación Atmosférica

**Bases de Diagnóstico: Inventario de Emisiones de  
Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del  
Estado de México ante el Cambio Climático Global**

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

Elaboración: Septiembre de 2008

Hecho en México

[www.edomex.gob.mx](http://www.edomex.gob.mx)

---

## Contenido

INTRODUCCIÓN	9
1. CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL	15
1.1. BREVE EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO	17
1.2. CÓMO AFECTARÁ EL CAMBIO CLIMÁTICO A MÉXICO	19
2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO	23
2.1. LOCALIZACIÓN	25
1.2. CLIMA	26
2.3. POBLACIÓN	28
2.3.1. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN ZONAS METROPOLITANAS	28
2.3.2. PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	29
2.4. ECONOMÍA	30
2.5. RECURSOS NATURALES	33
2.5.1. RECURSO HÍDRICO	33
1.5.2. BIODIVERSIDAD	36
2.6. ENERGÍA ELÉCTRICA Y COMBUSTIBLES FÓSILES	39
2.6.1. ENERGÍA ELÉCTRICA	39
2.6.2. CONSUMO ENERGÉTICO DE COMBUSTIBLES FÓSILES	42
3. INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI	45
3.1. CONTEXTO NACIONAL	47
3.2. INVENTARIO ESTATAL DE GEI	48
3.2.1. SECTOR ENERGÍA	49
3.2.2. BALANCE DE ENERGÍA	51
3.2.3. EMISIONES DE GEI POR TIPO DE ACTIVIDAD EN EL SECTOR ENERGÍA	54
3.2.4. PROCESOS INDUSTRIALES	58

---

3.2.5. AGRICULTURA	66
3.2.6. DESECHOS	72
3.2.7. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE GEI POR SECTOR	78
3.2.8. INCERTIDUMBRE	80
<b>4. VULNERABILIDAD DEL ESTADO DE MÉXICO</b>	<b>83</b>
4.1. RECURSO AGUA	86
4.2. AGRICULTURA	87
4.3. ECOSISTEMAS FORESTALES	88
4.4. ASENTAMIENTOS HUMANOS	89
4.5. INDUSTRIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA	91
4.6. SALUD HUMANA	93
4.7. ESCENARIOS FUTUROS	95
<b>5. POLÍTICA Y GESTIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE MITIGACIÓN</b>	<b>99</b>
5.1. POLÍTICA NACIONAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO	101
5.2. ACCIONES DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO PARA LA MITIGACIÓN DE GEI	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
ACERCA DEL INVENTARIO ESTATAL DE GEI	115
ACERCA DE LA VULNERABILIDAD DEL ESTADO DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL	116
RECOMENDACIONES EN MATERIA DE ADAPTACIÓN	117
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>

---

---

## Índice de Cuadros

Cuadro 1.1. Gases de efecto invernadero considerados por el Protocolo de Kioto .....	18
Cuadro 1.2. Identificación de entidades federativas, regiones, recursos y actividades económicas con mayor vulnerabilidad en México .....	21
Cuadro 2.1. Tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de la entidad para distintos periodos .....	28
Cuadro 2.2 Distribución de la población en zonas metropolitanas (2005) .....	29
Cuadro 2.3. Proyección de la población para distintos años, total estatal y por zona metropolitana .....	29
Cuadro 2.4. TCPA esperada para distintos periodos, estatal y por zona metropolitana.....	30
Cuadro 2.5. Comparativo de las principales presas de la entidad. Volúmenes de almacenamiento Mm <sup>3</sup> (Valores para septiembre) .....	34
Cuadro 2.6. Balance hidrológico del Estado de México .....	34
Cuadro 2.7. Balance hidrológico de aguas subterráneas Mm <sup>3</sup> /año .....	35
Cuadro 2.8. Riqueza de especies del Estado de México.....	36
Cuadro 2.9. Número de especies según categoría de riesgo.....	37
Cuadro 2.10. Superficie y porcentaje de cobertura forestal en la entidad .....	37
Cuadro 2.11. Resumen de las áreas naturales protegidas en el Estado de México .....	39
Cuadro 2.12. Energía eléctrica producida en el Estado de México, 2000-2005 según tipo de generación y porcentaje respecto a la producción total nacional .....	40
Cuadro 2.13. Volumen de las ventas de energía eléctrica en la entidad por año.....	40
Cuadro 2.14. Número de usuarios de energía eléctrica en la entidad por año .....	41
Cuadro 2.15. Consumo energético estatal por sector (2004) .....	43
Cuadro 2.16. Consumo energético por sector en 18 municipios conurbados de la ZMVCT.....	43
Cuadro 3.1. Potenciales de calentamiento global de los gases de efecto invernadero, considerados en el inventario de emisiones estatal .....	49
Cuadro 3.2 Distribución de los combustibles consumidos en la entidad.....	50
Cuadro 3.3. Consumo de energía por categoría de fuente en el Sector Energía.....	51
Cuadro 3.4. Consumo energético para la generación de electricidad.....	52
Cuadro 3.5. Generación de electricidad por tipo de planta y tecnología .....	52
Cuadro 3.6. Usuarios y demanda energética.....	53
Cuadro 3.7. Consumo de combustibles por las industrias manufactureras .....	53
Cuadro 3.8. Consumo de combustibles por el transporte.....	54
Cuadro 3.9. Consumo de combustibles por las actividades comercial, residencial y agrícola.....	54
Cuadro 3.10. Factores de emisión para el sector energía por tipo de GEI y combustible.....	55

---

Cuadro 3.11. Emisiones anuales de GEI en Gg por tipo de actividad .....	56
Cuadro 3.12. Emisiones de GEI en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente por tipo de actividad .....	56
Cuadro 3.13. Consumo y tipo de combustible, y emisiones de GEI .....	57
Cuadro 3.14. Emisiones de GEI indirectos .....	58
Cuadro 3.15. Cantidad de materiales producidos o consumidos en este sector.....	59
Cuadro 3.16. Factores de emisión por defecto para la producción de cal.....	61
Cuadro 3.17. Factores de emisión para productos petroquímicos .....	62
Cuadro 3.18. Factores de emisión para la industria metálica.....	62
Cuadro 3.19. Factores de emisión para los productos diferentes a la energía y uso de solventes .....	63
Cuadro 3.20. Factores de emisión para la industria electrónica .....	63
Cuadro 3.21. Factores de emisión para la industria del papel y de la pulpa del papel .....	64
Cuadro 3.22. Factores de emisión para la industria de alimentos y bebidas.....	65
Cuadro 3.23. Emisiones de GEI en Gg para los procesos industriales .....	66
Cuadro 3.24. Emisiones de GEI en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente.....	66
Cuadro 3.25. Número de cabezas-año por especie ganadera en la entidad .....	68
Cuadro 3.26. Factores de emisión de CH <sub>4</sub> por la fermentación entérica y el manejo de excretas por especie ganadera .....	69
Cuadro 3.27. Factores de emisión por la quema de biomasa .....	71
Cuadro 3.28. Emisiones de GEI en Gg y Gg de CO <sub>2</sub> equivalente.....	71
Cuadro 3.29. Indicadores de desempeño del servicio de limpia en la entidad .....	73
Cuadro 3.30. Composición porcentual de los residuos sólidos municipales (RSM).....	73
Cuadro 3.31. Factores y parámetros determinados para calcular las emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) en los sitios de disposición de residuos sólidos municipales (RSM).....	75
Cuadro 3.32. Valores por defecto del COD para los desechos .....	76
Cuadro 3.33. Factores y parámetros determinados para el cálculo de las emisiones de metano (CH <sub>4</sub> ) en el tratamiento y descargas de las aguas residuales domésticas e industriales.....	77
Cuadro 3.34. Emisiones de metano generadas por los residuos sólidos urbanos en Gg y Gg de CO <sub>2</sub> equivalente.....	77
Cuadro 3.35. Emisiones de metano generadas por las descargas de aguas residuales en Gg y Gg de CO <sub>2</sub> equivalente .....	78
Cuadro 3.36. Emisiones de GEI de los sectores en gigagramos (Gg).....	78
Cuadro 3.37. Emisiones de GEI de los sectores evaluados en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente .....	78
Cuadro 3.38. Emisiones totales de GEI de por sector y categoría en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente y en porcentaje.....	79
Cuadro 3.39. Incertidumbre por sector y contaminante .....	81

Cuadro 4.1. Relación entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo.....	85
Cuadro 4.2. Condiciones de vulnerabilidad para disponibilidad de agua por región, según escenario.....	86
Cuadro 4.3. Condiciones de vulnerabilidad para el consumo de agua por región, según escenario.....	87
Cuadro 4.4. Condiciones de vulnerabilidad para almacenamiento de agua por región, según escenario.....	87
Cuadro 4.6. Condición de los tipos de vegetación presentes en la entidad ante una situación de cambio climático.....	89
Cuadro 4.7. Número de localidades censales del Estado de México por estrato de población y condición de vulnerabilidad para distintos años.....	90
Cuadro 4.8. Clasificación del sector industrial de acuerdo con su susceptibilidad hacia el clima y ramas industriales con mayor afectación.....	92
Cuadro 4.9. Vulnerabilidad del subsector de energía eléctrica por tipo de generación en la entidad.....	92
Cuadro 4.10. Número de unidades económicas y condición de vulnerabilidad para distintas actividades económicas seleccionadas.....	93
Cuadro 4.11. Enfermedades transmitidas según vector en el Estado de México en el periodo 2000-2006. Número de casos confirmados.....	95

### Índice de Gráficas

Gráfica 2.2. PIB del Estado de México respecto al total nacional por gran sector de actividad económica: comparativo entre los años 1993 y 2004.....	32
Gráfica 2.3. Origen de extracción y usos del agua en Mm <sup>3</sup> y porcentaje (%).....	35
Gráfica 2.4. Comportamiento anual de la producción, ventas y número de usuarios en la entidad, periodo 2000-2005.....	41
Gráfica 2.5. Consumo energético nacional por tipo de combustible, comparativo entre los años 2000 y 2005.....	42
Gráfica 3.1. Emisión porcentual de GEI por tipo de actividad.....	57
Gráfica 3.2. Porcentajes de emisión de GEI por actividad con respecto a los Gg de CO <sub>2</sub> equivalente.....	65
Gráfica 3.3. Porcentajes de emisión de GEI por sector con respecto a los Gg de CO <sub>2</sub> equivalente.....	79
Gráfica 4.1. Variación de la temperatura en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099).....	96
Gráfica 4.2. Variación de la precipitación en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099).....	96

---

## Índice de Figuras

Figura A. Proceso de elaboración del diagnóstico ambiental del Estado de México .....	12
Figura B. Ciclo de desarrollo del inventario de GEI del Estado de México .....	13
Figura 2.1. Plano de localización del Estado de México .....	25
Figura 2.2. Distribución de climas en el Estado de México.....	27
Figura 2.3. Tipos de vegetación .....	38

---



# Introducción



Aunque el tema de la contaminación ambiental no es nuevo, sí lo es el tema del calentamiento global. Y es que a pesar de que ya el químico sueco Svante A. Arrhenius (Premio Nobel de Química 1903) en su trabajo publicado en 1896 daba cuenta sobre la influencia del bióxido de carbono sobre la temperatura de la tierra, no fue sino hasta casi un siglo después, en 1988, que la comunidad internacional aceptó que las actividades antropogénicas tienen un efecto en los patrones del clima mundial.

El enfoque y prioridades de la contaminación atmosférica ha cambiando década tras década. En los últimos 40 años la gestión ambiental en México en materia de atmósfera se ha centrado en las emisiones de contaminantes dañinos para la salud humana; a finales de la década de los ochenta se hizo urgente la disminución de los gases agotadores de la capa de ozono, y actualmente lo es la mitigación de los llamados gases de efecto invernadero (GEI). Hoy en día, se ha llegado al punto en que los tres enfoques converjan, es decir, que las políticas ambientales, estrategias y acciones para prevenir y controlar la contaminación atmosférica sean integrales, sinérgicas y globales. Asimismo, las políticas económicas, urbanas y de transporte deben considerar el componente ambiental, pues los recursos naturales con que se satisfacen cada una de ellas están llegando a un punto crítico de existencia: las fuentes de energía no renovable con el tiempo se irán agotando; la superficie apta para la agricultura y reforestación a cada momento disminuye y cada vez se requiere de más terreno para construir zonas urbanas y vías de comunicación, lo que ejerce gran presión sobre los bosques y suelos, sumideros que ven reducida cada vez más su capacidad para capturar carbono.

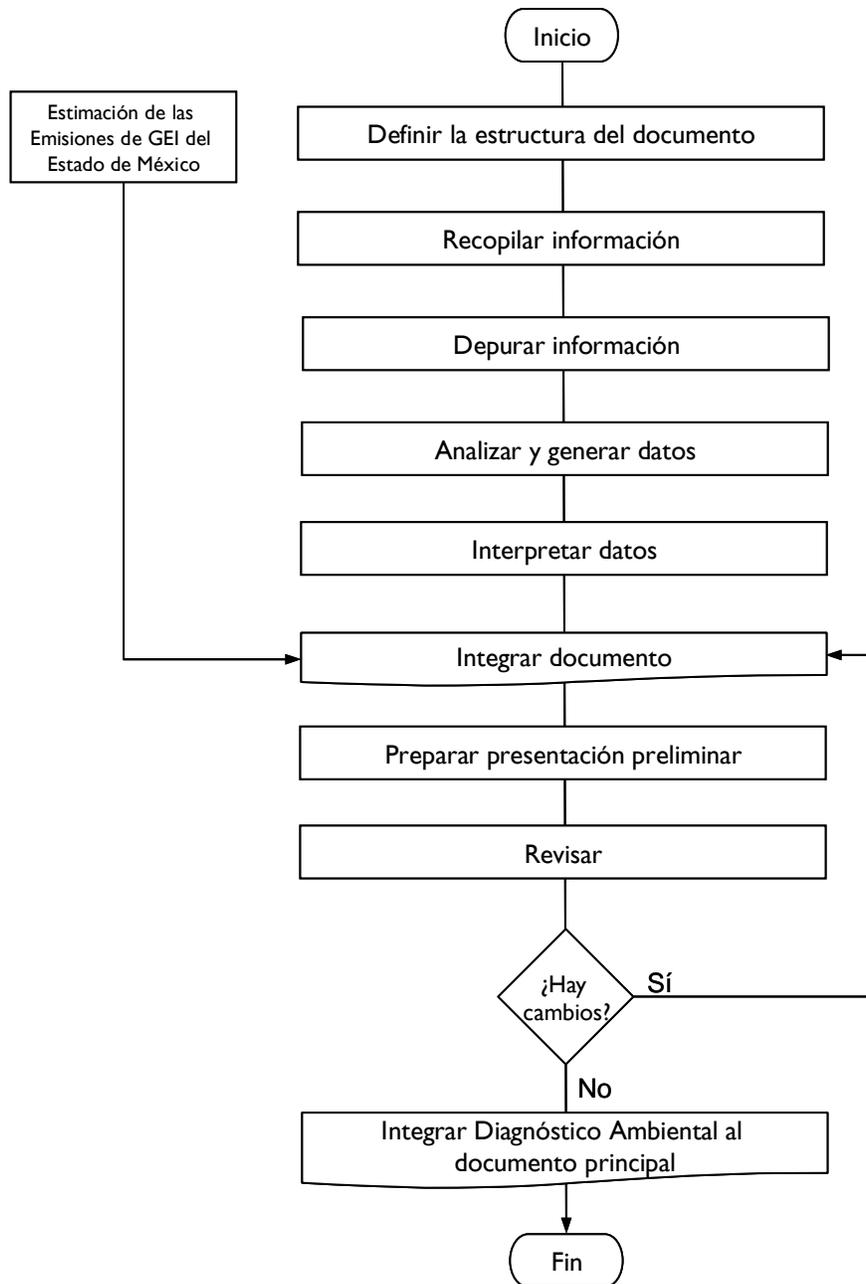
Ante este panorama es por lo que el Gobierno del Estado de México está interesado en juntar esfuerzos con el gobierno federal, los ayuntamientos y la sociedad mexiquense, para enfrentar lo ya inevitable, pues sin el ánimo de ser catastrofista, el cambio climático ya es un hecho; no se requiere esperar a que pasen 50 ó 100 años para que el planeta sea hasta 3.5 °C más caliente y comenzar a actuar. En el último siglo se observa cierto cambio en los patrones del clima, cada vez se presentan más inundaciones, los huracanes son más frecuentes y destructivos, algo similar pasa con las sequías, en fin, el cambio climático ya se vive.

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) se ha propuesto impulsar una estrategia para la mitigación y adaptación ante el cambio climático que permita, por un lado, un mayor ahorro y eficiencia de la energía eléctrica, asegurar el abasto de agua, la captura y reducción de GEI generados por combustión y la conservación de los sumideros de la entidad; por otro lado, disminuir los riesgos y costos derivados de inundaciones, incendios forestales, sequías, enfermedades y otros fenómenos asociados al cambio climático.

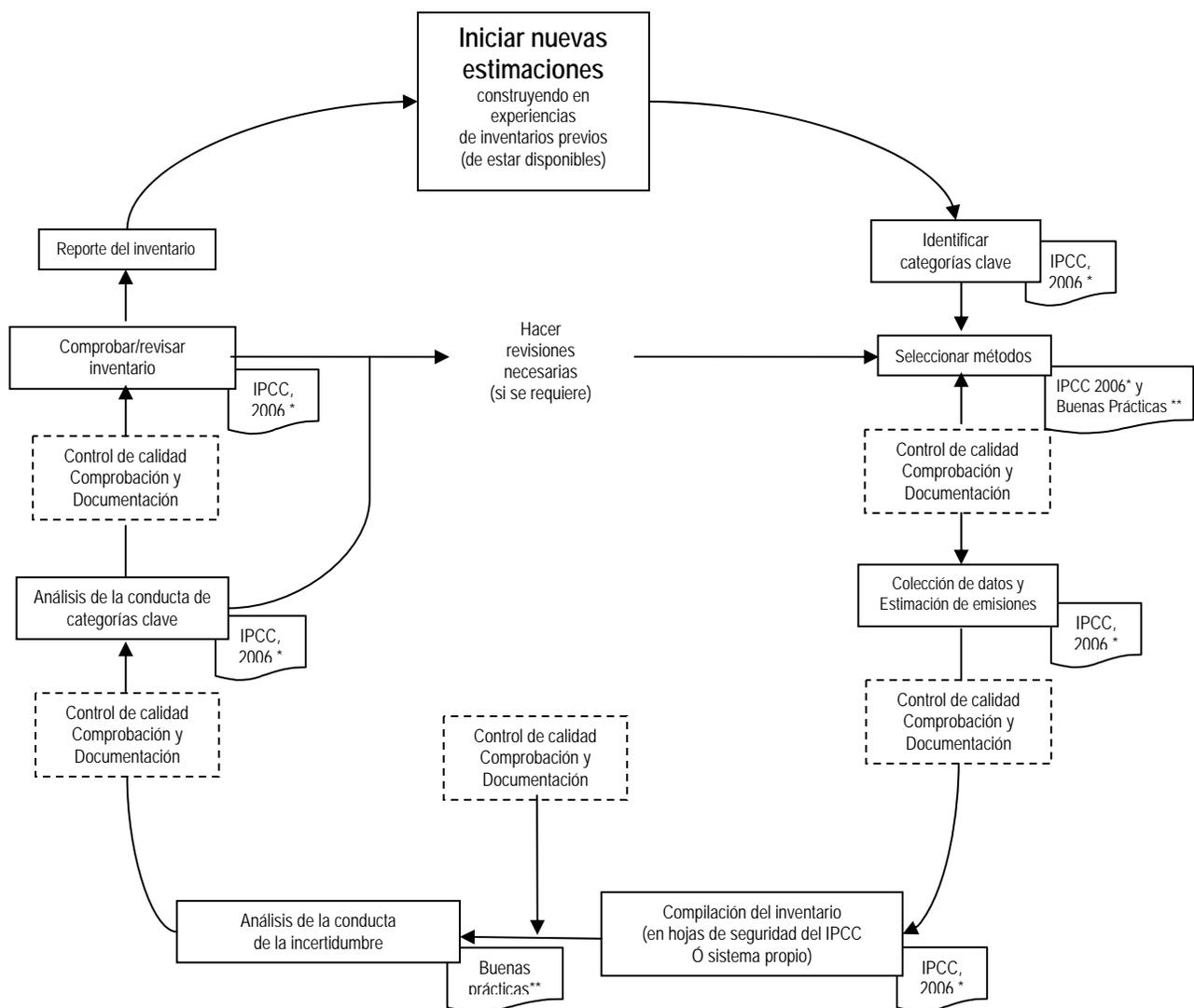
En el marco de la elaboración de la “Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático” del Estado de México encabezada por la Coordinación Ambiental Metropolitana de la SMAGEM, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA) por conducto del Departamento de Diagnóstico, preparó las *Bases de Diagnóstico* para dicha estrategia.

Este trabajo consistió en recopilar, analizar e integrar la información respecto a la descripción del fenómeno del calentamiento del planeta y su relación con el cambio climático; la revisión de la política nacional en materia de cambio climático; y la descripción general de las características físicas, naturales, socioeconómicas, consumo de energía, así como la estimación de las emisiones de GEI de la entidad. Los procesos seguidos se pueden observar de manera esquemática en las figuras A y B.

**Figura A. Proceso de elaboración del diagnóstico ambiental del Estado de México**



**Figura B. Ciclo de desarrollo del inventario de GEI del Estado de México**



IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, General Guidance and Reporting (Volume 1), Energy (Volume 2), Industrial Processes and Product Use (Volume 3), Agriculture, Forestry and Other Land Use (Volume 4), Waste (Volume 5)

Las Bases de Diagnóstico: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global consiste de cinco capítulos. En el capítulo primero, Cambio Climático Global, se brinda una breve descripción acerca de éste fenómeno y sus implicaciones en el contexto nacional.

En el segundo capítulo se describen las características generales de la entidad tales como localización, tipos de clima, población, actividades económicas, recursos naturales y consumo energético.

El capítulo tercero, Inventario de Emisiones de GEI, contiene la estimación de los gases de efecto invernadero emitidos durante el año 2004 en la entidad, provenientes de cuatro sectores, siendo estos: energía, procesos industriales, agricultura y residuos.

El cuarto capítulo, Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global, presenta los argumentos técnicos del porqué de la vulnerabilidad de la entidad ante ese fenómeno, para lo cual se tomó como base el *Estudio de País: México. México ante el cambio climático*, entre otros.

El capítulo quinto, Política y Gestión Ambiental en Materia de Mitigación, se refiere a la política y estrategias emprendidas a nivel nacional respecto al cambio climático global, así como a las acciones emprendidas por el Gobierno del Estado de México en materia de calidad del aire que repercuten directa e indirectamente en la reducción de emisiones.

---



# **Cambio Climático Global**



## **I.1. Breve Explicación del Fenómeno**

Los conceptos “calentamiento global” y “cambio climático” están estrechamente interrelacionados, tanto así que en ocasiones son utilizados como sinónimos, prestándose a confusiones. Por un aparte el calentamiento global se refiere al aumento progresivo y gradual de la temperatura media de la superficie terrestre, responsable de los cambios en los patrones climáticos mundiales. Aunque en el pasado geológico de la Tierra se ha presentado un aumento de temperatura global como resultado de influencias naturales, éste término se utiliza para referirse al calentamiento de la superficie terrestre, registrado desde principios del siglo XX y relacionado con el incremento en la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Se habla de cambio climático al referirse a la variación global o regional del clima en la Tierra a lo largo del tiempo. Este fenómeno es definido como la variabilidad observada respecto al clima promedio en escalas de tiempo que van de unas cuantas décadas hasta millones de años. Por ello el utilizar el término “cambio climático” en referencia exclusiva a los cambios ocurridos muy recientemente en la historia del planeta puede resultar confuso, pues nuevamente el pasado geológico demuestra que el clima constantemente ha cambiado y desde antes de que los seres humanos hicieran su aparición. Por tanto es necesario aclarar que las variaciones climáticas pueden ser producidas naturalmente por fenómenos internos del sistema Tierra-atmósfera, pueden ser causadas por forzamientos externos como variaciones en la órbita terrestre y cambios en la radiación solar; y sólo recientemente la actividad humana se ha convertido en otra de las fuerzas modificadoras del clima.

Entonces, la interrelación de ambos conceptos resulta ser la siguiente: el cambio climático es provocado por el calentamiento global que a su vez tiene su origen total o parcialmente en el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, dicho cambio en el clima incide en los patrones de temperatura y precipitación del planeta, así como en la frecuencia y severidad de eventos externos como huracanes y sequías.

- *Gases de efecto invernadero*

La capa más baja de la atmósfera, conocida como troposfera, contiene a los gases que son responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta y, por tanto, de crear condiciones aptas para la vida. Los gases referidos son principalmente el vapor de agua, el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) el metano ( $\text{CH}_4$ ) el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los clorofluorocarburos (CFC) también conocidos como gases de efecto invernadero o GEI (cuadro I.1). A excepción de los CFC, todos estos gases existen de manera natural y representan menos de uno por ciento de la atmósfera y atrapan parte del calor que emite la superficie de la Tierra al absorber la energía solar que la calienta. Esta retención es lo que se conoce como “efecto invernadero”, un proceso esencial dentro del sistema climático. En ausencia de estos gases, la temperatura promedio del planeta sería de  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  en lugar de  $15\text{ }^\circ\text{C}$ , como ocurre en situación normal.

<b>Cuadro I.1. Gases de efecto invernadero considerados por el Protocolo de Kioto</b>				
<b>NOMBRE</b>	<b>FÓRMULA</b>	<b>POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>VIDA MEDIA (AÑOS)</b>	<b>ORIGEN</b>
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	50 a 200	Quema combustibles fósiles, incendios forestales
Metano	CH <sub>4</sub>	21	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos municipales, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos
Per-fluoro-carbonos	PFC	6 500 a 9 200	2 600 a 50 000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hidro-fluoro-carbonos	HFC	140 a 11 700	1.5 a 264	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hexa-fluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23 900	3 200	Refrigerantes industriales

Fuente: CICC (2006)

No obstante que la composición atmosférica ha sufrido variaciones naturales a lo largo de millones de años, el problema consiste en que las actividades del hombre agregan más GEI a los existentes de manera natural, superando con ello las capacidades de captura de la biosfera y en consecuencia las concentraciones de estos gases en la atmósfera se incrementaron a tal punto que incrementan el efecto invernadero y, por consiguiente, la temperatura promedio de la superficie terrestre.

De esta forma la concentración de CO<sub>2</sub>, uno de los gases más importantes relacionados con actividades humanas, pasó de 270 partes por millón (ppm) antes de la Revolución Industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, y continua aumentando a una tasa de 1.8 ppm por año. Se estima que para el año 2050 alcanzará concentraciones de 500 a 700 ppm.

La intervención humana está logrando, en un lapso de décadas, transformaciones de una magnitud superior a las que el sistema natural experimenta en el curso de miles o millones de años. El resultado: la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado de 0.3 °C a 0.6 °C en poco más de 100 años.

A pesar de que no hay suficientes datos para determinar si han ocurrido cambios globales consistentes en la variabilidad climática o eventos climáticos extremos durante el siglo XX, a escala regional se han observado ciertos cambios, entre ellos, una disminución de la superficie terrestre cubierta por nieve o hielo, un aumento en el nivel medio del mar; cambios en los patrones de precipitación, velocidad de los vientos, nubosidad y en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

De continuar el aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI, la temperatura promedio de la Tierra se podría incrementar de 1 °C a 3.5 °C para el año 2100, lo que significaría un aumento mayor a cualquier otro observado en los últimos 10 mil años. El nivel medio del mar podría incrementarse hasta 50 cm, siendo las zonas costeras y los pequeños estados insulares los más afectados. Aun si se estabilizaran las concentraciones de gases de invernadero para 2100, las temperaturas seguirían incrementándose durante varias décadas, y el nivel del mar continuaría subiendo durante siglos, debido a la larga vida en la atmósfera de muchos GEI y a la inercia térmica de los océanos.

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

## **I.2. Cómo Afectará el Cambio Climático a México**

Por su ubicación geográfica, topografía y aspectos socioeconómicos, México es especialmente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Y es que 56 % del territorio nacional corresponde a zonas áridas y semiáridas; cuenta con una población de más de 100 millones de habitantes, de los que 75 % corresponde a población urbana y 15 % habita en zonas costeras; además, se registra una pérdida promedio anual de alrededor de 260 mil hectáreas de bosques templados; hay una baja disponibilidad de agua y desigual distribución; casi dos terceras partes de los suelos del país no son aptos para la agricultura y está sujeto a la incidencia de tormentas tropicales y huracanes, entre otros muchos aspectos.

Los estudios del cambio climático global y sus posibles impactos en México tienen como un antecedente fundamental el *Estudio de País: México. México ante el cambio climático*. Este documento presenta, en general, la comparación entre las condiciones actuales y las que potencialmente se podrían presentar bajo un cambio climático en el caso hipotético de que se alcanzaran incrementos de las concentraciones de GEI, tales como la duplicación efectiva del CO<sub>2</sub> en la atmósfera respecto a los niveles preindustriales, entre el momento actual y el periodo comprendido entre los años 2025 y 2050, bajo un escenario normal de actividades. Los resultados de estos estudios indican que probablemente se presenten, entre otros, los siguientes fenómenos dentro del territorio nacional:

- Modificación del régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones pluviales.
- Cambios en la humedad de suelos y aire, con alteraciones de los procesos de evaporación-transpiración y recarga de acuíferos.
- Agudización de las sequías, desertificación del territorio y potencial modificación de la regionalización ecológica: reducción drástica de ecosistemas boscosos templados y tropicales.
- Mayor incidencia de incendios forestales, intensificando los problemas de deforestación, erosión, liberación de carbono y pérdida de biodiversidad.
- Alteración de cuencas hidrológicas, así como del régimen y distribución de escurrimientos superficiales e inundaciones.

- Aumento del nivel del mar con impactos sobre ecosistemas costeros y marinos (manglares, humedales y zonas de inundación).
- Cambios en el régimen de vientos y de insolación.

La mitad del territorio mexicano se localiza en una latitud subtropical caracterizada por la presencia de zonas áridas y semiáridas, así como de selva húmeda y cerca de 80 % de los suelos del país registran algún grado de erosión, principalmente por la deforestación de terrenos con pendientes pronunciadas. Por ello, al presentarse un incremento de los GEI en la atmósfera, los procesos de desertificación continuarán avanzando a tasas más aceleradas; se elevarán los costos asociados a la erosión y se agudizarán las sequías; y se intensificará el deterioro ambiental por la deforestación, la erosión y la pérdida de biodiversidad.

Además de que algunas regiones costeras estarán expuestas a inundaciones, la agricultura, en especial la de temporal, tendrá pérdidas cuantiosas a causa de la mayor frecuencia de las sequías; el área con potencial de producción de granos básicos se reducirá en forma considerable; los ecosistemas forestales y las especies que los integran sufrirán daños irreversibles; el abasto de agua para riego y consumo humano se verá afectado, en tanto que la infraestructura productiva podrá experimentar daños severos. No se puede dejar de lado las implicaciones directas que el cambio climático traería en la población, como el aumento de cierto tipo de enfermedades, la migración campo-ciudad, la escasez de agua, aunados al incremento de la población y su concentración en ciertos centros urbanos.

Los riesgos potenciales más relevantes de estos cambios críticos sobre el territorio nacional se pueden identificar considerando tres grandes zonas geográficas: zona norte, zona centro y zona sur.

- *Zona norte*

La zona norte, que comprende once entidades federativas, seis actualmente presentan condiciones difíciles, ya que predominan los climas secos y áridos, con excepción de las partes montañosas en donde el clima es templado húmedo, templado subhúmedo y semifrío. En esta zona, los climas áridos y semiáridos podrían aumentar su área de influencia, mientras que los semifríos podrían desaparecer. Asimismo, alrededor de 10 % de todos los tipos de vegetación de los ecosistemas forestales se verían afectados por las condiciones secas y cálidas. Grandes extensiones de pastizales y bosques templados resentirían la presencia de climas más calientes, por lo que podrían incrementarse las zonas de bosques tropicales secos y muy secos, así como las zonas de matorrales desérticos. También sería probable que determinadas áreas de la región ya no fueran aptas para el cultivo de maíz de temporal.

- *Zona centro*

La zona centro del país comprende catorce estados, entre ellos el Estado de México. Aquí, los climas templados húmedos y subhúmedos tenderían a desaparecer, aumentando los secos y los cálidos y apareciendo los áridos en pequeñas áreas. La sequía y la desertificación, aún cuando actualmente se presentan en grados bajos, aumentarían y se agravarían los problemas de disponibilidad de agua. Por concentrar la mayor densidad de población y de actividades económicas, esta zona presentará una situación de alta vulnerabilidad ya que, aunado a los más de 22 millones de persona que actualmente viven en el Estado de México y el Distrito Federal, para el año 2050 algunas de las doce entidades

restantes sobrepasarán los 8 millones de habitantes, lo que implicará grandes demandas de agua y servicios que la zona no estará en condiciones de proveer. Los campos de cultivo de maíz de temporal pasarán de ser medianamente aptos a no aptos, disminuyendo el potencial agrícola. Los ecosistemas forestales más afectados serán los bosques templados y los bosques húmedos.

- *Zona sur*

La zona sur comprende siete estados. Es la región que presentará los menores impactos ante un posible cambio climático. En el caso de las costas del Golfo de México y del Mar Caribe se presentan regiones susceptibles al ascenso del nivel del mar. En algunas regiones agrícolas, la superficie apta para el cultivo de maíz de temporal desaparecería y la franja costera considerada como no apta se extendería hacia el interior. Por su parte, las zonas de producción de petróleo presentan una vulnerabilidad muy alta ante el cambio climático, ya que se pueden ver afectadas tanto por fenómenos naturales, tales como el aumento del nivel del mar y la disponibilidad de agua, como por fenómenos económicos tales como los cambios en la demanda y precio de los productos energéticos.

Los resultados de los estudios de caso de país, deben contemplarse en el marco de un conjunto de cambios actualmente en evolución y que continuarán produciéndose como consecuencia de otros factores. En muchos casos, los impactos se apreciarán en regiones ya sometidas actualmente a diversas presiones; el cambio climático inducido por las actividades humanas debido a emisiones continuadas e incontroladas sólo acentuará estos impactos. Asimismo, es importante resaltar el problema de la distribución temporal y la velocidad del cambio, ya que se pueden producir diferencias temporales entre la duplicación de las concentraciones de GEI y los impactos que el cambio climático genere. Por último, cualquier otra fluctuación climática (tal como el fenómeno de El Niño) podría provocar alteraciones al medio ambiente intensificando los impactos en los diferentes sectores.

**Cuadro 1.2. Identificación de entidades federativas, regiones, recursos y actividades económicas con mayor vulnerabilidad en México**

<p><b>Agricultura:</b> Se verá afectada en áreas que en la actualidad son medianamente aptas para el cultivo del maíz, reduciéndose así la extensión para su cultivo.</p>	<p><b>Ecosistemas:</b> Cerca de 50% de la vegetación presentará cambios en cuanto a distribución y composición florística, sobre todo los bosques templados de pino y encino.</p>
<p><b>Salud humana:</b> Habrà un incremento en la incidencia de algunas enfermedades transmitidas por vector (p. ej. fiebre amarilla, dengue, malaria) además de las enfermedades gastrointestinales.</p>	<p><b>Industria y energía:</b> Las industrias que requieren el agua como insumo, como la petrolera, eléctrica y petroquímica, serán altamente vulnerables.</p>
<p><b>Suelos:</b> Existe una tendencia hacia la desertificación, por lo que se agravarán los problemas de erosión. El 48 % del territorio nacional presentará altos índices de vulnerabilidad.</p>	<p><b>Zonas costeras:</b> Más de 15 mil kilómetros cuadrados de zonas costeras estarán amenazados por la elevación del nivel del mar, afectando a los ecosistemas, la ganadería y la agricultura, por igual.</p>

Fuente: Magaña y Gay (2002)



---



# **2** Descripción del Estado de México



## 2.1. Localización

El Estado de México se localiza en la altiplanicie mexicana, en la porción central de la República Mexicana. Esta comprendido entre los meridianos 98° 35' y 100° 36' de longitud oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 18° 21' y 20° 17' de latitud norte.

La extensión territorial de la entidad es de 22 499.95 km<sup>2</sup>, lo que representa 1.1 % del territorio nacional, por lo que ocupa el lugar 25 en cuanto a tamaño, en comparación con las demás entidades federativas que conforman al país. El Estado de México, colinda al norte con los Estados de Querétaro e Hidalgo; al este con los Estados de Puebla y Tlaxcala; al sur con los Estados de Morelos y Guerrero; y al oeste con el Estado de Michoacán y una pequeña porción de Guerrero. Limita además con el Distrito Federal, rodeándolo en sus porciones norte, oriente y occidente (figura 2.1).

**Figura 2.1. Plano de localización del Estado de México**



La división político administrativa corresponde a 125 municipios. La altitud promedio de las cabeceras municipales es de 2 320 msnm, con un rango que va de los 1 330 a los 2 800 msnm.

El relieve de la entidad se caracteriza por presentar dos grandes regiones. Una donde predominan las sierras y lomeríos, que ocupan 76 % del territorio estatal; y otra, en donde se encuentran llanuras, valles y mesetas en 24 % del territorio. Esta heterogeneidad espacial proporciona una variedad de altitudes, tipos de roca, suelos, climas, vegetación, flora, fauna y paisajes característicos del territorio estatal.

## I.2. Clima

Dada la ubicación geográfica del territorio estatal, el clima dominante debería ser tropical; sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas. Existe el templado subhúmedo C(w) que comprende 61.8 % del territorio; el cálido A(w) es característico del sur de la entidad y representa 20.8 %; el semiárido templado B(s) está presente en la parte norte y le corresponde 5.7 %; y el frío E(T)H y semifrío C(E) se localizan en zonas altas y montañosas, comprendiendo 11.7 %.

Según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, en la figura 2.2 se muestran los tipos de clima presentes en la entidad, así como su distribución espacial.

- *Temperatura*

Durante la primavera la temperatura aumenta considerablemente en casi todo el territorio. Los valores más elevados se registran en mayo, principalmente en las regiones localizadas al suroeste, en donde se llegan a registrar de 36 a 40 °C. En montañas como la Sierra de las Cruces, Sierra Nevada y Nevado de Toluca, las temperaturas fluctúan entre 6 y 16 °C, mientras que en los valles de México y Toluca, las isotermas oscilan entre 24 y 30 °C. El intenso calor en este período se debe a que el sol se halla en el cenit de estas latitudes y también a la escasa humedad atmosférica; circunstancia que facilita el paso de los rayos solares hasta la superficie del suelo.

Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 28 °C para las áreas bajas del suroeste y 8 °C en las principales montañas. Esta disposición térmica es ideal para el crecimiento y desarrollo de las plantas, razón por la cual, la entidad federativa dispone de buenas condiciones climáticas para la agricultura.

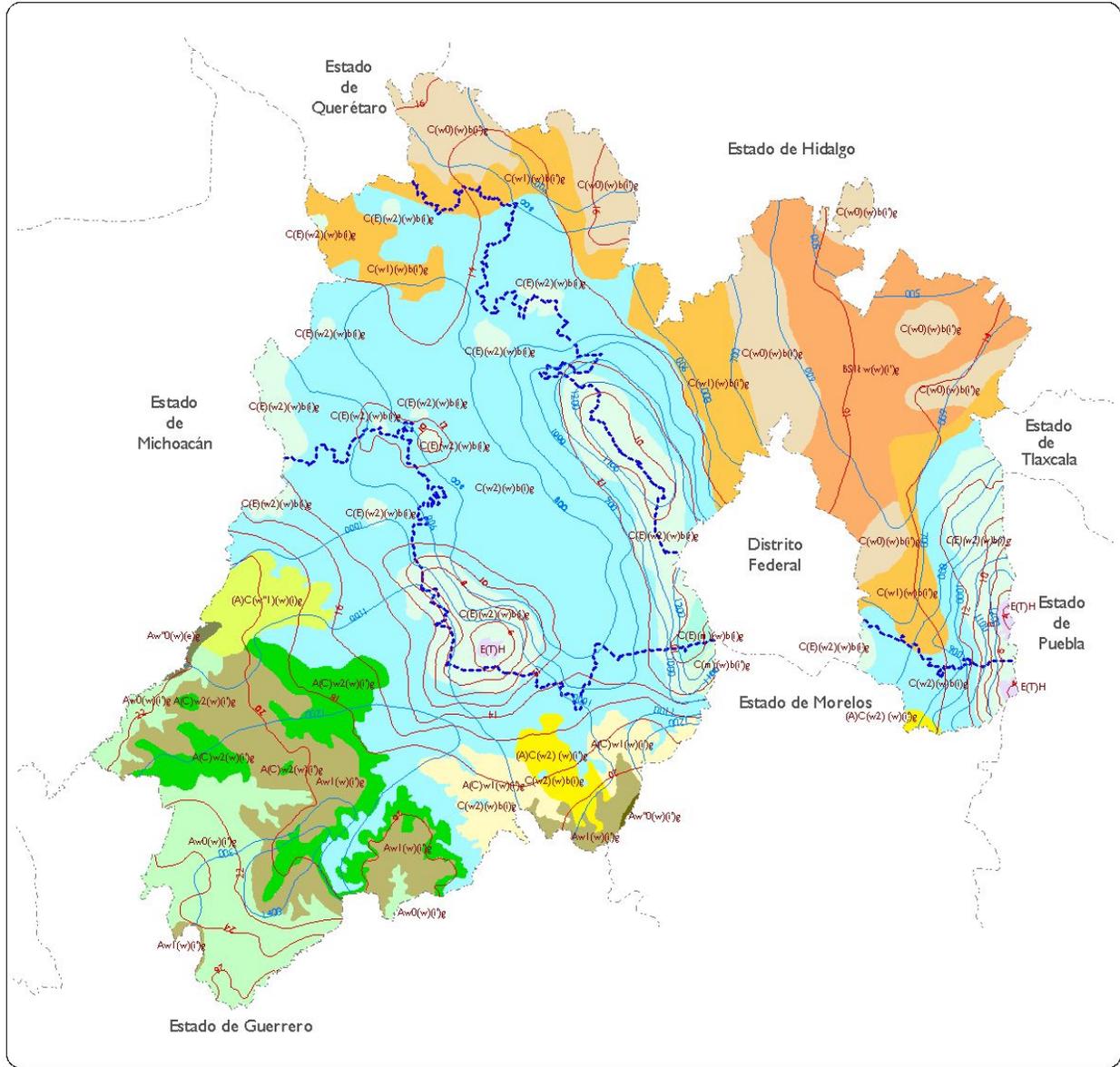
- *Precipitación*

Las precipitaciones en el verano se refuerzan por fenómenos convectivos, es decir, el calor que se concentra en los principales valles hace ascender la humedad, ésta se enfría y se origina la temporada lluviosa alrededor de la segunda quincena de mayo, finalizando en la primera quincena de octubre.

Después de las primeras lluvias, las temperaturas descienden, lo que genera abundancia de nubosidad y precipitación. Los tipos de nubes característicos en el verano son los cúmulos, estratos, estratocúmulos y cumulonimbus, estos últimos ocasionan fuertes tormentas eléctricas y granizadas, sobre todo en las sierras Nevada, de las Cruces, Nanchititla, y el Nevado de Toluca. En estas estructuras orográficas y áreas adyacentes, es donde más llueve durante todo el año, mientras que los valles de México y Toluca, al localizarse entre grandes montañas que obstaculizan el libre paso de humedad, captan entre 800 y 900 mm anualmente. La región más seca es el noreste, donde las isoyetas son del orden de 600 a 700 mm anuales.

Durante el período lluvioso también caen granizadas frecuentes en las montañas más altas. Allí, la frecuencia del granizo es de 10 a 20 días al año. La menor incidencia corresponde a las áreas bajas del suroeste con menos de 2 días al año.

**Figura 2.2. Distribución de climas en el Estado de México**



**SIMBOLOGIA**

**Clasificación Climática de Köppen Modificada por Enriqueta García**

Denominación	Grupo de Climas	Coefficiente Prec/Temp	Grado de Humedad	Denominación	Grupo de Climas	Coefficiente Prec/Temp	Grado de Humedad
(A)C(w1)(w)(i)g	Semicálido	43.2 < P/T < 55.0	Subhúmedo	BS1k(w)(i)g	Seco	> 22.9	Semiárido
(A)C(w2)(w)(i)g	Semicálido	> 55.3	Subhúmedo	C(E)(m)(w)b(i)g	Semifrío	> 55.0	Húmedo
A(C)w1(w)(i)g	Semicálido	43.2 < P/T < 55.0	Subhúmedo	C(E)(w2)(w)b(i)g	Semifrío	> 55.0	Subhúmedo
A(C)w2(w)(i)g	Semicálido	> 55.0	Subhúmedo	C(m)(w)b(i)g	Templado	> 55.0	Húmedo
Aw0(w)(e)g	Cálido	< 43.2	Subhúmedo	C(w0)(w)b(i)g	Templado	< 43.2	Subhúmedo
Aw0(w)(i)g	Cálido	< 43.2	Subhúmedo	C(w1)(w)b(i)g	Templado	43.2 < P/T < 55.0	Subhúmedo
Aw0(w)(i)g	Cálido	< 43.2	Subhúmedo	C(w2)(w)b(i)g	Templado	> 55.0	Subhúmedo
Aw1(w)(i)g	Cálido	43.2 < P/T < 55.0	Subhúmedo	E(T)H	Frío	Temperatura media anual -2 °C y 5 °C	

— 22 Temperatura media anual en °C     
 - - - 1000 Precipitación media anual en mm.     
 - - - Límite de región hidrológica

## 2.3. Población

La situación demográfica actual del Estado de México es resultado del rápido crecimiento que tuvo la población a partir de 1960, experimentando tasas de crecimiento promedio anual (TCPA) hasta de 7 %. La población se cuadruplicó en tan solo dos décadas.

En el inicio del siglo XXI, la población total de la entidad pasó de 13.1 millones a 14.0 millones de habitantes en el periodo de 2000 a 2005. La tasa de crecimiento en ese periodo fue de 1.35 % mientras que la nacional fue de 1.19 %. La distribución de la población se da de la siguiente manera: 72.9 % urbana, 13.7 % rural y 13.4 % mixta.

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

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

Periodo	TCPA (%)
1950-1960	3.14
1960-1970	7.28
1970-1980	7.03
1980-1990	2.64
1990-1995	3.59
1995-2000	2.27
2000-2005	1.35

Fuente: DGPCCA (2007a)

El hecho de contar con más de 14 millones de habitantes y sólo poseer 1.1 % del territorio nacional, hace que el Estado de México sea el mayor poblado del país y el segundo con la mayor densidad poblacional después del Distrito Federal, con 623 habitantes por kilómetro cuadrado.

De los 125 municipios que conforman al Estado de México, 75 municipios tienen menos de 50 mil habitantes; 22 están en el rango de 50 mil a 100 mil; 13 en el rango de 101 mil a 250 mil; 9 en el rango de 251 mil a 500 mil, y 6 municipios con más de 500 mil habitantes, siendo estos Ecatepec, Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Toluca y Chimalhuacán, los cuales destacan por que en conjunto representan 40 % de la población estatal.

### 2.3.1. Distribución de la población en zonas metropolitanas

En el Estado de México se localizan dos de los más importantes centros urbanos del país: la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) conformada por 22 municipios y asentada en la parte central de la entidad; y la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT) la cual

comprende 59 municipios y que junto con las 16 Delegaciones del Distrito Federal y el municipio de Tizayuca, Hidalgo, conforman la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

En el cuadro 2.2 se presenta la distribución de la población en cada una de estas zonas metropolitanas. Como se puede observar la ZMVCT concentra hasta 75 % de la población, en tanto que la ZMVT cerca de 14 %. Cabe señalar que los municipios de la ZMVT se caracterizan por estar en vías de transformación urbana, es decir, que presentan aún características rurales pero con una marcada tendencia hacia la urbanización con un importante componente de comercios y servicios.

<b>Cuadro 2.2 Distribución de la población en zonas metropolitanas (2005)</b>			
<b>Zona</b>	<b>Municipios</b>	<b>Población</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Valle Cuautitlán-Texcoco	59	10 462 421	74.69
Valle de Toluca	22	1 917 002	13.69
Resto del Estado	44	1 628 072	11.62
<b>Total</b>	<b>125</b>	<b>14 007 495</b>	<b>100.00</b>

Fuente: DGPCCA (2007a)

Los 44 municipios restantes se caracteriza por disparidades microrregionales y la limitada articulación entre las localidades, fenómeno que se agudiza en los municipios que conforman la parte sur de la entidad, donde predominan asentamientos menores a 2 mil 500 habitantes localizados de manera dispersa, en zonas que dificultan su intercomunicación por las condiciones topográficas que limitan su integración con el resto de la entidad.

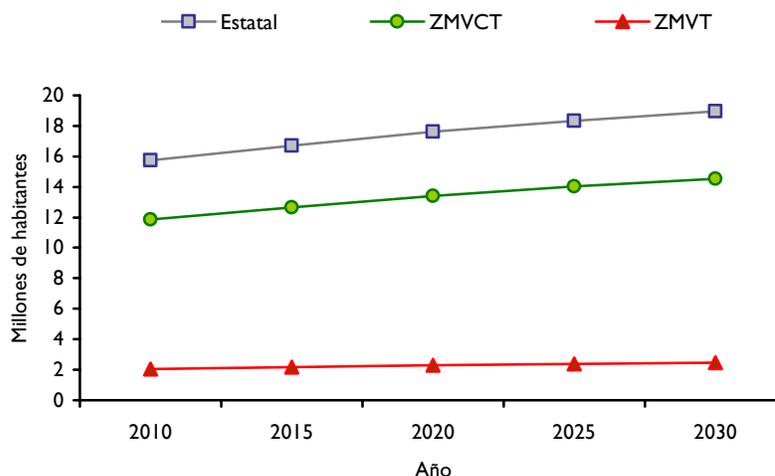
### 2.3.2. Proyección de crecimiento poblacional

De acuerdo con las proyecciones realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se espera que para 2010 habiten en la entidad 15.7 millones de personas, y en 2030 cerca de 19 millones, es decir, la población aumentará en 3 millones 195 mil 252 individuos, lo que significa un incremento de 20.3 %. En lo que respecta a la ZMVCT, el crecimiento poblacional en 20 años será de 22.5 %, es decir, que habitarán 2 millones 663 mil 783 personas más. Por su parte, la ZMVT mostrará un crecimiento moderado de 398 mil 959 habitantes, 19.4 % de incremento (cuadro 2.3 y gráfica 2.1).

<b>Cuadro 2.3. Proyección de la población para distintos años, total estatal y por zona metropolitana</b>			
<b>Año</b>	<b>Estatal</b>	<b>ZMVCT</b>	<b>ZMVT</b>
2010	15 744 553	11 862 817	2 056 709
2015	16 715 010	12 663 496	2 177 955
2020	17 601 504	13 387 553	2 287 407
2025	18 348 651	14 015 505	2 381 250
2030	18 939 803	14 526 600	2 455 668

Fuente: DGPCCA con datos de CONAPO (2000).

**Gráfica 2.1. Crecimiento poblacional proyectado en el periodo 2010-2030**



La TCPA estatal esperada pasará de 1.2 %, en el 2010, a 0.35 % en el 2030. En el caso de la ZMVCT la TCPA pasará de 1.31 % a 0.40 %, valores ligeramente por arriba de la TCPA estatal, en tanto que la TCPA esperada para la ZMVT pasará de 1.15 % a 0.34 %. Como se puede apreciar en el cuadro 2.4, en todos los casos la TCPA muestra una tendencia descendiente importante.

**Cuadro 2.4. TCPA esperada para distintos periodos, estatal y por zona metropolitana**

Periodo	Estatal (%)	ZMVCT (%)	ZMVT (%)
2010-2015	1.20	1.31	1.15
2015-2020	0.52	0.56	0.49
2020-2025	0.38	0.42	0.37
2022-2030	0.35	0.40	0.34

Fuente: DGPCCA con datos de CONAPO (2000).

Este incremento representa para el Gobierno del Estado de México lograr mantener los niveles de servicio, y dotar de servicios a los nuevos desarrollos urbanos. Dotar de energía eléctrica, agua, infraestructura vial, a las nuevas generaciones. En materia ambiental, lograr mantener dentro de norma los índices de calidad del aire ambiente a pesar del incremento de emisiones por las distintas fuentes de contaminación, un mejor aprovechamiento del recurso agua (abastecimiento, distribución tratamiento, control de fugas); un adecuado manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos que incluya una menor generación, mayor reciclaje de materiales y el aprovechamiento de subproductos como el metano; y la protección y conservación de las zonas forestales aun la presión de los asentamientos humanos, para seguir obteniendo los servicios ambientales que estos brindan.

## 2.4. Economía

El Estado de México tiene una economía altamente diversificada, por lo que es considerada como una entidad donde se desarrollan prácticamente todas las ramas de la actividad económica. Esta situación se explica por la gran dotación de recursos naturales que se han utilizado históricamente en la

entidad, y conjuntamente con su capital humano, han permitido generar un cúmulo de riqueza productiva, por lo que resulta indispensable hacer un aprovechamiento sustentable de todos estos recursos.

La economía mexiquense ocupa el segundo lugar nacional, sólo por debajo del Distrito Federal quién genera poco más de 20 % del producto interno bruto (PIB) del país, en tanto que el PIB estatal representa alrededor de 10 %.

En la entidad se encuentran establecidas 364 mil 921 unidades económicas de diversas ramas de actividad, el 12.1% del país, las cuales dan empleo a 1.5 millones de personas, esto es, 9.4 % del personal ocupado en México. En cuanto a la aportación de cada sector de actividad a la economía estatal, destaca la industria manufacturera, particularmente la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo.

Respecto a infraestructura, la entidad cuenta, además de la planta productiva propiamente, con más de 8 000 km de carreteras, 1 284 km de vías férreas, más de 1 600 oficinas postales, 80 oficinas de telégrafos, 59 estaciones televisoras, 20 radiodifusoras y 4 aeropuertos, uno de ellos de carácter internacional. Para la atención a la salud, existen más de 2 mil unidades médicas públicas y privadas. En materia de educación se tienen 22 441 escuelas desde nivel básico hasta superior. En cuanto a vivienda, la población habita 3 100 599 de éstas.

Concerniente a la participación del Estado de México en la producción nacional, según las grandes divisiones de actividad económica, destacan: manufactura (16.1 %) comercio (10.7 %) servicios financieros (9.6 %) y servicios personales (8.0 %). Por otra parte, se observa que el comercio, los servicios, pero sobre todo, la minería y la agricultura muestran una mayor participación con relación a 1993 (gráfica 2.2). La mayor participación de los sectores comercios y servicios en el PIB y la disminución en la manufactura, ilustran la terciarización de la economía.

- *Agricultura*

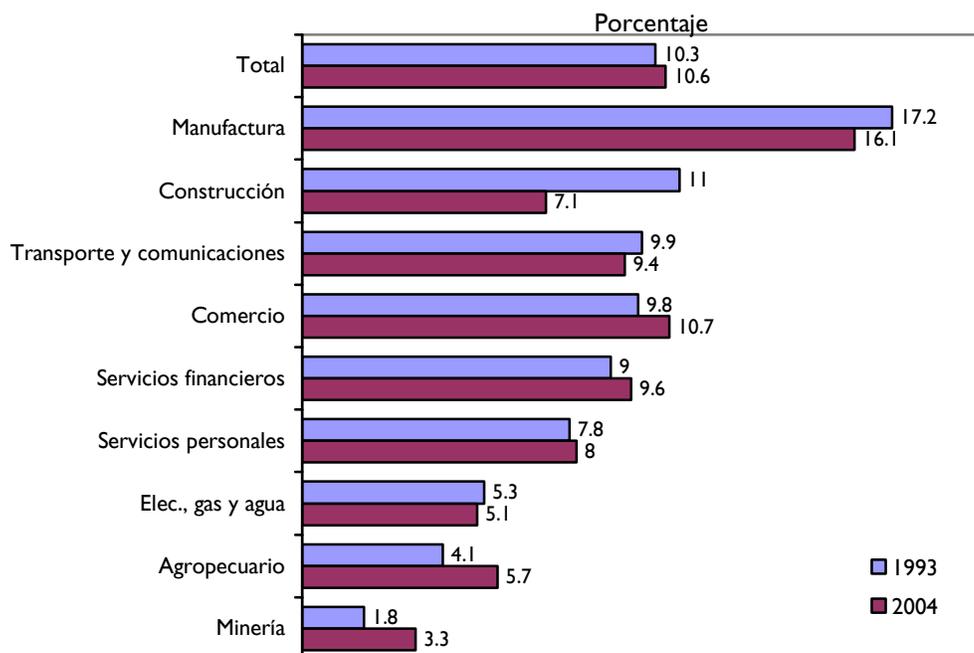
El Estado de México destaca como uno de los principales productores de maíz en el país. Las principales especies hortícolas que se cultivan son papa, chícharo, haba, tomate, jitomate y zanahoria. Los principales productos frutícolas corresponden a: tuna, aguacate y durazno. El Estado es el primer productor nacional de flor de corte; aproximadamente 17.8 % se produce en condiciones de invernadero y el resto a cielo abierto. Entre las especies que se cultivan destacan: rosa, crisantemo, clavel, gerbera y gladiola. De la superficie de suelo destinada a uso agrícola poco más de 21 % es de riego y punta de riego, el resto es de temporal.

- *Ganadería*

En la producción de ovinos el Estado de México registra el mayor inventario del país con alrededor de 1.7 millones de cabezas y una producción promedio cercana a las 6 mil toneladas anuales. Con este volumen de producción se cubre 25% de la demanda de la entidad, estimada en más de 24 mil toneladas. La producción de bovinos para carne se desarrolla prácticamente en toda la entidad. En los últimos años la producción de carne de bovinos se ha mantenido por arriba de las 37 mil toneladas de

carne. En lo que respecta a la producción de carne de porcino, aves y huevo, ésta se desarrolla generalmente como una actividad de traspato.

**Gráfica 2.2. PIB del Estado de México respecto al total nacional por gran sector de actividad económica: comparativo entre los años 1993 y 2004**



Fuente: DGPCCA (2005)

- *Silvicultura*

La cobertura forestal constituye un valioso recurso natural que cumple funciones económicas y ambientales. De la superficie total de la entidad, alrededor de 33 % tiene vocación forestal. Las principales especies maderables utilizadas en el Estado de México corresponden a pino, oyamel, cedro, encino, aile y madroño las cuales pertenecen a bosques templados distribuidos principalmente en las Sierras del Nevado de Toluca, de las Cruces, Nevada y de Zempoala. Respecto a los productos no maderables que se obtienen de los bosques están: resinas, musgo, leña, tierra de monte y tierra de hoja. Particularmente estas dos últimas actividades generan alteraciones productivas en el ecosistema al interrumpir los ciclos biogeoquímicos.

- *Industria manufacturera*

En la entidad existen 35 mil 343 unidades manufactureras que representan 10.8 % del total nacional. Considerando la producción bruta total, entre los principales subsectores de la industria manufacturera están: la alimentaria, la automotriz, la química, la del plástico y la del papel. Los estratos de la industria mexiquense según tamaño son micro 91.1 %; pequeña, 5.2 %; mediana 2.6 %; y grande 1.1 %. En materia de infraestructura la entidad cuenta con 62 parques, zonas y corredores

industriales. Cabe destacar que la actividad industrial se concentra en 17 municipios en los cuales se asienta 68.1 % de los establecimientos industriales.

- *Comercios y Servicios*

En el Estado de México hay 210 mil 897 establecimientos comerciales y 113 mil 358 de servicios. Particularmente, el sector comercio presenta una gran cantidad y diversidad de establecimientos que se viene dando por los cambios en los patrones del consumo y por la apertura comercial promovida por el modelo económico global. Estos cambios se pueden apreciar en la aparición de grandes cadenas de tiendas de autoservicio y centros comerciales y departamentales, con una notoria disminución de tiendas de pequeños comerciantes.

## **2.5. Recursos Naturales**

### **2.5.1. Recurso hídrico**

El Estado de México se caracteriza por formar parte de las tres regiones hidrográficas más importantes del país, tanto por la extensión y volumen de sus corrientes superficiales, como por la concentración de población y actividades económicas que ahí se desarrollan. Dichas regiones son Pánuco, ubicada en la porción noreste y conformada por 60 municipios mexiquenses; en la parte centro la región Lerma-Santiago, integrada por 32 municipios; y en el suroeste, la región Balsas la cual alberga 33 municipios.

En la región del Pánuco se localizan embalses importantes tales como el lago de Zumpango, el lago Nabor Carrillo en las inmediaciones del ex lago de Texcoco, así como las presas Huapango, Santa Clara, Daxhó, Taxhimay y Madín de las que en su mayoría son utilizadas para riego y en menoría para uso urbano.

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

La Región Balsas, se caracteriza por presentar la mayoría de los embalses de la entidad, en está también se encuentran ubicados importantes cuerpos de agua destinados a la generación de energía eléctrica como la presa Villa Victoria. Asimismo, de esta región se exporta un volumen considerable del agua que se consume en la Zona Metropolitana del Valle de México; también en ésta se localizan zonas de pastizales y áreas destinadas a la floricultura y fruticultura. Sus escurrimientos están integrados por numerosos ríos de importantes caudales.

En el cuadro 2.5 se muestran los volúmenes de almacenamiento que se tienen en las principales presas de la entidad, para los años 2004 y 2005. Se puede observar que en todos los casos el volumen de almacenamiento ha disminuido.

<b>Cuadro 2.5. Comparativo de las principales presas de la entidad. Volúmenes de almacenamiento Mm<sup>3</sup> (Valores para septiembre)</b>			
<b>Presa</b>	<b>Capacidad de diseño</b>	<b>Año</b>	
		<b>2004</b>	<b>2005</b>
Molino	7.40	7.18	5.22
Isla de las Aves	9.33	6.54	3.33
Madín	10.25	10.82	10.60
La Concepción	11.90	11.36	11.17
Ñadó	16.03	16.32	6.50
Ignacio Ramírez	18.80	23.46	14.76
Danxhó	30.55	30.69	20.99
José Antonio Alzate	32.70	15.09	12.00
Guadalupe	55.50	51.04	48.55
Tepetitlán	67.32	62.74	57.58
Huapango	121.00	89.28	37.65
Villa Victoria	182.03	180.55	100.13
Valle de Bravo	418.25	355.80	297.17

Fuente: DGPCCA (2007a)

- *Balance hidrológico*

El volumen total que recibe el Estado de México por precipitación es de 22 472 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) pero la mayor parte, aproximadamente 80 % regresa a la atmósfera por evaporación-transpiración. Del total de agua disponible, 1 067 Mm<sup>3</sup> se infiltran y 3 707 Mm<sup>3</sup> escurren incorporándose a ríos, arroyos y embalses de la entidad. Por región hidrográfica, el Balsas recibe la mitad del volumen de precipitación y también participa con un importante volumen de escurrimiento. La Región Lerma destaca por su participación en la infiltración y por tanto en la recarga de mantos freáticos (cuadro 2.6).

<b>Cuadro 2.6. Balance hidrológico del Estado de México</b>						
<b>Región</b>	<b>Precipitación</b>		<b>Infiltración</b>		<b>Escurrecimiento</b>	
	<b>mm</b>	<b>Mm<sup>3</sup></b>	<b>Mm<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Mm<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
Pánuco	771	6 367	383	12.14	748	23.72
Lerma	915	4 735	524	16.62	799	25.33
Balsas	1 254	11 370	160	5.07	2 160	68.48
Estado	999	22 472	1 067	33.83	3 707	117.53

Fuente: CAEM (2002)

Además del aporte natural, la entidad recibe al año 1 09.8 Mm<sup>3</sup> de agua proveniente de las presas Tuxpan y El Bosque, ambas pertenecientes al estado de Michoacán, que junto con las presas mexiquense Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo alimentan el Sistema Cutzamala. Por otra parte el Estado de México exporta al año un volumen aproximado de 540.2 Mm<sup>3</sup> de agua potable al Distrito Federal a través de los sistemas Lerma-Cutzamala, Norte y Oriente.

Respecto al balance hidrológico de aguas subterráneas, en el cuadro 2.7 se aprecia que existen una recarga de 876.6 Mm<sup>3</sup> y una extracción de 1 777 Mm<sup>3</sup> por lo que el balance es negativo, es decir se extrae más de lo que se ingresa. Esto representa un problema de sobreexplotación, particularmente en las regiones Pánuco y Lerma, sólo el Balsas no presenta déficit. Aunado al problema de sobreexplotación también está el caso de contaminación de algunos pozos de la Región Pánuco por lo que la calidad de agua no es apta para consumo humano.

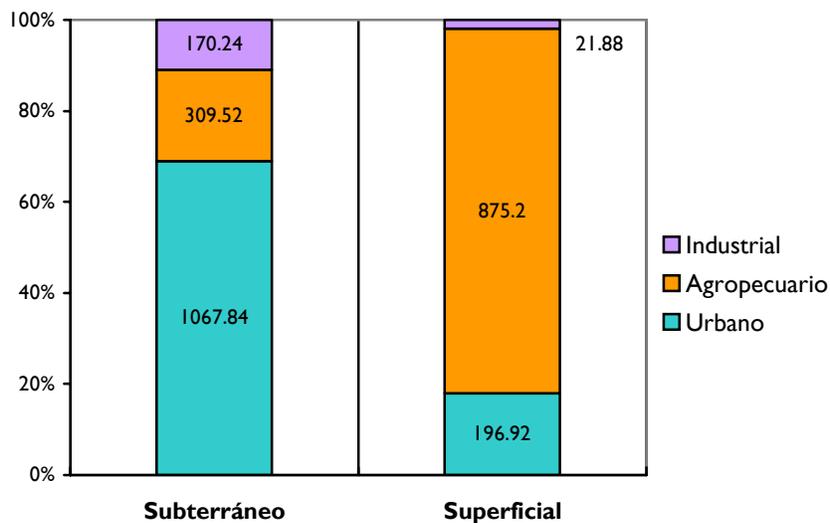
<b>Cuadro 2.7. Balance hidrológico de aguas subterráneas Mm<sup>3</sup>/año</b>			
<b>Región</b>	<b>Recarga</b>	<b>Extracción</b>	<b>Balance</b>
Pánuco	371.7	1 114.9	-743.2
Lerma	455.8	630.4	-174.6
Balsas	51.10	31.7	19.4
Estado	876.6	1 777.0	-900

Fuente: SEIA (2004)

- *Utilización del agua*

Los aprovechamientos del agua en la entidad ascienden a 2 641.6 Mm<sup>3</sup> de éstos, 1 547.6 Mm<sup>3</sup> (58.6 %) son de origen subterráneo y 1 094 Mm<sup>3</sup> (41.4 %) de origen superficial. Respecto a los usos del agua, 45 % se utiliza en el sector agropecuario, 7.3 % en la industria y 47.7 % es de uso público urbano. En la gráfica 2.3 se presenta con mayor detalle el uso del agua según su origen. Destaca que para consumo urbano se extrae más agua subterránea (69 %) que superficial (18 %); por el contrario, para uso agropecuario, 80 % proviene de fuentes superficiales y sólo 20 % es de origen subterráneo. En el caso del agua para uso industrial la mayoría proviene de fuentes subterráneas (11 %).

**Gráfica 2.3. Origen de extracción y usos del agua en Mm<sup>3</sup> y porcentaje (%)**



Fuente: CAEM (s. f.)

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

### 1.5.2. Biodiversidad

El Estado de México posee una alta diversidad biológica a pesar de que su territorio equivale apenas al 1 % del territorio nacional. Esto se debe a su peculiar ubicación geográfica, topografía, relieve accidentado, historia geológica, variedad de climas y ecosistemas, que le confieren una enorme heterogeneidad ambiental. Cabe recordar que el Eje Neovolcánico Transversal es el sistema montañoso que divide al país y, por ende al Estado de México, en dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, cada una de las cuales tiene una flora y fauna características, pero que convergen en esta franja. De manera general, la región Neártica comprende la porción centro y norte del territorio estatal, en tanto que la región Neotropical abarca la parte suroeste, particularmente la zona cálida de la cuenca del Río Balsas.

En el Estado de México se tiene un registro de 3 mil 896 especies silvestres: 2 mil 500 de flora y un mil 396 de fauna (cuadro 2.8). Es importante señalar que a la entidad llegan diferentes especies de aves migratorias, principalmente de patos, así como la mariposa monarca. Asimismo, cuenta con diferentes especies endémicas principalmente de plantas y mamíferos.

<b>Cuadro 2.8. Riqueza de especies del Estado de México</b>	
<b>Grupo</b>	<b>Número de especies</b>
Flora	2 500
Mamíferos	152
Aves	396
Reptiles	93
Anfibios	53
Peces de agua dulce	34
Invertebrados	668
<b>Total</b>	<b>3 896</b>

Fuente: SEGEM (2002) DGPCCA (2007b)

- *Especies con categoría de riesgo*

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

En el Estado de México, se han identificado 184 especies con alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, lo que representa 4.7 % del total de las especies silvestres. En el cuadro 2.9 se puede observar que a la fecha hay dos especies probablemente extintas en el medio silvestre, 17 en peligro de extinción, 68 amenazadas y 97 sujetas a protección especial. También destaca que los grupos con mayor número de especies en riesgo son las aves, los reptiles, las plantas y los mamíferos.

<b>Cuadro 2.9. Número de especies según categoría de riesgo</b>					
<b>Grupo</b>	<b>Extinta en el medio silvestre</b>	<b>En peligro de extinción</b>	<b>Amenazada</b>	<b>Sujeta a protección especial</b>	<b>Total por grupo</b>
Aves	1	8	17	35	61
Mamíferos	1	3	12	7	23
Reptiles	0	1	12	27	40
Anfibios	0	1	5	13	19
Peces	0	2	2	0	4
Plantas	0	2	15	14	31
Hongos	0	0	5	1	6
<b>Total por categoría</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>68</b>	<b>97</b>	<b>184</b>

Fuente: DGPCCA (2007b)

- *Recursos forestales*

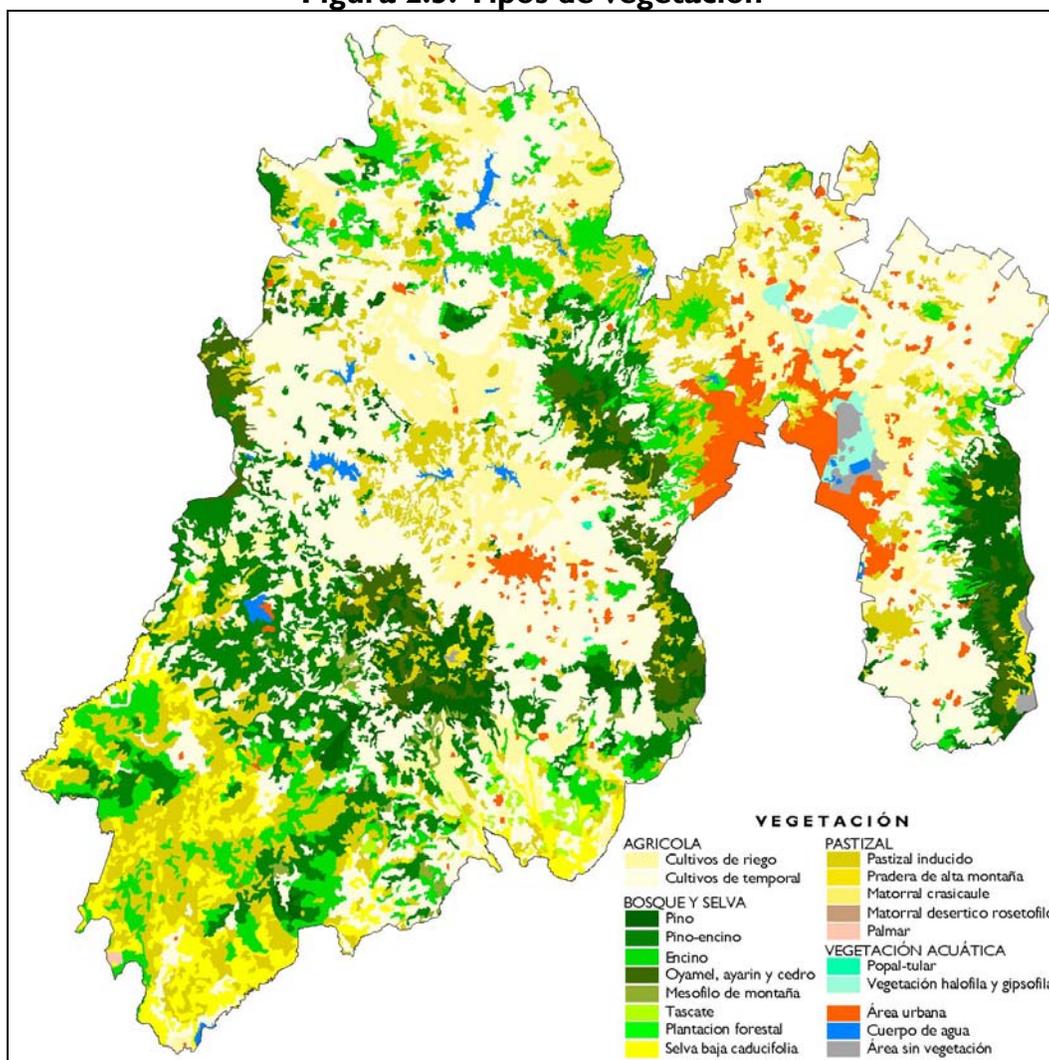
El Estado de México presenta diversos tipos de vegetación entre los que se encuentran bosque templados (pino, encino, oyamel y mesófilo) selva baja caducifolia, vegetación de zonas áridas o xerófila, pastizales, vegetación acuática (tulares y riparia) y halófila. Respecto a su cobertura, la masa forestal comprende 39.7 % de la superficie estatal, de la cual destacan los bosques templados con 24.8 % y las áreas perturbadas con 10 %, éstas últimas representan zonas donde la vegetación primaria ha sido alterada mayoritariamente por actividades humanas como desmonte, incendios inducidos, tala, y cambio en los usos del suelo (cuadro 2.10).

<b>Cuadro 2.10. Superficie y porcentaje de cobertura forestal en la entidad</b>		
<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>(%) respecto a la superficie estatal</b>
Bosques templados	558 069	24.8
Selva baja caducifolia	87 789	3.9
Vegetación xerófila	16 747	0.7
Vegetación hidrófila y halófila	6 034	0.3
Áreas perturbadas	225 974	10.0
<b>Total vegetación</b>	<b>894 613</b>	<b>39.7</b>

Fuente: PROBOSQUE (2006)

La figura 2.3 muestra la distribución de los tipos de vegetación presentes en la entidad.

**Figura 2.3. Tipos de vegetación**



Fuente: DGPC a partir del INE (2000)

En la imagen anterior resalta que la mayor concentración y diversidad forestal se encuentra en la parte suroeste del Estado, en las sierras de Nanchitla, San Vicente, La Goleta y Zacualpan, las cuales forman parte de la cuenca del Río Balsas. También una importante masa forestal está presente en los principales sistemas montañosos de las cuencas Pánuco y Lerma, como las sierras de Monte Alto, Monte Bajo, de las Cruces, del Ajusco, de Río Frío, Nevada; de San Andrés y la Sierra de Carimangacho, siendo ésta última, donde arriba la mariposa monarca.

- *Áreas naturales protegidas*

El sistema de áreas naturales protegidas (ANP) de la entidad consiste en 84 unidades con distinta jerarquía, abarcando una superficie de 978 436.76 hectáreas lo que representa 43.5 % del territorio estatal. Los parques estatales destacan tanto por su número como por su superficie (46 parques y más de 565 mil hectáreas), asimismo, por su extensión le siguen en importancia las áreas de protección de flora y fauna, las reservas ecológicas estatales y los parques nacionales (cuadro 2.11).

<b>Cuadro 2.11. Resumen de las áreas naturales protegidas en el Estado de México</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Núm.</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Parques nacionales	10	99 352.26
Parques estatales	46	565 497.60
Parques municipales	5	193.72
Reservas ecológicas federales	1	17 038.00
Reservas ecológicas estatales	12	100 670.74
Áreas de protección de flora y fauna	2	126 798.93
Cimas de montaña, lomeríos y cerros	1	68 093.44
Sin decreto	7	792.07
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>978 436.76</b>

Fuente: SMAGEM (2008)

Por otra parte, en el Estado de México se ubican seis Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) para su conservación, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) siendo éstas:

- RTP 107 Sierra Nevada
- RTP 108 Ajusco-Chichinautzin
- RTP 109 Nevado de Toluca
- RTP 110 Sierra de Chincua
- RTP 119 Sierra de Nanchititla
- RTP 120 Sierras de Taxco-Huautla

Para el Gobierno del Estado de México son prioritarias las áreas naturales protegidas de la mariposa monarca que protege parte del Cerro Altamirano en el municipio de Temascalcingo; Sierra El Campanario en San José del Rincón y Cerro Pelón en los municipios de Donato Guerra y Villa de Allende; asimismo el corredor biológico Chichinautzin, los parques Desierto del Carmen, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, Iztaccihuatl–Popocatepetl, Lagunas de Zempoala, Los Remedios; Zoquiapan y Anexas y el Nevado de Toluca.

## **2.6. Energía Eléctrica y Combustibles Fósiles**

### **2.6.1. Energía eléctrica**

En materia de producción de energía eléctrica la entidad cuenta con 17 centrales generadoras distribuidas en 10 municipios mexiquenses. Dichas centrales cuentan con una capacidad efectiva de 1 463.36 megawatt por hora (MW/h) y una producción de 5 mil 543 gigawatt por hora (GW/h). La producción total de energía eléctrica aporta alrededor de 3.3 % del total nacional. En el conjunto de tipos de generación de energía eléctrica destaca, por su aporte al total nacional, el ciclo combinado, el

turbogas y el vapor. Durante los últimos años la producción mediante vapor ha disminuido en tanto que la hidroeléctrica ha aumentado (cuadro 2.12).

**Cuadro 2.12. Energía eléctrica producida en el Estado de México, 2000-2005 según tipo de generación y porcentaje respecto a la producción total nacional**

Año	Tipo de generación (GW/h)								Total	(%)
	Hidroeléctrica	(%)	Vapor	(%)	Turbogas	(%)	Ciclo combinado	(%)		
2000	87	0.3	5 272	5.9	183	3.5			5 542	2.9
2001	48	0.2	5 614	6.2	234	4.3			5 896	3.1
2002	77	0.3	4 391	5.5	1 401	21.9			5 869	3.3
2003	134	0.7	4 303	5.8	1 872	29.4			6 309	3.7
2004	181	0.7	2 783	4.2	110	5.7	2 312	9.0	5 386	3.3
2005	137	0.5	2 088	3.2	100	7.4	3 218	12.4	5 543	3.2

Fuente INEGI (2006)

La participación de otras fuentes no convencionales como la micro-hidroelectricidad, la energía solar y la energía eólica en la producción tanto nacional como estatal es modesta o prácticamente nula. La aplicación de los avances tecnológicos de las fuentes no convencionales aún está limitada al campo de la investigación, experimentación, autoconsumo o uso doméstico. Sin embargo, su desarrollo a largo plazo se considera como indispensable y viable, sobre todo a lo que respecta a utilización de biogás y energía solar.

El Estado de México es la entidad federativa que consume la mayor cantidad de energía eléctrica del país. Del total nacional de ventas efectuadas en 2005, correspondiente a 169 757 GW/h, el volumen de venta en la entidad fue de 15 442 GW/h, lo que representó 9.1 % del total (cuadro 2.13).

**Cuadro 2.13. Volumen de las ventas de energía eléctrica en la entidad por año**

Año	Volumen (GW/h)	(%) Respecto al total nacional
2000	15 272	9.8
2001	15 099	9.6
2002	15 201	9.5
2003	14 732	9.2
2004	14 868	9.1
2005	15 442	9.1

Fuente INEGI (2006)

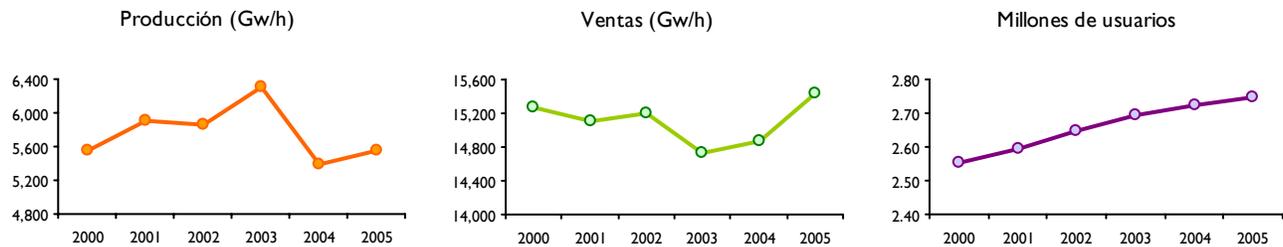
En lo que respecta a los usuario del servicio eléctrico, en 2000 el número de ellos fue de 2.55 millones, significando 10 % del total nacional; para el 2005, la cantidad ascendió a 2.75 millones, representando 9.5 % del total nacional. En términos absolutos la diferencia de usuarios en este periodo fue de 198 mil 402 usuarios, es decir, un incremento de 7.8 % (cuadro 2.14).

**Cuadro 2.14. Número de usuarios de energía eléctrica en la entidad por año**

Año	Usuarios	(%) Respecto al total nacional
2000	2 550 404	10.7
2001	2 592 332	10.4
2002	2 648 056	10.2
2003	2 695 971	10.0
2004	2 724 475	9.7
2005	2 748 806	9.5

Fuente INEGI (2006)

**Gráfica 2.4. Comportamiento anual de la producción, ventas y número de usuarios en la entidad, periodo 2000-2005**



- *Retos en materia de energía eléctrica*

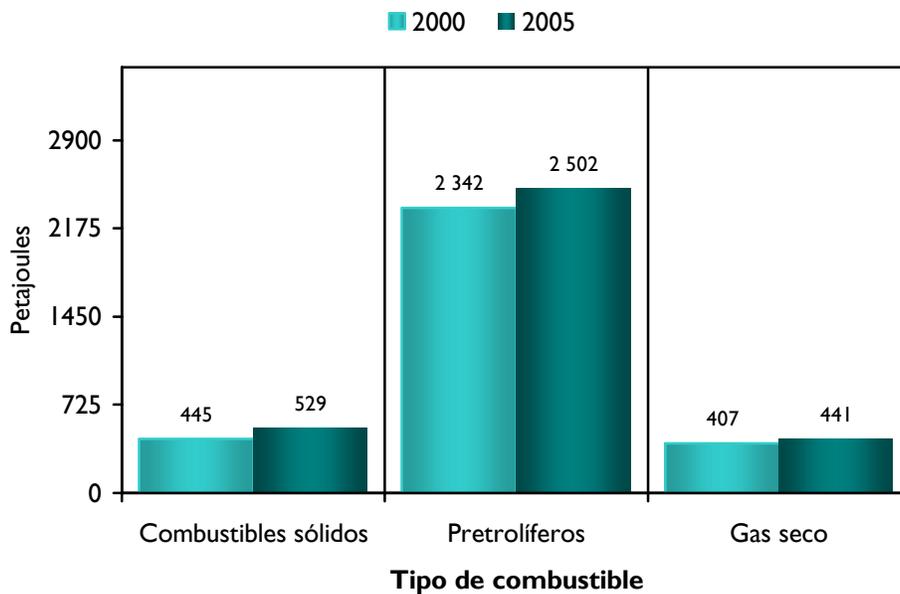
El crecimiento de la actividad comercial y de los asentamientos humanos ha generado una mayor demanda de energía eléctrica, principalmente en las dos zonas metropolitanas de la entidad, motivo por el cual Luz y Fuerza del Centro (LFC) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) han realizado grandes esfuerzos en inversión para mantener y ampliar la infraestructura instalada y continuar otorgando este servicio en cantidad y calidad suficientes. La demanda de electrificación se presenta de la siguiente manera: 85% en 81 municipios metropolitanos y 15 % en los 44 municipios restantes. Es importante señalar que en algunos municipios, sobre todo rurales, los costos de electrificación se elevan debido a la existencia de viviendas dispersas o poblados con difícil acceso, por lo que se necesitan redes con mayor número de postes; o bien, una mayor cantidad de maniobras.

Al respecto, la estrategia en materia de energía eléctrica del Gobierno del Estado de México tiene como retos: el asegurar el abasto de energía eléctrica para la demanda futura; promover el servicio eléctrico domiciliario en colonias populares y comunidades rurales; ampliar y modernizar los sistemas de alumbrado público en los 125 municipios de la entidad; así como fomentar el ahorro y uso eficiente de la energía.

### 2.6.2. Consumo energético de combustibles fósiles

En diversos grados, la producción y consumo de recursos energéticos no renovables en los procesos productivos y en las actividades humanas inciden en la transformación del entorno natural y en la calidad del medio ambiente, principalmente la de los centros urbano-industriales. En el caso de los combustibles fósiles la tendencia en el consumo energético nacional va en aumento. Para ilustrar lo anterior, en la gráfica 2.5 se presenta un comparativo entre los años 2000 y 2005 respecto al consumo energético en el país de los distintos tipos de combustibles: los combustibles sólidos, que incluyen: carbón, leña, bagazo de caña y coque; los petrolíferos, que comprenden: gas LP, gasolinas, queroseno, diesel y combustóleo; y por último el gas seco. Las diferencias entre cada uno de ellos representan un incremento de 18.9 % para los combustibles sólidos, de 6.8 % para los petrolíferos y de 8.4 % para el gas seco.

**Gráfica 2.5. Consumo energético nacional por tipo de combustible, comparativo entre los años 2000 y 2005**



Fuente: INEGI (2006)

- *Consumo energético en el Estado de México por sector*

En el cuadro 2.15 se presenta el consumo de combustibles fósiles en la entidad mexiquense durante 2004. Se puede apreciar que del total de los 381 Petajoule (PJ) consumidos, el sector con mayor participación fue el transporte con 47.6 %, seguido del sector industrial con 19.4 %.

<b>Cuadro 2.15. Consumo energético estatal por sector (2004)</b>		
<b>Sector</b>	<b>Petajoule (PJ)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Generación de energía eléctrica	53.9	14.1
Industria manufacturera	74.1	19.4
Transporte	181.2	47.6
Comercial	13.7	3.6
Residencial	57.4	15.1
Agricultura	0.7	0.2
<b>Total</b>	<b>381.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: DGPCCA (2008).

Sin embargo, al estimar el consumo energético solamente para 18 municipios conurbados de la ZMVCT (cuadro 2.16) la participación del transporte es mayor (50.9 %) con relación al valor estatal (47.6 %), la participación del sector industrial se mantiene en alrededor de 33 %, en tanto que la contribución en el consumo del sector residencial-comercial alcanza 15.2 %, ligeramente menor a 18.7 % del total estatal. El sector agrícola no fue considerado debido a que en esos 18 municipios esta actividad no es representativa.

<b>Cuadro 2.16. Consumo energético por sector en 18 municipios conurbados de la ZMVCT</b>		
<b>Sector</b>	<b>Petajoule</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Transporte	106.83	50.9
Industrial	71.16	33.9
Residencial	24.90	11.9
Servicios	7.04	3.3
<b>Total</b>	<b>209.92</b>	<b>100.0</b>

Fuente: DGPCCA (2008).

Es importante señalar que en esta región de la entidad se asientan dos tercios de la población estatal, cuenta con una importante actividad económica y dinámica urbana, y un parque vehicular que consiste en 1.5 millones de vehículos, que aunado al del Distrito Federal, da como resultado la circulación de cerca de cuatro millones de automotores en la Zona Metropolitana del Valle de México. De aquí la importancia de políticas metropolitanas que contribuyan con el ahorro de energía de manera indirecta como lo es la verificación vehicular, la renovación del parque vehicular, la limitación a la circulación un día a la semana (Hoy No Circula) y el mejoramiento de la calidad de los combustibles.



---



# **3** **Inventario de Emisiones de GEI**



### 3.1. Contexto Nacional

La primera estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para México se realizó en 1995 considerando 1990 como año base. A la fecha se han calculado y recalculado las emisiones para los años 1990 al 2002, aplicando la metodología propuesta y revisada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático o IPCC (por sus siglas en inglés). De esta forma México da cumplimiento a lo establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) acerca de las Comunicaciones Nacionales, las cuales deben incluir un inventario nacional de las emisiones antropogénicas de los GEI.

Los inventarios generados para los años 1990-2002 muestran que el incremento de las emisiones en los distintos sectores (exceptuando el cambio de uso de suelo y la silvicultura) fue aproximado a 30 %, lo que significó una tasa de crecimiento promedio anual de 2.2 %.

De acuerdo con el inventario nacional más reciente, en el 2002 se emitieron 643 183 gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub> equivalente, de esta cantidad, el sector que más aportó fue el de energía con 61 %; y el sector cambio de uso de suelo y silvicultura, con 14 %, el sector de manejo y disposición de desechos, así como de los procesos industriales, contribuyeron con 10.0 % y 8.0 %; y el 7 % restante fue originado con el sector que incluye a la generación de energía, el transporte, el consumo de combustibles fósiles en la manufactura y la industria de la construcción; el consumo en los sectores residencial, comercial y agrícola, y las emisiones fugitivas de metano.

Por tipo de contaminante las emisiones nacionales de GEI para ese mismo año fueron las siguientes: 480 409 Gg de CO<sub>2</sub>, lo que representa 74 %; 145 586 Gg de metano o CH<sub>4</sub>, (23 %); 12 343 Gg de óxido nitroso N<sub>2</sub>O, (2 %); y el restante se compone de 4 425 Gg de hidrofluorocarbonos o HFC, 405 Gg de compuestos perfluorados o PFC y 15 Gg de hexafluoruro de azufre o SF<sub>6</sub>. cabe señalar que aunque el volumen de los tres últimos contaminantes es poco significativo con relación a los demás gases, su importancia radica en dos aspectos químicos fundamentales: poseen un potencial de calentamiento más alto por lo que su efecto como gas invernadero (potencial de calentamiento) y su vida media en la atmósfera son considerablemente mayores que la del CO<sub>2</sub>.

En el contexto mundial, México ocupa la posición número 12 de un total de 55 países que en conjunto emiten el 95% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles. De tales emisiones, la contribución nacional representa no más del 1.5 %. Sin embargo, al tomar en cuenta los niveles de ingreso y de desarrollo humano, el país tiene el puesto 67 en emisiones de CO<sub>2</sub> *per cápita* por la quema de combustibles fósiles.

## 3.2. Inventario Estatal de GEI

Entre las actividades que desempeña el Gobierno del Estado de México, por conducto de la SMAGEM están las de recopilar, procesar y analizar la información referente a las emisiones de fuentes fijas, móviles y naturales presentes en la entidad con lo cual elabora los inventarios de emisiones contaminantes criterio a la atmósfera a escala local.

Desde 1995 a la fecha se han desarrollado los inventarios de emisiones para los municipios conurbados que conforman las Zonas Metropolitanas de los Valles de México y Toluca, (ZMVM y ZMVT respectivamente) tomando en cuenta los siguientes contaminantes:  $PM_{10}$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  y  $HC$ . A partir del 2004, con la publicación del documento “Inventario de Emisiones de la ZMVM 2000”, se incorporan las emisiones de partículas menores a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ), compuestos orgánicos totales (COT), compuestos orgánicos volátiles (COV), amoníaco ( $NH_3$ ) y metano ( $CH_4$ ). Aunque los inventarios consideran algunos gases con potencial de calentamiento tales como el  $CO$ ,  $NO_x$  y  $CH_4$ , estos aún no consideran las emisiones de  $CO_2$  y  $N_2O$ .

El primer esfuerzo en la entidad para la estimación de los GEI consideró siete municipios de la ZMVT, y el 2000 como año base de estudio, y sus resultados fueron presentados en el Segundo Congreso Estatal sobre Cambio Climático celebrado en el 2001. Dicho inventario consideró las emisiones provenientes de la quema de combustibles en los sectores doméstico, comercial y transporte aéreo, así como de las actividades de fermentación entérica, el manejo de excretas, excretas no manejadas y rellenos sanitarios. Es hasta 2008, con motivo del proyecto “Inventario Estatal de Emisiones a la Atmósfera 2004” que se deriva la estimación de GEI para los 125 municipios que conforman a la entidad.

Con la elaboración del presente inventario se pretende determinar las fuentes de mayor contribución de gases de efecto invernadero, que permita planificar un conjunto de estrategias que ayuden a la mitigación de los impactos generados en la entidad ante el cambio climático global que se está presentando. El año base a considerar es el 2004.

Los contaminantes evaluados en el presente trabajo son: el bióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), nitrógeno (N), monóxido de carbono ( $CO$ ), compuestos orgánicos diferentes al metano (COVDM), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), hidrofluorocarbonos (HFC) y los compuestos perfluorados (PFC).

Los cálculos para determinar las emisiones de GEI se realizaron para las cuatro categorías de emisión reportadas en el IPCC y se mencionan a continuación:

- Sector Energía
- Sector Procesos Industriales
- Sector Agricultura
- Sector Desechos

Las estimaciones de las emisiones del Inventario Estatal de GEI se realizaron bajo las “Directrices del IPCC para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, 2006”, con las metodologías del Nivel I, por defecto, empleando datos de actividad específicos para la Entidad; así como la Orientación de las Buenas Prácticas y el Manejo de la Incertidumbre en el Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero, 2000.

El informe de las emisiones se reportan por categoría y tipo de contaminante en gigagramos (Gg) y empleando unidades de Gg de CO<sub>2</sub> equivalente, utilizando para ellos el potencial de calentamiento global proporcionados por el IPCC y que se basan en los efectos de GEI en un horizonte temporal de 100 años.

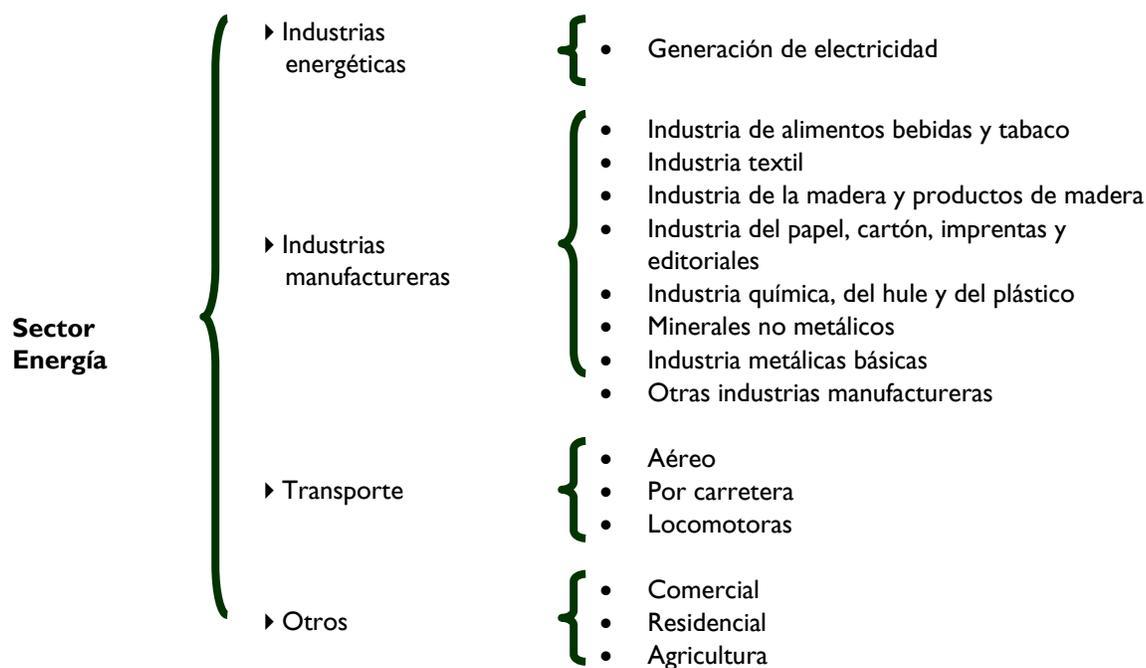
<b>Cuadro 3.1. Potenciales de calentamiento global de los gases de efecto invernadero, considerados en el inventario de emisiones estatal</b>			
<b>Nombre común o designación industrial</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Potencial de calentamiento global</b>	
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	
Metano	CH <sub>4</sub>	21	
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310	
Hidrofluorocarbonos	HFC-23	11 700	
Compuestos perfluorados	Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23 900
	Trifluoruro de nitrógeno	NF <sub>3</sub>	-
	PFC-14	CF <sub>4</sub>	6 500
	PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9 200
	PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7 000

### 3.2.1 Sector Energía

En este apartado se calcularon las emisiones de GEI provenientes de las fuentes de combustión distribuidas sobre el Estado de México, basándose en las categorías definidas por el IPCC, 2006. En estas categorías se incluyen a las industrias energéticas, industrias manufactureras, al transporte y «otros» que incluye el comercial, residencial y agricultura.

Los contaminantes reportados en este apartado son el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, los cuales fueron evaluados a partir del consumo de combustibles fósiles utilizados para cada fuente de emisión.

Las categorías de fuente a evaluar son:



Los consumos de combustibles para las categorías de las fuentes reportadas, fueron obtenidos de PEMEX Refinación Gas y Petroquímica, de los Balances de Energía, así como de las prospectivas del gas LP, gas natural y petrolíferos reportados para el 2004 por la Secretaría de Energía (SENER).

• *Datos de actividad*

El combustible consumido en la entidad por las fuentes de emisión evaluadas en el año de inventario fue lo equivalente a 207 736.5 barriles diarios correspondientes a gas LP, gas natural, diesel, gasóleo, combustóleo, gasolina y turbosina. En el cuadro 3.2 se muestra la distribución de los combustibles en petajoules (PJ) por año y su equivalente en porcentaje.

<b>Cuadro 3.2 Distribución de los combustibles consumidos en la entidad</b>		
<b>Combustible</b>	<b>Consumo (PJ/año)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gas LP	86.4	22.7
Gas natural	100.5	26.4
Diesel	42.6	11.2
Gasóleo	0.7	0.2
Combustóleo	16.8	4.4
Gasolina	120.8	31.7
Turbosina	13.2	3.5
<b>Total</b>	<b>381.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: PEMEX, Refinación, Gas y Petroquímica; SENER, Balance Nacional de Energía (2004) Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Prospectiva del mercado del gas natural 2004-2013; Prospectiva de petrolíferos 2004-2013

### 3.2.2. Balance de Energía

El sector energía del Estado de México tiene un consumo de combustibles equivalente a 381 PJ/año; el mayor consumo corresponde a la categoría de transporte con 47.6 %, luego están las industrias manufactureras con 19.4 %, seguido por el consumo de la categoría residencial y la generación de energía eléctrica con 15.1 % y 14.2 %, respectivamente, y el comercio y la agricultura que sólo consumen 3.6 % y 0.2 % del total de la entidad. En el cuadro 3.3 se muestran los consumos por categoría de fuente en PJ/año.

<b>Cuadro 3.3. Consumo de energía por categoría de fuente en el Sector Energía</b>	
<b>Categorías de fuente del Sector Energía</b>	<b>Consumo (PJ/año)</b>
Generación de energía eléctrica	53.9
Industrias manufactureras <sup>a/</sup>	74.1
Transporte	181.2
Comercial	13.7
Residencial	57.4
Agricultura	0.7
<b>Total</b>	<b>381.0</b>

Fuente: PEMEX, Refinación, Gas y Petroquímica;

SENER, Balance Nacional de Energía, 2004; Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Prospectiva del mercado del gas natural 2004-2013; Prospectiva de petrolíferos 2004-2013

<sup>a/</sup> SMAGEM-DGPCCA, Cédulas de Operación Integral para fuentes fijas de jurisdicción estatal (2005)

- *Industrias energéticas*

En esta categoría se cuantificaron las emisiones de GEI principalmente por la generación de electricidad.

En la entidad se cuenta con dos grandes empresas generadoras y abastecedoras del sector público de energía eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LFC), además, se cuenta en menor proporción con pequeños generadores del sector privado de autogeneración de energía eléctrica.

En el 2004 se distribuyeron 14 976.2 gigawatts-hora (GWh) de energía eléctrica destinada a los diferentes usuarios como industrial, residencial, comercial, agrícola, entre otros. Los combustibles que son utilizados en los procesos de generación consisten en el gas natural y el combustóleo siendo el primero el de mayor demanda (99.1 %).

En el cuadro 3.4 se proporciona el consumo de combustible utilizado por esta categoría; en el cuadro 3.5 se muestra la generación de electricidad por tipo de planta y su tecnología y en el cuadro 3.6 se observa el tipo y número de usuarios y la demanda de energía para cada uno.

<b>Cuadro 3.4. Consumo energético para la generación de electricidad</b>		
<b>Generadores de energía eléctrica</b>	<b>Gas Natural (PJ/año)</b>	<b>Combustóleo (PJ/año)</b>
<i>Público</i>		
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	44.1	-
Luz y Fuerza del Centro (LFC)	5.2	-
<i>Privado</i>		
Autogeneración de electricidad	4.1	0.5
<b>Total</b>	<b>53.5</b>	<b>0.5</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>99.1</b>	<b>0.9</b>

Fuente: Comisión Federal de Electricidad (2004)  
 Luz y Fuerza del Centro (2004)  
 SENER, Balance Nacional de Energía (2004) Prospectiva del mercado del gas natural, 2003-2014 y Prospectiva de petrolíferos 2004-2013  
 INEGI, Anuario Estadístico de México (2005)

<b>Cuadro 3.5. Generación de electricidad por tipo de planta y tecnología</b>			
<b>Tipo de planta</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Capacidad (MWh)<sup>a/</sup></b>	<b>Generación (GWh)</b>
<i>Comisión Federal de Electricidad (CFE)</i>			
Hidroeléctrica	-	314.0	85.0
Termoeléctrica	-	999.3	4 596.1
- Valle de México (Acolman)	Vapor	450.0	2 284.0
- Valle de México (Acolman)	Turbogas	0.0	821.8
	Ciclo Combinado	549.3	1 490.4
<i>Luz y Fuerza del Centro (LFC)</i>			
Hidroeléctrica		14.0	44.9
Termoeléctrica	-	450.0	608.7
- Jorge Luke	Vapor	224.0	499.0
- Valle de México (Acolman) / Jorge Luke (Lechería)	Turbogas	88.0 / 138.0	69.8 / 0.0
<b>Total</b>		<b>1 777.3</b>	<b>5 334.7</b>
<b>Hidroeléctrica</b>	-	<b>328.0</b>	<b>129.9</b>
<b>Termoeléctrica</b>	-	<b>1 449.3</b>	<b>5 204.8</b>

Nota: <sup>a/</sup>MWh = Megawatts-hora

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico de México (2005)

SENER (2004) Prospectiva del Sector Eléctrico 2004-2013, Dirección General de Planeación Energética

<b>Cuadro 3.6. Usuarios y demanda energética</b>				
<b>Tipo de usuario</b>	<b>CFE</b>		<b>LFC</b>	
	<b>No. de usuarios</b>	<b>MWh</b>	<b>No. de usuarios</b>	<b>MWh</b>
Industrial	949.0	1 813 993.0	5 892.0	8 152 436.0
Residencial	311 825.0	317 953.0	2 150 764.0	2 507 179.0
Comercial	31 393.0	64 693.0	235 666.0	918 881.0
Agrícola	359.0	6 713.0	1 022.0	36 397.0
Alumbrado público	1 322.0	47 670.0	212.0	440 872.0
Bombeo de agua potable y negras	689.0	30 553.0	1 683.0	617 797.0
Temporal	5 609.0	21 080.0	-	-
<b>Total</b>	<b>352 146.0</b>	<b>2 302 655.0</b>	<b>2 395 239.0</b>	<b>12 673 562.0</b>

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico de México (2005)

- *Industrias manufactureras*

Las industrias manufactureras consumen 19.4 % de los combustibles utilizados en este sector, siendo el gas natural el que mayor participación tiene en la entidad con 57.8 %, el combustóleo con 22.0 %, el gas LP con 13.3 %, el diesel y gasóleo con el 6.0 % y 0.9 % respectivamente. En el cuadro 3.7 se puede apreciar el consumo de combustibles para esta categoría en petajoules por año.

<b>Cuadro 3.7. Consumo de combustibles por las industrias manufactureras</b>		
<b>Combustible</b>	<b>Consumo (PJ/año)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gas LP	9.8	13.3
Gas natural	42.8	57.8
Diesel	4.4	6.0
Gasóleo	0.7	0.9
Combustóleo	16.3	22.0
<b>Total</b>	<b>74.1</b>	<b>100.0</b>

Fuente: PEMEX, Refinación, Gas y Petroquímica;

SENER, Balance Nacional de Energía (2004) Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Prospectiva del mercado del gas natural 2004-2013; Prospectiva de petrolíferos 2004-2013

- *Transporte*

Dentro de esta categoría se estimaron las emisiones del transporte (terrestre, ferroviario y aéreo); siendo el primero el que mayor consumo de combustibles tiene, ya que requiere 91.6 % del total. El diesel y la gasolina son los combustibles que más se emplean en este sector pues llegan a representar hasta 87.8 %.

<b>Cuadro 3.8. Consumo de combustibles por el transporte</b>			
<b>Tipo de transporte</b>	<b>Combustible</b>	<b>Consumo (PJ/año)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Terrestre	Gasolina	120.8	66.7
	Gas LP	8.6	4.7
	Gas natural	0.4	0.2
	Diesel	36.2	20.0
Ferroviario	Diesel	1.9	1.1
Aéreo	Turbosina	13.2	7.3
<b>Total</b>		<b>181.2</b>	<b>100.0</b>

Fuente: PEMEX, Refinación, Gas y Petroquímica; SENER, Balance Nacional de Energía (2004); Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Prospectiva del mercado del gas natural 2004-2013; Prospectiva de petrolíferos 2004-2013

- *Otros (comercial, residencial y agricultura)*

Para el 2004, el consumo de combustibles por las actividades comerciales fue de 13.7 PJ/año, correspondiente al consumo de gas LP y gas natural principalmente, siendo el primero el de mayor demanda. En la actividad residencial el consumo de combustible corresponde a 57.4 PJ/año, utilizando principalmente gas LP (94.6 %) para la cocción de los alimentos y el calentamiento de agua. Y para agricultura representa tan sólo 0.2 % del consumo total del sector energía, siendo el gas LP el principal combustible utilizado.

<b>Cuadro 3.9. Consumo de combustibles por las actividades comercial, residencial y agrícola</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Combustible / Consumo (PJ/año)</b>		
	<b>Gas LP</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Total</b>
Comercial	13.1	0.5	13.7
Residencial	54.2	3.2	57.4
Agricultura	0.7	-	0.7

Fuente: PEMEX, Refinación, Gas y Petroquímica; SENER, Balance Nacional de Energía (2004); Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Prospectiva del mercado del gas natural 2004-2013; Prospectiva de petrolíferos 2004-2013

### 3.2.3. Emisiones de GEI por Tipo de Actividad en el Sector Energía

- *Metodología (sector energía)*

La metodología para inventariar las emisiones varía de acuerdo con las condiciones de cada entidad o ciudad, sin embargo, básicamente consiste en definir e identificar las características de las fuentes y elegir el método adecuado para calcular las emisiones. Principalmente, lo que se pretende buscar y establecer al realizar un inventario de emisiones es:

- Realizar el levantamiento de la línea base de las emisiones generadas en la zona.
- Actualizar y mejorar la información de las fuentes de emisión.

En el presente inventario se aplicaron las metodologías propuestas por el documento “Directrices para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero”, elaboradas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), versión 2006, Volumen 2 correspondiente al sector energía; así como la Orientación de las Buenas Prácticas y Manejo de la Incertidumbre en el Inventario Nacional de GEI, 2000.

Aplicando la estimación de emisiones Nivel I básico (TIER I) se requiere de lo siguiente para cada categoría de fuente y combustible:

- Datos de la cantidad y el tipo de combustible para cada categoría de fuente.
- Un factor de emisión por defecto para cada categoría de fuente, es decir un valor establecido por las metodologías propuestas por el IPCC.

Para calcular las emisiones del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{GEI,j} = CC * FE_{GEI,j}$$

Donde:

Emisiones <sub>GEI,j</sub>	= Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, entre otros) por tipo de combustible, j [kg GEI]
CC	= Cantidad de combustible consumido en Terajoules [TJ]
FE <sub>GEI,j</sub>	= Factor de emisión por defecto de GEI por tipo de combustible, j [kg gas/TJ]. Para el CO <sub>2</sub> se asume un factor de oxidación del C igual a 1.
j	= Tipo de combustible

En el cuadro 3.10 se muestran los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones por tipo de combustible.

Cuadro 3.10. Factores de emisión para el sector energía por tipo de GEI y combustible			
Combustible	Factores de emisión (kg GEI/TJ)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<i>Generación de energía eléctrica</i>			
Gas natural	64 200	3.0	0.6
Combustóleo	77 400		
<i>Industrias manufactureras</i>			
Gas natural	64 200.0	3.0	0.6
Gas LP	63 100.0	1.0	0.1
Diesel	74 100.0	3.0	0.6
Gasóleo	74 100.0		
Combustóleo	77 400.0		

Continúa en la siguiente página...

...continuación

<i>Comercial</i>			
Gas natural	64 200.0	10.0	0.6
Gas LP	63 100.0	5.0	0.1
<i>Residencial / Agrícola</i>			
Gas natural	64 200.0	10.0	0.6
Gas LP	63 100.0	5.0	0.1
<i>Transporte</i>			
Gasolina	69 300.0	33.0	3.2
Diesel – vehicular / ferroviario	74 100.0	3.9 / 4.2	3.9 / 28.6
Gas natural	63 100.0	92.0	3.0
Gas LP	56 100.0	62.0	0.2
Turbosina	71 500.0	0.5	2.0

Fuente: IPCC (2006) 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Chapter 1, 2, and 3

- *Emisiones de GEI en el sector energía*

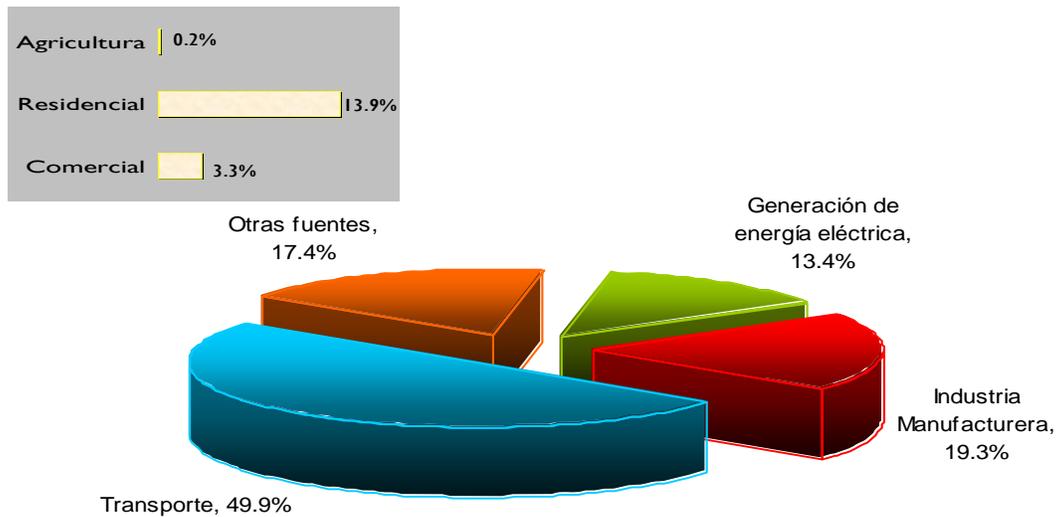
En 2004 se emitieron 26 068.3 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente para el sector energía, siendo el transporte la principal fuente de emisión con una contribución de 49.9 %, las industrias manufactureras con 19.3 %; otras fuentes de combustión, 17.4 % y la generación de electricidad con 13.4 % (ver gráfica 3.1.)

**Cuadro 3.11. Emisiones anuales de GEI en Gg por tipo de actividad**

Categorías de Fuente del Sector	Emisión		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Energía</b>			
Generación de electricidad	3 468.853	0.162	0.032
Industrias manufactureras	5 011.906	0.203	0.089
Transporte	12 711.003	4.709	0.612
Otras			
Comercial	864.166	0.071	0.002
Residencial	3 626.052	0.303	0.007
Agricultura	41.683	0.003	0.000
<b>Total</b>	<b>25 723.664</b>	<b>5.451</b>	<b>0.743</b>

**Cuadro 3.12. Emisiones de GEI en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente por tipo de actividad**

Categorías de Fuente del Sector Energía	Emisión			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
Generación de electricidad	3 468.853	3.398	10.032	<b>3 482.283</b>
Industrias manufactureras	5 011.906	4.255	27.636	<b>5 043.797</b>
Transporte	12 711.003	98.891	189.713	<b>12 999.608</b>
Otras				
Comercial	864.166	1.494	0.508	<b>866.168</b>
Residencial	3 626.052	6.368	2.282	<b>3 634.702</b>
Agricultura	41.683	0.069	0.020	<b>41.773</b>
<b>Total en CO<sub>2</sub> equivalente</b>	<b>25 723.664</b>	<b>114.475</b>	<b>230.192</b>	<b>26 068.330</b>

**Gráfica 3.1. Emisión porcentual de GEI por tipo de actividad**

En el cuadro 3.13 se muestra la actividad y su emisión por tipo y consumo de combustible.

<b>Cuadro 3.13. Consumo y tipo de combustible, y emisiones de GEI</b>							
Categoría de fuente del sector energía	Tipo de combustible	Consumo (PJ)	Emisión (Gg/año)			Gg CO <sub>2</sub> eq	
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
Generación de electricidad	Gas natural	53.5	3 432.760	0.160	0.032	3 446.074	
	Combustóleo	0.5	36.093	0.001	0.000	36.210	
Industrias manufactureras	Gas LP	9.8	621.077	0.010	0.039	633.488	
	Gas natural	42.8	2 750.831	0.129	0.043	2 766.813	
	Diesel	4.4	327.568	0.013	0.002	328.395	
	Gasóleo	0.7	48.839	0.002	0.000	48.962	
	Combustóleo	16.3	1 263.592	0.049	0.005	1 266.139	
Transporte	Gasolina	120.8	8 373.873	3.988	0.387	8 577.480	
	Diesel	38.2	2 828.996	0.149	0.196	2 892.907	
	Gas LP	8.6	541.879	0.532	0.002	553.593	
	Gas natural	0.4	20.200	0.033	0.001	21.230	
	Turbosina	13.2	946.055	0.007	0.026	954.398	
Otras	Comercial	Gas LP	13.1	829.492	0.066	0.001	831.280
		Gas natural	0.5	34.674	0.005	0.000	34.888
	Residencial	Gas LP	54.2	3 418.006	0.271	0.005	3 425.373
		Gas natural	3.2	208.046	0.032	0.002	209.329
	Agricultura	Gas LP	0.7	41.683	0.003	0.000	41.773
<b>Total</b>		<b>381.0</b>	<b>25 723.664</b>	<b>5.451</b>	<b>0.743</b>	<b>-</b>	
<b>Total en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente</b>		<b>-</b>	<b>25 723.664</b>	<b>114.475</b>	<b>230.192</b>	<b>26 068.330</b>	

Además del bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), existen gases de efecto invernadero indirectos como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM). Estos se crean a partir de reacciones químicas con otras sustancias formando GEI, o bien, afectan la vida media de otros gases en la atmósfera, y no son menos importantes, ya que han sido tarjeta de políticas ambientales por su rol en la formación de ozono (O<sub>3</sub>); siendo las actividades de combustión las más importantes fuentes antropogénicas que las generan como en especial las fuentes móviles (vehículos automotores) que generan cerca de 50 % de las emisiones de este sector.

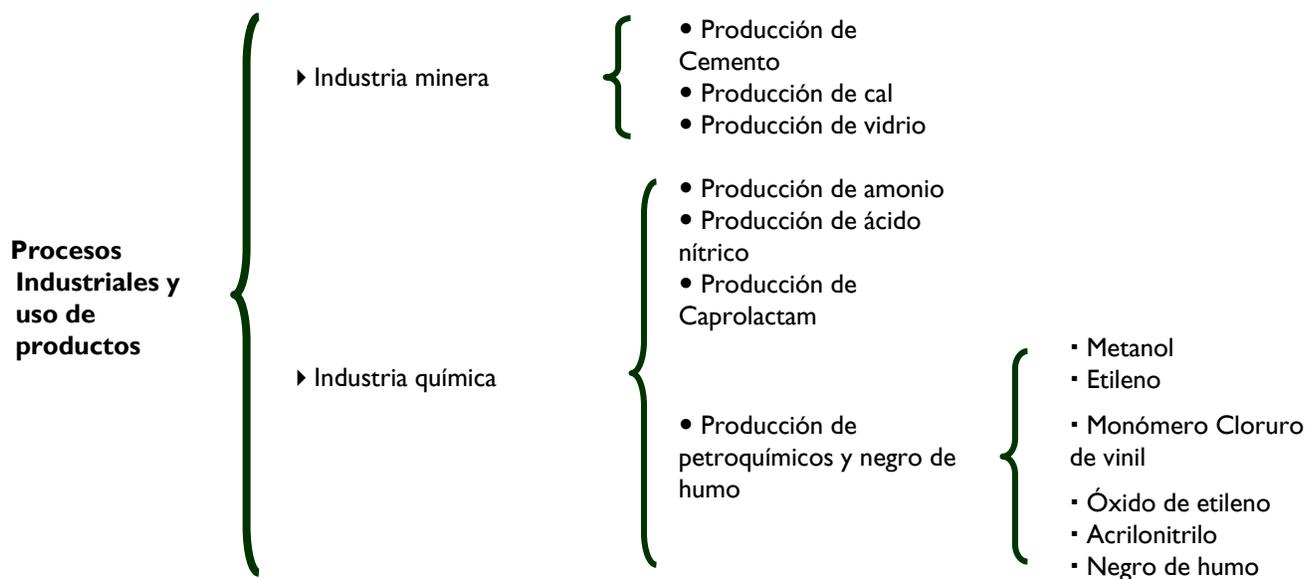
El bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) no es un gas efecto invernadero pero su presencia en la atmósfera puede reaccionar con una gran variedad de oxidantes fotoquímicamente producidos para formar aerosoles de sulfatos que intervienen en la formación de la lluvia ácida.

Las emisiones de estos gases indirectos son:

<b>Cuadro 3.14. Emisiones de GEI indirectos</b>				
<b>Categorías de Fuente del Sector Energía</b>	<b>Emisión (Gg/año)</b>			
	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>COVDM</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
Generación de electricidad	13.461	0.969	0.270	0.464
Industrias manufactureras	14.767	1.260	0.321	16.406
Transporte	111.170	1 019.079	194.490	2.475
Otras:				
- Residencial	0.951	0.134	0.003	0.082
- Comercial	2.685	0.600	0.016	0.339
- Agricultura	0.064	0.011	0.000	0.004
<b>Total</b>	<b>143.098</b>	<b>1 022.053</b>	<b>195.099</b>	<b>19.771</b>

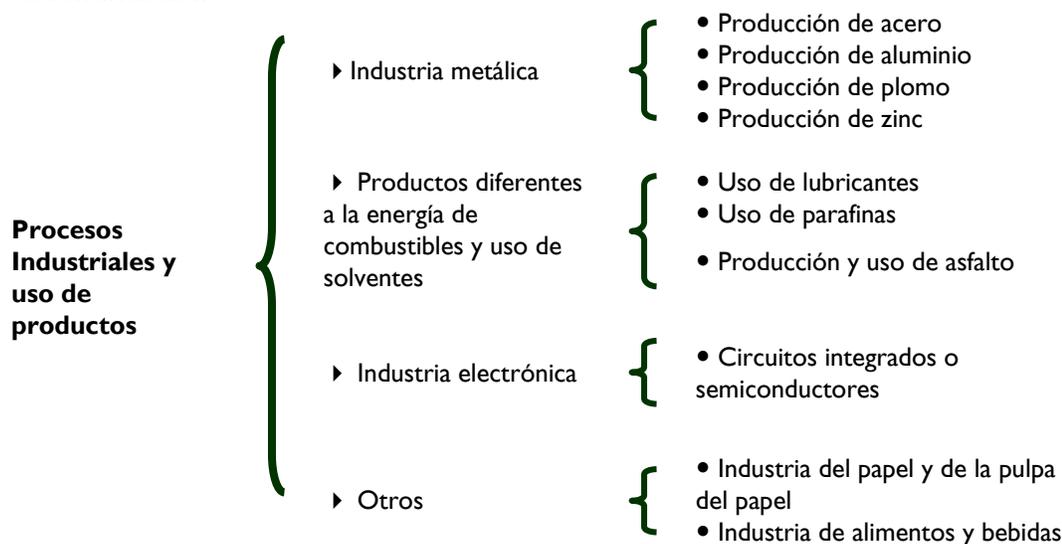
### 3.2.4. Procesos Industriales

Las emisiones de GEI son producidas por una gran variedad de actividades industriales. Las fuentes de emisión están directamente relacionadas con los procesos industriales que transforman los materiales utilizados para la manufactura de diversos productos física o químicamente. En la entidad se identificaron las principales actividades industriales y la información disponible para poder determinar su emisión y son las siguientes:



Continúa en la siguiente página...

...continuación



- *Datos de actividad*

Para la determinación de las emisiones de este sector, es necesario contar básicamente con información de la cantidad del material producido o consumido por las diferentes actividades productivas manejadas en la entidad; sin embargo y como se mencionó anteriormente, sólo se consideraron aquéllas que contaban con información estadística.

Para la estimación de los GEI originados por las actividades de este sector se consideró la cantidad total de materiales producidos o consumidos y para algunos casos el tipo de procesos a emplear.

Los datos de actividad fueron obtenidos de documentos editados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), SENER, anuarios estadísticos de petroquímicos editados por PEMEX, Cámara Nacional del Hierro y del Acero (CONACERO), Cámara Nacional del Cemento (CONACEM), Sistema Empresarial Mexicano (SIEM), entre otros.

**Cuadro 3.15. Cantidad de materiales producidos o consumidos en este sector**

Actividad	Material producido o consumido		Cantidad (toneladas)
▶ Industria minera	Producción de cemento	Cemento Pórtland gris	4 274 302
		Cemento Blanco	89 828
		Mortero	255 765
	Producción de cal	Cal viva	132 099
		Cal hidratada	351 898
		Dolomita calcinada	36 928
	Producción de vidrio	Vidrio liso	26 919
		Fibra de vidrio	15 647

Continúa en la siguiente página....

...continuación

▶ Industria química	Producción de amoníaco		106 610
	Producción de ácido nítrico		9 349
	Producción de caprolactam		12 330
	Producción de petroquímicos y negro de humo	Metanol	25 831
		Etileno	157 645
		Monómero de cloruro de vinil	9 863
		Óxido de etileno	46 808
Acrilonitrilo		11 272	
Negro de humo		106 958	
▶ Industria metálica	Producción de acero		482 976
	Producción de aluminio		8 963
	Producción de plomo		5 947
	Producción de zinc		25 947
▶ Productos diferentes a la energía de combustibles y uso de solventes	Uso de lubricantes (en TJ)		35.7
	Uso de parafinas (en TJ)		1 890
	Producción y uso de asfalto		381 475
▶ Industria electrónica	Circuito integrado o semiconductores (silicón procesado en Gm <sup>2</sup> )		0.0002
▶ Otros	Industria del papel y de la pulpa del papel	Celulosa de madera	107,028
		Celulosa al sulfito	7,225
	Industria de alimentos y bebidas	Vinos (en hl)	57 000
		Cerveza (en hl)	11 663 070
		Licores fuertes (tequilas, ron y licores) (en hl)	207 850
		Pan y pasteles	250 209
		Carnes	203 283
		Margarina	6 501
		Alimento para animales	1 227 057
		Café tostado	4 246

- *Metodología (procesos industriales)*

Como ya se mencionó con anterioridad la metodología a emplear es la aplicada por el IPCC, versión 2006 y se consideró básicamente el Nivel I (Tier I).

- *Industrias mineras*

Industria del cemento.

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se utilizó un factor de emisión en función de la producción anual de cemento. Cabe señalar que para este caso, no se contó con la producción de clinker, por lo que se consideró a todas las clases de cemento producidas, incluyendo el mortero.

El factor de emisión se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$FE_{\text{Cemento}} = 0.635 * [44.01/56.08] = 0.4985 \text{ ton CO}_2 / \text{ton Cemento producido}$$

### Industria de la cal.

Para la estimación de las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, se consideró la cantidad anual de cal producida en la entidad y se multiplicó por un factor de emisión determinado por el tipo de cal producida. En la entidad la cal producida es obtenida a partir del carbonato de calcio y no se cuentan con datos para determinar cuanta es producida a partir de dolomita o de mezcla carbonato de calcio/carbonato de magnesio.

**Cuadro 3.16. Factores de emisión por defecto para la producción de cal**

Tipo de cal	Factor de emisión por defecto (toneladas CO <sub>2</sub> / toneladas de cal)
Cal al alto calcio	0.75
Cal dolomítica	0.77
Cal hidráulica	0.59

Fuente: IPCC, (2006)

### Industria del vidrio.

En el cálculo de la emisión de CO<sub>2</sub> se consideró un factor de emisión por defecto de 0.2 toneladas de CO<sub>2</sub> por toneladas de vidrio producido y se multiplicó por la cantidad de vidrio producido en la entidad. La metodología del IPCC divide a esta actividad en cuatro categorías: contenedores, vidrio liso (para ventanas), fibra de vidrio y vidrio especial. Para el caso de este inventario sólo se utilizaron los datos de la cantidad de vidrio liso producido y la fibra de vidrio y no se incluyen las emisiones por producción de contenedores ya que la información obtenida se encuentra en miles de botellas y el factor que maneja el IPCC está basado en toneladas de producción.

- *Industria Química*

#### Amoniaco

La emisión de CO<sub>2</sub> se calculó partiendo de la producción de amoniaco y considerando que se produce a partir del gas natural, multiplicado por un factor de emisión de 1 694 kg de CO<sub>2</sub> por toneladas de amoniaco producido.

#### Ácido nítrico

Para esta subcategoría se determinó la cantidad de emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) emitido durante la producción de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) y se multiplicó por un factor de emisión por defecto de 2 kg de N<sub>2</sub>O por tonelada de ácido nítrico producido.

#### Caprolactam

Este compuesto químico de fórmula molecular C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NO es usado principalmente en la producción del polímero del nylon mediante el proceso de polimerización, su manufactura representa una fuente potencialmente generadora de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). El factor de emisión utilizado para este compuesto fue de 9.0 kg de N<sub>2</sub>O por tonelada de compuesto químico producido.

## Productos petroquímicos y Negro de Humo

En los procesos de producción de petroquímicos como el metanol, etileno, monómero de cloruro de vinil, óxido de etileno, acrilonitrilo y negro de humo se emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). Aunque en lo individual sus emisiones no son muy representativas, en conjunto se vuelven una fuente importante de emisión. Los factores utilizados fueron los siguientes:

**Cuadro 3.17. Factores de emisión para productos petroquímicos**

Compuesto químico	Factor de emisión (kg de CO <sub>2</sub> ó CH <sub>4</sub> /kg producción)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Metanol	0.600	2.300
Etileno	1.730	3.000
Monómero de cloruro de vinil	0.294	0.0226
Óxido de etileno	0.863	1.790
Acrilonitrilo	1.000	0.180
Negro de humo	2.620	0.060

Fuente: IPCC (2006)

- *Industria Metálica.*

Para la estimación de emisiones de dióxido de carbono de esta categoría se requiere contar con información de la producción de metales, que para este caso serán: hierro, aluminio, plomo y zinc, además de conocer el proceso empleado para su obtención ya que de ello depende el factor de emisión a emplear.

Para el caso de la producción de acero se consideraron dos factores de emisión, ya que se emplean diferentes métodos de obtención entre los que se pueden mencionar el proceso de reducción directa que se realiza en hornos de arco eléctrico y la otra en hornos de oxígeno básico.

Para la subcategoría de producción de aluminio en el proceso de fundición se emiten compuestos perfluorados como el CF<sub>4</sub> y el C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> que también se evaluaron.

Los factores de emisión utilizados fueron:

**Cuadro 3.18. Factores de emisión para la industria metálica**

Subcategorías de fuente	Factores de emisión por defecto (kg GEI / toneladas de metal producido)	
	CO <sub>2</sub>	Otro
Acero:		
- Hornos de oxígeno básico	1.46	-
- Hornos de arco eléctrico	0.08	
Aluminio / CF <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	1.60	0.40 / 0.04
Plomo	0.52	-
Zinc	1.72	-

Fuente: IPCC (2006)

- *Productos para Usos Diferentes a la Energía y Uso de Solventes.*

Para esta categoría de fuente se estimarán las emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de lubricantes y parafinas y para el caso de otras subcategorías como la fabricación y uso de asfalto para pavimentación de calles se determinarán los compuestos orgánicos diferentes al metano (COVDM) y el monóxido de carbono (CO).

Los factores de emisión empleados fueron:

**Cuadro 3.19. Factores de emisión para los productos diferentes a la energía y uso de solventes**

Subcategorías de fuente	Factores de emisión por defecto (kg GEI / toneladas de producto producido o usado)	
	C <sup>c/</sup>	Otro
Uso de lubricantes	21.1	-
Uso de parafinas	20.0	-
Asfalto para techado <sup>a/</sup> COVDM, CO	-	0.16 / 0.01
Asfalto para pavimentación de caminos <sup>b/</sup> COVDM	-	320.0

Nota: a/ No se consideró el proceso de saturación de techado de asfalto con y sin spray por no saber cual se usa en México, por lo que de acuerdo con la metodología del IPCC “se supone que todo el asfalto que no se usa para pavimentación se sopla” y que para este proceso no se cuenta con dispositivos de reducción de emisiones – INEGI, 2002.

b/ Se supone que el asfalto reportado por el INEGI como “asfaltos y concreto asfáltico”, se usa para pavimentación de caminos – INEGI, 2002.

c/ El carbono obtenido al aplicar este factor de emisión, se multiplica por un valor equivalente para reportarlo como emisiones de CO<sub>2</sub>.

- *Industria Electrónica.*

Para esta categoría sólo se estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de los circuitos integrados o semiconductores, para lo cual se requirió contar con la cantidad de silicón utilizado en el proceso de manufactura y multiplicarlo por un factor de emisión que está en función de las toneladas de perfluorocarbonos por metro cuadrado de silicón procesado y posteriormente se multiplica por un factor de conversión para obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Cuadro 3.20. Factores de emisión para la industria electrónica**

Contaminante	Factor de emisión (kg FC/m <sup>2</sup> de silicón procesado)	Factor de conversión de CO <sub>2</sub> equivalente (toneladas de CO <sub>2</sub> /toneladas de FC)
CF <sub>4</sub>	0.90	1.0
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	1.00	0.7
CHF <sub>3</sub>	0.04	1.3
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	0.05	0.5
NF <sub>3</sub>	0.04	1.3
SF <sub>6</sub>	0.20	0.6

Fuente: IPCC (2006)

- *Otros.*

### Industria del papel y de la pulpa del papel

Dentro de esta subcategoría, se estimaron las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos diferentes al metano (COVDM) y bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y para lo cual se determinó la cantidad de celulosa de madera utilizada en el proceso de *kraft* y la cantidad de celulosa al sulfito para después multiplicarlas por un factor de emisión que está en kilogramos de contaminante emitido por toneladas de pulpa de papel secada al aire (celulosa).

Factores de emisión utilizados para esta subcategoría:

<b>Cuadro 3.21. Factores de emisión para la industria del papel y de la pulpa del papel</b>	
<b>Contaminante</b>	<b>Factor de emisión (kg de contaminante/tonelada de pulpa de papel secada al aire)</b>
CO	2.6
NO <sub>x</sub>	1.5
COVDM	3.7
SO <sub>2</sub>	30.0

Fuente: IPCC (2006)

### Industria de alimentos y bebidas.

Las emisiones de COVDM calculadas para los productos alimenticios y bebidas se realizaron utilizando la cantidad de producto o bebidas producidas anualmente.

Para el caso de los alimentos se determinaron las cantidades de producción anual de carnes frías, azúcar, margarina, pasteles, pan, alimentos para animales y café tostado; y para las bebidas se determinó la producción de vino blanco y tinto, cerveza y licores fuertes (incluye tequilas, rones y licores) y posteriormente este valor se multiplicó por un factor de emisión dado en kilogramos de COVDM por toneladas de alimento producido para el caso de los alimentos y para las bebidas está en kilogramos de COVDM por hectolitros de bebida alcohólica producida.

Los factores de emisión son los siguientes:

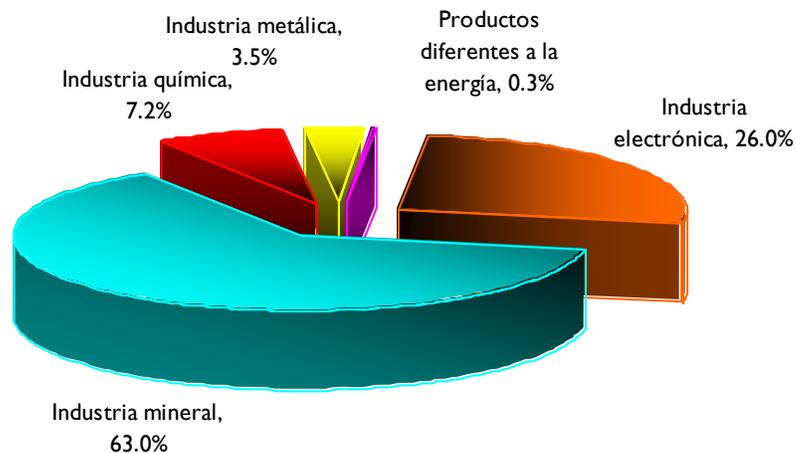
Cuadro 3.22. Factores de emisión para la industria de alimentos y bebidas			
Alimentos	Factor de emisión (kg de COVDM/toneladas de alimento producido)	Bebidas	Factor de emisión (kg COVDM/hl de bebida alcohólica producida)
Carnes frías	0.3	Vino	0.08
Azúcar	10.0	Vino tinto	0.08
Margarina	10.0	Vino blanco	0.035
Pasteles	1.0	Cerveza	0.035
Pan	8.0	Licores fuertes (tequilas, ronés y licores)	15.0
Alimento para animales	1.0	-	-
Café	0.55	-	-

Fuente: IPCC (2006)

- Emisiones de GEI por tipo de actividad en los procesos industriales

Las emisiones reportadas para los procesos industriales, están dadas en Gg de contaminante y en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente. Como se puede apreciar en la gráfica 3.2, la industria minera es la que tiene el mayor aporte de emisiones con 63 %, seguido de la industria electrónica con 26 %, la industria química con 7.2 % y finalmente la industria metálica y los procesos diferentes a la energía con 3.5 % y 0.3 % respectivamente.

**Gráfica 3.2. Porcentajes de emisión de GEI por actividad con respecto a los Gg de CO<sub>2</sub> equivalente**



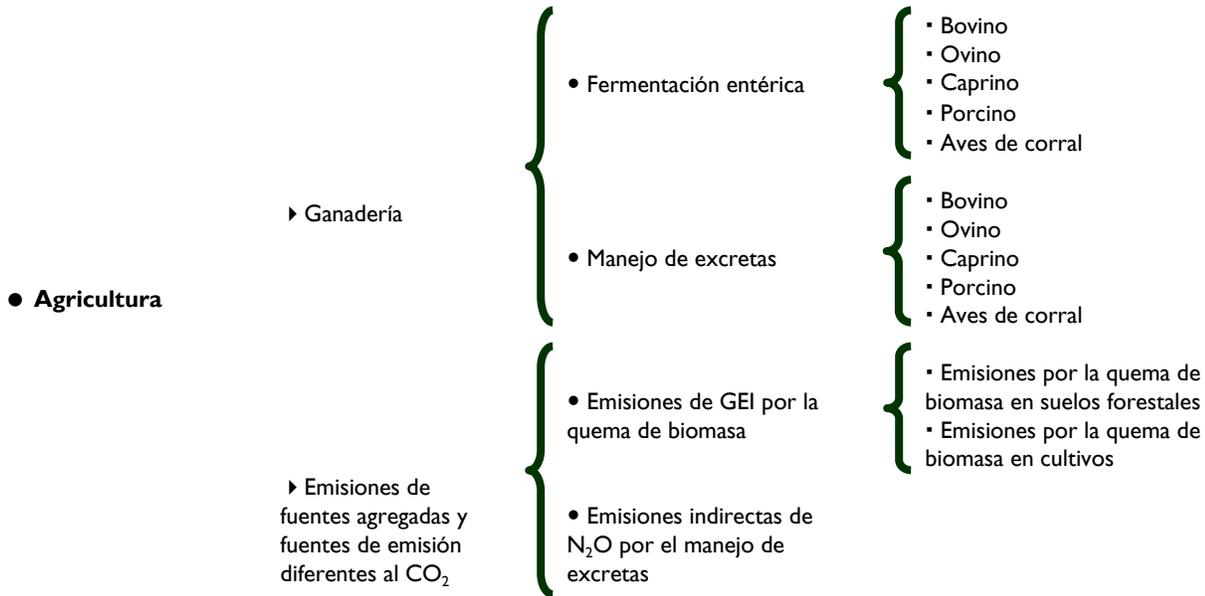
<b>Cuadro 3.23. Emisiones de GEI en Gg para los procesos industriales</b>										
<b>Procesos Industriales</b>			<b>Emisión (Gg)</b>							
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub> DM	SO <sub>2</sub>	CFC
<b>Industria minera</b>	Producción de cemento		2,303.017	-	-	-	-	-	1.386	-
	Producción de cal		3,384.537	-	-	-	-	-	-	-
	Producción de vidrio		8.513	-	-	-	-	-	-	-
<b>Industria química</b>	Producción de amoníaco		180.597	-	-	-	0.842	0.501	0.003	-
	Producción de ácido nítrico		-	-	0.019	-	-	-	-	-
	Producción de caprolactam		-	-	0.111	-	-	-	-	-
	Petroquímicos	Metanol	17.307	0.059	-	-	-	-	-	-
		Etileno	299.999	0.473	-	-	-	-	-	-
		Monómero de cloruro de vinil	2.900	0.000	-	-	-	-	-	-
		Oxido de etileno	40.395	0.084	-	-	-	-	-	-
Acrilonitrilo		11.272	0.002	-	-	-	-	-	-	
Negro de humo		40.824	0.006	-	-	-	-	-	-	
<b>Industria metálica</b>	Producción de acero		228.278	-	-	-	-	-	-	-
	Producción de aluminio		14.341	-	-	-	-	-	-	0.004
	Producción de plomo		3.092	-	-	-	-	-	-	-
	Producción de zinc		44.629	-	-	-	-	-	-	-
<b>Productos para usos diferentes a la energía</b>	Usos de lubricantes		0.580	-	-	-	-	-	-	-
	Uso de parafinas		27.720	-	-	-	-	-	-	-
	Uso de solventes	Asfalto para techos	-	-	-	-	0.003	0.054	-	-
Asfalto para pavimentación		-	-	-	-	-	14.561	0.001	-	
<b>Industria electrónica</b>	Circuitos integrados o semiconductores		-	-	-	-	-	-	-	0.274
<b>Otros</b>	Industria del papel y de la pulpa del papel		-	-	-	0.161	0.278	0.396	3.428	-
	Industria de los alimentos		-	-	-	-	-	13.779	-	-
	Industria de las bebidas		-	-	-	-	-	3.530	-	-
<b>Total</b>			<b>6,608.000</b>	<b>0.625</b>	<b>0.130</b>	<b>0.161</b>	<b>1.124</b>	<b>32.821</b>	<b>4.818</b>	<b>0.278</b>

<b>Cuadro 3.24. Emisiones de GEI en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente</b>										
<b>Proceso</b>	<b>Emisiones en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente</b>									
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CHF <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	NF <sub>3</sub>	SF <sub>6</sub>	Total
Industria minera	5 696.067	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>5 696.067</b>
Industria química	593.293	13.121	40.197	-	-	-	-	-	-	<b>646.611</b>
Industria metálica	290.340	-	-	23.304	3.298	-	-	-	-	<b>316.942</b>
Productos para usos diferentes a la energía	28.300	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>28.300</b>
Industria electrónica	-	-	-	900.278	900.978	88.969	33.036	0.000	441.367	<b>2 364.628</b>
Otras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>6 608.000</b>	<b>13.121</b>	<b>40.197</b>	<b>923.582</b>	<b>904.276</b>	<b>88.969</b>	<b>33.036</b>	<b>0.000</b>	<b>441.367</b>	<b>9 052.548</b>

### 3.2.5. Agricultura

En este apartado empleando las metodologías propuestas por el IPCC, se estimaron las emisiones de GEI provenientes de las actividades primarias tales como la agricultura y ganadería, así como el cambio de uso de suelo forestal mediante incendios a otros usos como la expansión y preparación de terrenos para la agricultura tradicional, o fenómenos tales como la explosión demográfica, además de las técnicas de cultivo que para su aplicación requieren procesos como “rosa tumba y quema” a fin de preparar el suelo para el próximo ciclo.

Las fuentes evaluadas para esta sección fueron:



Para la parte correspondiente a áreas agrícolas, se consideraron las siguientes fuentes para el cálculo de los GEI:

- La fermentación entérica en ganado doméstico
- El manejo de excretas en ganado doméstico
- Quema en campo de desechos o residuos agrícolas
- Quema de áreas forestales (incendios)
- Emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O por el manejo de excretas

Para la subcategoría de fermentación entérica y manejo de excretas de las especies ganaderas, las emisiones que se calcularon fueron las de metano (CH<sub>4</sub>), además de las de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) para la segunda.

El CH<sub>4</sub> que procede de la fermentación entérica se genera durante la digestión, por los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentando el alimento consumido por el animal y éste puede ser exhalado o eructado por éste. En cuanto al CH<sub>4</sub> procedente del manejo de excretas, obedece a su descomposición en condiciones anaeróbicas, esas condiciones se presentan por lo general cuando se crían grandes cantidades de animales en un área confinada como por ejemplo los corrales de engorda y fábricas de carne (rastros).

En cuanto a la parte agrícola, las emisiones calculadas corresponden a metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), procedentes de los sistemas de cultivo que generan una gran cantidad de desechos o residuos, la quema de éstos en campo es una práctica común; y en cuanto a la quema de áreas forestales éstas son derivadas de los incendios ocurridos en la época seca.

- *Datos de actividad*

### Ganadería

Para el cálculo de las emisiones de fermentación entérica y manejo de excretas de la sección de ganadería se requiere contar con datos de todas las especies y categorías de la población ganadera de la entidad; además esta información también se utiliza para calcular las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por el manejo de excretas. Las fuentes a considerar para el presente inventario son:

**Cuadro 3.25. Número de cabezas-año por especie ganadera en la entidad**

<b>Especie ganadera</b>	<b>No. de cabezas-año</b>
Bovino	633 150
Ovino	844 267
Caprino	243 805
Porcino	580 184
Aves de corral	708 053

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico de México (2004, 2005)  
SAGARPA (2004, 2005)

### Quema de Biomasa

Para el cálculo de las emisiones por la quema de biomasa en suelos de cultivo y forestales se cuentan con los siguientes datos: la cantidad de desechos o residuos agrícolas quemados en el año de inventario para el Estado de México fue de 1 375.5 ha y para el caso de suelos forestales siniestrados (áreas incendiadas) fue de 2 373.7 ha, esta información fue proporcionada por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) para el 2004.

- *Metodología (Sector Agrícola)*

Para estimar las emisiones de GEI, se utilizó el software del IPCC, el cual, consiste en una serie de hojas de cálculo especiales para cada categoría a evaluar. Así mismo, es importante considerar, que sólo se calcularon para aquellas categorías con las cuales se contaba con información confiable y se desecharon las que no se tenían datos concretos o fidedignos para su evaluación.

### Ganadería

Para el cálculo de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) por la fermentación entérica y el manejo de excretas, se requiere contar con la cantidad anual de cabezas por especie ganadera y categoría, y posteriormente multiplicarla por un factor de emisión estimado en términos de kilogramos de metano (CH<sub>4</sub>) por animal por año.

Los factores de emisión considerados son los siguientes:

<b>Cuadro 3.26. Factores de emisión de CH<sub>4</sub> por la fermentación entérica y el manejo de excretas por especie ganadera</b>		
<b>Especie/tipo de ganado</b>	<b>Factores de emisión para la fermentación entérica (kg CH<sub>4</sub>/cabeza-año)</b>	<b>Factores de emisión por el manejo de excretas (kg CH<sub>4</sub>/cabeza-año)</b>
Bovino	121.00	78.00
Ovino	5.00	0.15
Caprino	5.00	0.20
Porcino	1.00	31.00
Aves de corral	FEND <sup>a/</sup>	0.02

Nota: a/ FEND Factor de emisión no determinado

Fuente: IPCC (2006)

A continuación se desglosa la ecuación utilizada para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la fermentación entérica:

$$Emisiones_{\text{metano}} = \sum_T [FE_T * (N_T / 10^6)]$$

Donde :

Emisiones<sub>metano</sub> = Emisiones de CH<sub>4</sub>, por fermentación entérica, en Gg de CH<sub>4</sub> al año

FE<sub>T</sub> = Factor de emisión, definido por la población ganadera T, en kg CH<sub>4</sub>/cabeza-año

N<sub>T</sub> = No. de cabezas de la especie/tipo de ganado T, en el Estado

T = Especie/tipo de ganado

La ecuación para determinar metano por el manejo de excretas es:

$$Emisiones_{\text{metano}} = \sum T (FE_T * N_T) / 10^6$$

Donde :

Emisiones<sub>metano</sub> = Emisiones de CH<sub>4</sub>, por el manejo de excretas, en Gg de CH<sub>4</sub> al año

FE<sub>T</sub> = Factor de emisión, definido por la población ganadera T, en kg CH<sub>4</sub>/cabeza-año

N<sub>T</sub> = No. de cabezas de la especie/tipo de ganado T, en el Estado

T = Especie/tipo de ganado

Para el cálculo de las emisiones directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), se consideró un factor de emisión de 0.005 kg de N<sub>2</sub>O-N por kilogramo de N (nitrógeno) excretado para todas las especies y para las emisiones indirectas el factor de emisión a considerar fue de 0.01 kg N<sub>2</sub>O-N por los kilogramos de NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado para todas las especies. Además se debe determinar primeramente para cada uno la cantidad de Nitrógeno contenido en las excretas en función del peso de la especie ganadera.

Ecuación para determinar las emisiones directas de óxido nitroso N<sub>2</sub>O.

$$N_2O_D = [\sum_S [\sum_T (N_T * Nex_T * MS_{T,S})] * FE_S] * 44/28$$

Donde:

- $N_2O_D$  = Emisiones directas de  $N_2O$  por el manejo de excretas en el Estado, en kg  $N_2O$  al año
- $N_T$  = Número de cabezas de especie ganadera/categoría T en el Estado
- $Nex_T$  = Promedio anual de N de excreta por cabeza T en el Estado, en kg  $N_{aminal}$  al año
- $MS_{T,S}$  = Fracción del nitrógeno total anual de la excreta por cada especie ganadera/categoría T, manejado en el sistema S en el Estado, adimensionales
- $FE_S$  = Factor de emisión de las emisiones de  $N_2O$  directas
- S = Sistema de manejo de excretas
- T = Especie ganadera/categoría
- 44/28 = Conversión de emisiones de  $N_2O-N$  a emisiones de  $N_2O$

Y para las emisiones indirectas de  $N_2O$  se tiene:

$$N_2O_i = [\sum_S [\sum_T (N_T * Nex_T * MS_{T,S}) * (Fracc_{Gas MS} / 100)_{T,S}]] * FE * 44/28$$

Donde:

- $N_2O_i$  = Emisiones indirectas de  $N_2O$  perdidas por la volatilización del nitrógeno por el manejo de excretas en el Estado, en kg  $N_2O$  al año
- $N_T$  = Número de cabezas de especie ganadera/categoría T en el Estado
- $Nex_T$  = Promedio anual de N de excreta por cabeza T en el Estado, en kg  $N_{aminal}$  al año
- $MS_{T,S}$  = Fracción del nitrógeno total anual de la excreta por cada especie ganadera/categoría T, manejado en el sistema S en el Estado, adimensionales
- FE = Factor de emisión para las emisiones de  $N_2O$  por el depósito atmosférico de nitrógeno sobre sólidos y superficies de agua, en kg  $N_2O-N$  por los kg de  $NH_3-N + NOx-N$  volatilizado, los valores por defecto son 0.01 kg  $N_2O-N$  por los kg de  $NH_3-N + NOx-N$  volatilizado
- $Fracc_{Gas MS}$  = Porcentaje de nitrógeno por el manejo de excretas por categoría de ganado T que volatiliza como  $NH_3$  y  $NO_x$  en el sistema de manejo S, en %
- S = Sistema de manejo de excretas
- T = Especie ganadera/categoría
- 44/28 = Conversión de emisiones de  $N_2O-N$  a emisiones de  $N_2O$

Quema de Biomasa.

Para el cálculo de las emisiones por la quema de biomasa por los residuos o desechos de cultivos quemados y para quema de áreas forestales (incendios) se consideraron los siguientes factores de emisión:

Cuadro 3.27. Factores de emisión por la quema de biomasa		
Contaminante (GEI)	Quema de residuos o desechos de cultivo	Quema de suelos forestales (incendios)
	g GEI/kg de materia seca quemada	
CH <sub>4</sub>	2.70	6.10
N <sub>2</sub> O	0.06	0.60
CO	92.00	78.00
NO <sub>x</sub>	2.50	1.10

Fuente: IPCC (2006)

La ecuación utilizada para esta categoría fue:

$$Emisiones_Q = (A * M * C * FE) / 1000$$

Donde:

- Emisiones<sub>Q</sub> = Cantidad de emisión de GEI por la quema, en toneladas de GEI  
 A = Área quemada, en ha  
 M = Masa de combustible disponible para combustión, en ton/ha. Cuando se utiliza Tier I este valor se asume como 0  
 C = Factor de combustión, adimensional. Valores por defecto  
 FE = Factor de emisión, g/kg de materia seca quemada (valores por defecto)

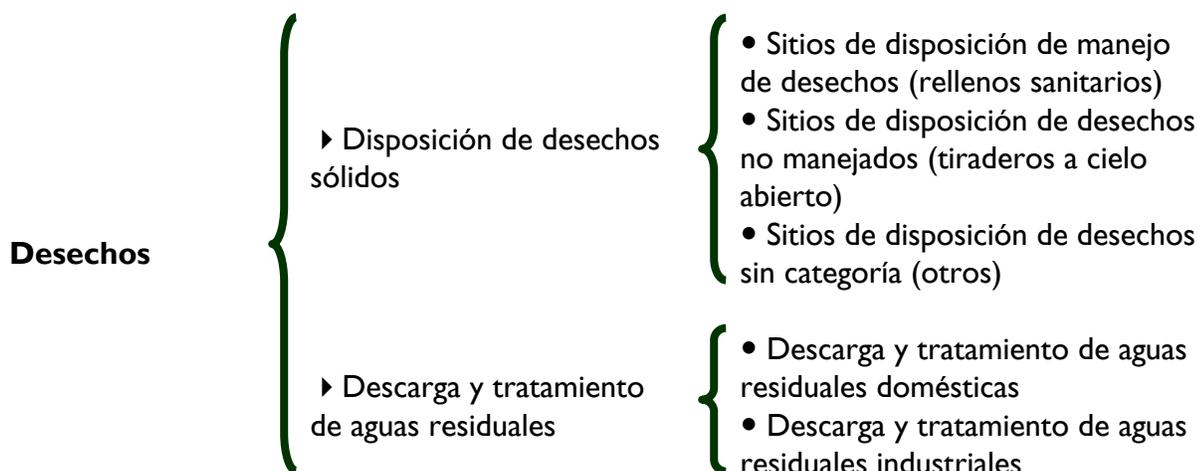
- Emisiones de GEI por tipo de actividad en la agricultura

Las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades ganaderas y la quema de biomasa forestal y agrícola fueron:

Cuadro 3.28. Emisiones de GEI en Gg y Gg de CO <sub>2</sub> equivalente					
Actividad	Emisiones (Gg)				
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	N
Fermentación entérica	82.632	-	-	-	-
Manejo de excretas	67.554	-	-	-	-
Emisiones directas de N <sub>2</sub> O	-	0.009	-	-	1.114
Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	-	0.001	-	-	1.546
Quemado de biomasa de residuos o desechos de cultivo	0.030	0.001	1.012	0.028	-
Quemado de biomasa de suelos forestales (incendios)	0.328	0.003	4.199	0.159	-
<b>Total</b>	<b>150.543</b>	<b>0.014</b>	<b>5.211</b>	<b>0.187</b>	<b>2.660</b>
<b>Total en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente</b>	<b>3 161.413</b>	<b>4.300</b>	-	-	-

### 3.2.6. Desechos

En este apartado se evaluaron las emisiones que generan los residuos sólidos urbanos que son depositados en rellenos sanitarios y en sitios o tiraderos a cielo abierto, así como los sitios no controlados; en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Para lo cuál se retomarán las metodologías propuestas por el IPCC, 2006 y la Orientación de de las Buenas Prácticas. Las categorías son:



La información de la generación de emisiones de los residuos sólidos municipales, y las descargas de aguas residuales domésticas e industriales son de metano (CH<sub>4</sub>) y de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) para las dos últimas.

- *Datos de actividad*

Residuos sólidos.

En el Estado de México existe la problemática del sistema de recolección de los residuos sólidos municipales (RSM), ya que, además del sistema de recolección formal (como los camiones de recolección de basura que maneja el municipio y algunos sectores privados), existe la recolección informal realizada por pre-pepenadores, pepenadores, barrenderos, burreros, carretoneros y tamberos quienes también se encargan de buscar productos de reciclaje, para su venta posterior. Por tal motivo es difícil estimar una cantidad específica de residuos que van a parar a los sitios de disposición final.

Para la determinación de las emisiones generadas por esta categoría es necesario conocer la cantidad de residuos sólidos generados en la entidad, la composición y la cantidad dispuesta en éstos. Además de considerar la cantidad de sitios de disposición que hay, se debe considerar el tipo de sitio que se trate como, relleno sanitario, tiradero a cielo abierto, sitio controlado, o sitio no controlado, así como sus características de funcionamiento, tamaño, año de apertura, profundidad, entre otros.

De acuerdo con el INEGI en el 2000 en la Región Centro del país, la generación *per cápita* de residuos sólidos era de 0.7 kg/habitante-día y en la actualidad este valor se ha incrementado a 1.0 kg/habitante-

día. En el cuadro 3.29 se muestran los indicadores de desempeño del servicio de limpia que existía en la entidad en el 2000, de acuerdo con los datos reportados por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

**Cuadro 3.29. Indicadores de desempeño del servicio de limpia en la entidad**

Indicador	Unidad	Valor
Generación <i>per cápita</i> de Residuos Sólidos Municipales (RSM)	kg/habitante-día	0.828
Rendimiento de barrido manual	km de calle/turno	0.6 – 2.0
Cobertura de recolección respecto a la población	%	78
Rendimiento empleado de recolección	ton/turno	2 a 4
Cobertura de disposición final adecuado respecto a los RSM recolectados	%	18

Fuente: SEDESOL (2000). Consultado en Internet.

La cantidad de residuos sólidos generados en la entidad en el 2004 fue de 5.71 millones de toneladas anuales, con una generación diaria *per cápita* de 1.083 kg/habitante-día.

Recopilando información con la Dirección de Gestión de Prevención y Calidad de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos, de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, INEGI y SEDESOL, se tiene que el Estado de México se cuenta con 16 rellenos sanitarios, 49 sitios de disposición controlados y 37 tiraderos a cielo abierto.

De las 5.71 millones de toneladas generadas anualmente 68.1 % (3.89 millones de toneladas) de los residuos recolectados van a parar a estos centros de disposición final y de éstas 22.47 % (0.87 millones de toneladas) son depositados en rellenos sanitarios, 28.0 % (1.09 millones de toneladas) a sitios de disposición controlados y 49.53 % (1,926.4 toneladas) a los tiraderos a cielo abierto. A continuación se presenta la composición de los residuos sólidos municipales determinados con base en datos estadísticos del INEGI:

**Cuadro 3.30. Composición porcentual de los residuos sólidos municipales (RSM)**

Tipo de residuo sólido municipal	Porcentaje de composición (%)
Desechos de comida	39.14
Desechos de jardín	6.95
Papel y cartón	12.96
Textiles	2.00
Hule	0.90
Plástico	5.28
Metal (material ferroso y no ferroso)	3.41
Vidrio	7.01
Otros (cenizas, suciedad, polvos, sólidos, desechos electrónicos, etc. Incluye madera y pañales desechables)	22.35

Fuente: INEGI (2004) Consulta vía Internet, [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

## Aguas Residuales

Del total de las viviendas habitadas, 90 % dispone de agua entubada; 86.3 %, de drenaje; y 84.4 %, de servicio sanitario. La entidad cuenta con 197 fuentes de abastecimiento de agua potable de las cuales 62 son de pozo profundo, 2 son de manantiales y 133 de derivación y el volumen promedio diario de extracción es de 1.22 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>).

Se cuenta con 296 plantas de tratamiento de aguas residuales de las cuales 214 son de tipo industrial y 82 son de tipo municipal. La cantidad de agua residual generada es de 1.28 Mm<sup>3</sup> anuales que son descargadas a arroyos, barrancas, presas, lagunas, canales y ríos; así como a la red de alcantarillado municipal. De esa cantidad, 15.3 % correspondientes a 195.49 Mm<sup>3</sup> son tratados en los diferentes tipos de plantas como de lodos activados, tratamiento fisicoquímico, fosa séptica, lagunas de estabilización, fisicoquímico biológico y otros.

- *Metodología (sector desechos)*

La metodología empleada para esta categoría y sus subcategorías es la propuesta en el Volumen 5 del IPCC (2006), y para algunos casos las del IPCC (1996) por no contar con datos suficientes que son necesarios incluir en el software establecido para las diferentes categorías de residuos sólidos y de las aguas residuales generadas en la entidad. Así mismo se utilizarán los factores de emisión establecidos por defecto, ya que de igual manera no se cuentan con datos para su creación, además de los factores de emisión se requiere estimar otros parámetros que son indispensables para el cálculo de las emisiones, como el factor de corrección del metano y el contenido de carbono en los desechos.

### Residuos Sólidos.

Las fuentes de emisión de metano (CH<sub>4</sub>) provenientes de los residuos sólidos se debe principalmente a la descomposición anaeróbica de la materia, para su estimación se requiere contar con un factor de corrección de metano y determinar el tipo de disposición al cual va a parar el desecho, clasificándose este tipo de sitios como controlados y no controlados para efecto de inventario.

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> es:

$$Emisiones_{metano} = [\sum_x CH_4 \text{ generado}_{x,T} - R_T] * (1 - OX_T)$$

Donde:

Emisiones <sub>metano</sub>	=	Emisiones de metano, en Gg al año
T	=	Año de inventario
x	=	Categoría del desecho o tipo de material
R	=	Metano recuperado, en Gg al año (igual a 0, ya que en el Estado de México no se recupera el metano)
OX	=	Factor de oxidación (en fracción – el valor por defecto es cero)

La siguiente ecuación se utiliza para calcular la cantidad de carbono oxidado degradable (COD) que está basado en la composición del desecho y puede ser calculado para los diferentes componentes del mismo::

$$C\text{ODD}_m = W * \text{COD} * \text{COD}_f * \text{FCM}$$

Donde:

- $C\text{ODD}_m$  = Masa de carbono orgánico degradable de descomposición del desecho, en Gg  
 $W$  = Masa del desecho depositado, en Gg  
 $\text{COD}$  = Carbón orgánico degradable en el año de disposición, en fracción, Gg C/ Gg de desecho  
 $\text{COD}_f$  = Fracción de COD que puede descomponerse, en fracción  
 $\text{FCM}$  = Factor de corrección de metano por la descomposición aeróbica en el año de disposición, en fracción

Ecuación para calcular la generación de metano en el año de inventario:

$$\text{CH}_4 \text{ generado} = C\text{ODD}_m * F * 16/12$$

Donde:

- $\text{CH}_4$  generado = Cantidad de metano generado por el material de descomposición, en Gg  
 $C\text{ODD}_m$  = Masa de descomposición de carbono orgánico (COD) dispuesto en el año T, en Gg  
 $F$  = Fracción de metano en el gas del sitio de disposición (el valor por defecto es de 0.5)  
 $16/12$  = Relación de peso molecular  $\text{CH}_4/\text{C}$ , (relación)

El cuadro 3.31 muestra los valores obtenidos y calculados para determinar las emisiones de metano de esta subcategoría.

<b>Cuadro 3. 31. Factores y parámetros determinados para calcular las emisiones de metano (<math>\text{CH}_4</math>) en los sitios de disposición de residuos sólidos municipales (RSM)</b>			
<b>Tipo de sitio de disposición de desechos</b>	<b>Factor de corrección del metano (FCM) <sup>b/</sup></b>	<b>Fracción del carbono orgánico degradable (COD) en los RSM <sup>c/</sup></b>	<b>Fracción del COD que realmente se degrada <sup>d/</sup></b>
Relleno Sanitario (controlado)	0.178	0.132	0.77
Sitios controlados (no se especifica)	0.221		
Tiraderos a cielo abierto <sup>a/</sup>	0.235		

Nota: <sup>a/</sup> Los tiraderos a cielo abierto se consideraron sin categoría, ya que se cuenta con la cantidad de sitios existentes en la entidad, pero se desconoce cual es la profundidad de cada uno de ellos

<sup>b/</sup> el factor de corrección fue calculado basándose en la cantidad de desechos que son depositados en cada sitio de disposición de desechos

<sup>c/</sup> La cantidad de carbono orgánico degradable (DOC) fue calculado basándose en la composición porcentual de los desechos que son depositados y que están en función de la cantidad de DOC que contienen, ver cuadro 3.32.

<sup>d/</sup> Fuente: IPCC (1996)

En el cuadro 3.32 se muestran los valores de carbono orgánico degradable (COD) utilizados para cada componente orgánico que se encuentra contenido en el desecho depositado.

<b>Cuadro 3.32. Valores por defecto del COD para los desechos</b>	
<b>Desecho</b>	<b>COD (en porciento de peso)</b>
Papel y textiles	40
Desechos de parques y jardines	17
Desechos de comida	15
Madera y paja	30

Fuente: IPCC (1996)

### Aguas Residuales.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones, locales comerciales e industriales; y éstas son tratadas con el objetivo de producir agua limpia o reutilizable en el ambiente. Los tratamientos involucran procesos físicos, químicos y biológicos que tratan y remueven los contaminantes que contiene. Estos tipos de tratamiento generan emisiones de metano, siendo el principal factor la cantidad de material orgánico degradable como son la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La siguiente ecuación permite calcular el metano generado en el agua residual doméstica:

$$Emisiones_{metano} = [\sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * FE)] (TOW - S) - R$$

Donde:

- Emisiones<sub>metano</sub> = Emisiones de metano en el año de inventario en kg CH<sub>4</sub>/año
- U = Fracción de población en el grupo de ingresos i en el año de inventario
- T = Grado de utilización del tratamiento / descarga a cuerpo receptor o sistema j para cada fracción del grupo de ingresos i en el año de inventario
- FE = Factor de emisión, en kg CH<sub>4</sub>/kg DBO
- TOW = Orgánicos totales en la descarga en el año de inventario en kg DBO/año
- S = Componente orgánico removido como lodos en al año, en kg DBO/año
- R = Cantidad de metano recuperado en el año de inventario kg CH<sub>4</sub>/año
- i = Grupo de ingresos: rural, urbano (alto), urbano (bajo)
- j = Tipo de tratamiento / descarga a cuerpo receptor o sistema

Ecuación para el cálculo de la descarga de agua residual municipal total:

$$TOW = P * DBO * 0.001 * I * 365$$

- TOW = Orgánicos totales en la descarga de agua residual municipal, en kg DBO/año
- P = Población total en el año de inventario

- DBO = DBO *per cápita* específica para la entidad en el año de inventario g/persona-día (85 g/persona-día)
- 0.001 = Conversión de gramos de DBO a kg de DBO
- I = Factor de corrección por la descarga adicional de DBO (valores por defecto con control 1.25, sin control 1)

Ecuación para el cálculo del factor de emisión:

$$FE = B_0 * MCF$$

- FE = Factor de emisión, en kg CH<sub>4</sub>/kg DBO
- B<sub>0</sub> = Capacidad máxima de producción de metano, en kg CH<sub>4</sub>/kg DBO
- MCF = Factor de corrección de metano (fracción)

Los parámetros y los factores de emisión utilizados para el tratamiento y descarga de las aguas residuales municipales e industriales:

**Cuadro 3.33. Factores y parámetros determinados para el cálculo de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) en el tratamiento y descargas de las aguas residuales domésticas e industriales**

Parámetros	Domésticas	Industriales
Factor de corrección en metano (FCM)	0.30	0.22
Componente orgánico degradable (DBO ó DQO) [kg COD/1000 personas-año]	31 025.00	*
Capacidad máxima de producción de metano (B <sub>0</sub> ) [kg CH <sub>4</sub> /kg DBO ó DQO]	0.60	0.25
Factor de emisión (FE) [kg CH <sub>4</sub> /kg DBO ó DQO]	0.18	0.06

Fuente: IPCC (1996)

- Emisiones de GEI generadas por los Desechos

En los cuadros 3.34 y 3.35 se presentan las emisiones de GEI generadas por los residuos sólidos municipales, el tratamiento y las descargas de las aguas residuales domésticas e industriales.

**Cuadro 3.34. Emisiones de metano generadas por los residuos sólidos urbanos en Gg y Gg de CO<sub>2</sub> equivalente**

Actividad	Emisiones de CH <sub>4</sub> (Gg de contaminante)	Emisiones en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente
Rellenos sanitarios	47.0	987.0
Sitios controlados	58.6	1 229.7
Tiraderos a cielo abierto	62.1	1 304.9
<b>Total</b>	<b>167.7</b>	<b>3 521.5</b>

**Cuadro 3.35. Emisiones de metano generadas por las descargas de aguas residuales en Gg y Gg de CO<sub>2</sub> equivalente**

Actividad	Emisiones de CH <sub>4</sub>	Emisiones de N <sub>2</sub> O	Emisiones en CO <sub>2</sub> equivalente
	(Gg de contaminante)		
Municipales	66.6	-	1 398.7
Industriales	52.5	0.9	1 102.6
<b>Total</b>	<b>119.1</b>	<b>0.9</b>	<b>2 501.3</b>

### 3.2.7. Resumen de Resultados de las Emisiones de GEI por sector

Los cálculos de las emisiones del presente inventario se realizaron para las cuatro categorías planteadas en el IPCC (2006). En el cuadro 3.36 se presentan las emisiones de GEI de las actividades de los cuatro sectores considerados.

**Cuadro 3.36. Emisiones de GEI de los sectores en gigagramos (Gg)**

Sector	Emisiones (Gg)			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC
Energía	25 723.664	5.451	0.743	-
Procesos industriales	6 608.000	0.625	0.130	0.278
Agricultura	-	150.543	0.014	-
Desechos	-	286.760	0.908	-
<b>Total</b>	<b>32 331.664</b>	<b>443.380</b>	<b>1.794</b>	<b>0.278</b>

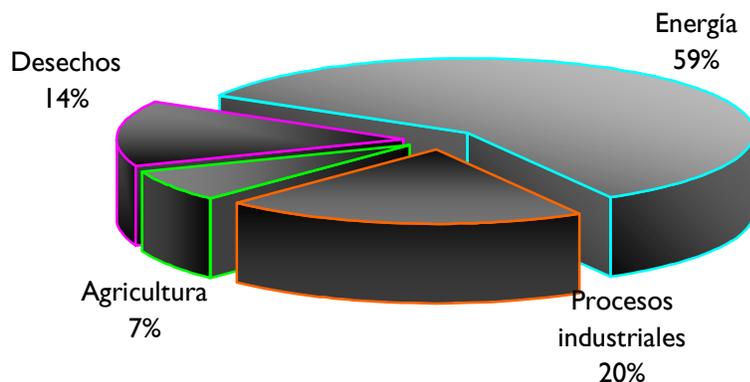
En el cuadro 3.37 se muestran las emisiones de los contaminantes CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC y PFC, los cuales consisten en 44 590.1 gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Cuadro 3.37. Emisiones de GEI de los sectores evaluados en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente**

Sector	Emisiones en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente				
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC	Total
Energía	25 723.664	114.475	230.192	-	<b>26 068.330</b>
Procesos industriales	6 608.000	13.121	40.197	2 391.230	<b>9 052.548</b>
Agricultura	-	3 161.413	4.300	-	<b>3 165.712</b>
Desechos	-	6 021.963	281.512	-	<b>6 303.476</b>
<b>Total</b>	<b>32 331.664</b>	<b>9 310.972</b>	<b>556.201</b>	<b>2 391.230</b>	<b>44 590.066</b>

Como se muestra en la gráfica 3.3 el mayor porcentaje de emisiones fue generada por el sector energético ya que aporta 58.5 % de las emisiones totales de GEI, seguido de los procesos industriales con 20.30 % y de los desechos y la agricultura con 14.14 % y 7.10 %, respectivamente.

**Gráfica 3.3. Porcentajes de emisión de GEI por sector con respecto a los Gg de CO<sub>2</sub> equivalente**



Las emisiones generadas por sector y por tipo de actividad fueron:

**Cuadro 3.38. Emisiones totales de GEI de por sector y categoría en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente y en porcentaje**

Sector / Categoría	Emisiones	
	Gg en CO <sub>2</sub> equivalente	(%)
<i>Energía</i>	26 068.330	58.46
Generación de energía eléctrica	3 482.283	7.81
Industria manufacturera	5 043.797	11.31
Transporte	12 999.608	29.15
Comercial	866.168	1.94
Residencial	3 634.702	8.15
Agricultura	41.773	0.09
<i>Procesos Industriales</i>	9 052.548	20.30
Industria minera	5 696.067	12.77
Industria química	646.611	1.45
Industria metálica	316.942	0.71
Productos para usos diferentes a la energía	28.300	0.06
Industria electrónica	2 364.628	5.30
Industria del papel y de la pulpa del papel	-	-
Industria de alimentos y bebidas *	-	-
<i>Agricultura</i>	3 165.712	7.10
Fermentación entérica	1 735.266	3.89
Manejo de excretas	1 418.627	3.18
Emisiones directas de N <sub>2</sub> O	2.713	0.01
Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	0.347	< 0.01
Quema de biomasa en suelos forestales	7.898	0.02
Quema de residuos de cultivo	0.863	< 0.01
<i>Desechos</i>	6 303.476	14.14
Residuos sólidos municipales	3 521.549	7.90
Aguas residuales	2 781.927	6.24
<b>Total</b>	<b>44 590.066</b>	<b>100.00</b>

En resumen se tiene que:

En el sector energético, que contribuye con 58.46 % del total, la categoría que mayor aporte de emisiones tiene es el transporte con 29.15 %, la industria manufacturera con 11.31 %, la categoría residencial con 8.15 %, la generación de la energía eléctrica con 7.81 % y el resto de las categorías (comercial y agricultura) con 2.04 %.

En los procesos industriales, los cual son responsables de 20.3 % de las emisiones totales de GEI, la categoría que mayor emite es la industria minera con 12.77 %, la industria electrónica con 5.30 % y el resto de las categorías (industria química, industria metálica y los productos de no energía de combustibles) contribuyen con 2.22 %.

El sector agricultura aporta 7.1 %, siendo la fermentación entérica y el manejo de excretas las categorías que más emiten ya que generan 3.89 % y 3.18 %, respectivamente, y el resto de las categorías (emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O, quema de biomasa de suelos forestales y quema de residuos de cultivos) sólo aportan el 0.03 %

Las emisiones de los desechos corresponden al 14.14 % del total, siendo los residuos sólidos municipales (RSM) los que mayor aportan con 7.90 % y las descargas de aguas residuales (tanto domésticas como industriales) con 6.24 %.

### **3.2.8. Incertidumbre**

Para determinar la incertidumbre de los sectores evaluados se utilizó la documentación descrita por el IPCC, sobre la Orientación de las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero; así como las reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI, 2002) para México.

En este apartado se considerarán dos tipos de incertidumbre, primero las que están asociadas con la aplicación de los factores de emisión por defecto y las asociadas con los datos de actividad (como la información referida al tipo y consumo de combustibles, cantidad de materias primas y productos, cabezas de ganado, residuos de cultivo, áreas forestales siniestradas, tipos y número de rellenos sanitarios, tratamiento y descargas de aguas residuales, entre otros).

La incertidumbre tanto de los factores de emisión (incluyendo los parámetros para la determinación de éstos), como de los datos de actividad se realizó para cada categoría de fuente y para cada combustible lo que finalmente permitirá combinar y determinar la incertidumbre total del inventario.

En el sector energía, como se puede observar en el cuadro 3.39 la incertidumbre es muy alta, debido principalmente a la fuente de información de los datos de actividad ya que no se cuenta con datos de los tipos de maquinaria, equipos o actividades en específico para aplicar un factor adecuado para cada caso y se tomó la decisión de utilizar un factor de emisión por defecto general sin pasar por alto la categoría a evaluar; aunque es importante mencionar que los datos del consumo de combustibles por cada categoría se consideran confiables, ya que la Secretaría de Energía, anualmente hace una

recopilación de los datos para las diferentes actividades que los utilizan, así como de datos de importación, exportación, venta y distribución de éstos en las diferentes entidades.

En el caso de los sectores agricultura y desechos, aunque la incertidumbre no fue tan alta como en el sector energía, ésta se considera alta. Estos valores de incertidumbre se deben principalmente a la falta de información que se tiene en cada sector y sus categorías, aunque si existe información, ésta no resulta ser tan específica para los fines que persigue este inventario de emisiones.

En el caso en específico de los procesos industriales no fue posible determinar una incertidumbre, debido a que no se cuenta con valores por defecto para cada categoría evaluada, sin embargo debido a las carencias en cuanto a la información requerida tanto para la evaluación de las emisiones como para la aplicación de un factor de emisión por defecto ésta se puede considerar alta.

<b>Cuadro 3.39. Incertidumbre por sector y contaminante</b>					
<b>Sector</b>	<b>Actividad</b>	<b>(%) de incertidumbre</b>			
		<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>Total</b>
Energía	- Generación de electricidad - Industrias manufactureras - Comercial - Residencial - Agricultura	2.7	47.4	512.5	<b>514.7</b>
	Transporte - Terrestre - Ferroviario - Aéreo	4.8	5.8	31.8	
Procesos industriales		-	-	-	-
Agricultura	- Fermentación entérica - Manejo de excretas	-	18.7	0.2	<b>18.8</b>
Quema de biomasa	- Residuos de cultivo - Suelos forestales	-			
Desechos	Residuos sólidos	-	21.0	-	<b>27.5</b>
	Aguas residuales	-	17.6	NS	

Fuente: IPCC (2006). Orientación de las Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbre en el Inventario Nacional de GEI, 2000. INEGI 2002.



---



# **4 Vulnerabilidad del Estado de México**



## Vulnerabilidad del Estado de México

Como se mencionó en el apartado 1.2, la Región Centro del país, de la cual forma parte el Estado de México, hay una alta concentración de población y expansión de asentamientos urbanos los cuales ejercen una gran presión sobre los recursos naturales para satisfacer sus requerimientos de vivienda, alimentación, transporte, empleo, etc. Esto sobrepasa la capacidad de carga de cualquier ecosistema, pero en particular hace muy vulnerable a la región ante los trastornos climáticos. Es por ello que el concepto de vulnerabilidad ha cobrado una gran relevancia debido a que se espera que la tendencia al calentamiento global, y en general, a los cambios en el clima, continúen sin que la mitigación de las emisiones de GEI cambie dicha tendencia. Pero ¿a qué se refiere el término de vulnerabilidad?

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático define vulnerabilidad como el grado al que un sistema es susceptible o incapaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación.

El concepto de vulnerabilidad está interrelacionado con los conceptos de amenaza y riesgo (cuadro 4.1). La amenaza se refiere al fenómeno natural, al agente de la naturaleza que aparece en un tiempo y espacio determinado, por ejemplo: huracanes, inundaciones, sequías. El riesgo es la combinación entre la amenaza y el grado de exposición y fragilidad de los distintos sectores (ecosistemas, ciudades, actividades económicas, etc.) ante esa amenaza; en otras palabras, el riesgo depende de la intensidad y frecuencia de la amenaza, pero también de la medida en que diversos sectores pueden ser afectables.

Cuadro 4.1. Relación entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo		
Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Fenómenos naturales	Grados de exposición y fragilidad, valor económico	$F(A, V)$
Probabilidad de que ocurra un evento, en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños	 Probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente	 Probabilidad combinada entre amenaza y vulnerabilidad

Fuente: Retomado de Magaña, V. y Gay, C. (2002)

A continuación se presentan algunas consideraciones sobre la vulnerabilidad en distintos sectores del Estado de México tales como agua, agricultura, recursos forestales, asentamientos humanos, industria y salud, para lo cual se tomaron como base los resultados del *Estudio de País: México. México ante el cambio climático* (en: SEMARNAP, 1997; INE y UNAM, 1999; INE, 2004; Urbnia y Martínez, 2006).

## 4.1. Recurso Agua

Se hará referencia a las tres regiones hidrológicas que se localizan en la entidad, mismas que coinciden con las regiones a que hace referencia el estudio en cuestión. Estas regiones son Pánuco, conformada por 60 municipios del Estado de México; Lerma, por 32 municipios; y Balsas, por 33 municipios.

En el estudio se utilizaron los modelos de circulación general (GFDLR30 y CCCM), el modelo termodinámico de clima (MTC) y el modelo de balance termo-hidrológico (MBTH). Los resultados de los modelos sugieren que cambios plausibles en la temperatura del aire superficial y la precipitación causados por la duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico pueden tener un impacto muy significativo en el régimen y la magnitud de la escorrentía, la humedad del suelo y la evaporación, así como en el grado de aridez de algunas regiones hidrológicas del país, sin embargo, en otras el cambio climático puede ser favorable.

En los siguientes apartados se presentan los índices de vulnerabilidad estimados para cada una de las regiones hidrológicas de la entidad.

- *Vulnerabilidad respecto a disponibilidad de agua y de reserva.*

Se refiere al volumen de agua que puede ser retirado de una zona húmeda sin que se transforme en una zona seca. Las zonas con vulnerabilidad alta comprenden aquellas que presentan un alto riesgo de secarse tanto en un escenario actual como de cambio climático. El incremento en la temperatura del suelo y de aire y, por consecuencia de la evaporación, así como el decremento en la precipitación, son las causas por las que el volumen disponible en las regiones Lerma y Pánuco muestren tan alta vulnerabilidad (cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2. Condiciones de vulnerabilidad para disponibilidad de agua por región, según escenario**

Región	Escenario base	Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)	Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)
Balsas	No vulnerable	No vulnerable	Media
Pánuco	Baja	No vulnerable	Alta
Lerma	Alta	Media	Alta

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)

- *Vulnerabilidad respecto a consumo de agua.*

Se refiere al volumen de agua destinado al uso domé, comercial y de servicios, industrial, generación de energía eléctrica y de riego. En el escenario base la vulnerabilidad en este rubro es baja en las regiones Balsas y Pánuco. En el escenario cálido-húmedo la región Balsas se vuelve no vulnerable pero la región Pánuco presenta alta vulnerabilidad. Los modelos para el escenario cálido-seco indican que en las regiones Pánuco y Lerma la vulnerabilidad se vuelve alta, mientras que en la del Balsas es baja (cuadro 4.3).

<b>Cuadro 4.3. Condiciones de vulnerabilidad para el consumo de agua por región, según escenario</b>			
<b>Región</b>	<b>Escenario base</b>	<b>Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)</b>	<b>Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)</b>
Balsas	Baja	No vulnerable	Baja
Pánuco	Baja	Alta	Alta
Lerma	No vulnerable	Baja	Alta

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)

- *Vulnerabilidad respecto a almacenamiento de agua.*

Considera el volumen de almacenamiento máximo operativo de las presas cuya capacidad supera los cuatro millones de metros cúbicos, así como el volumen de los grandes cuerpos de agua en cada región. La vulnerabilidad se refiere a eventos prolongados de sequías que dessequen las presas, o a periodos de lluvias intensas que propicien su desbordamiento. La región Pánuco mantiene una alta vulnerabilidad en los tres escenarios. Para el caso de las regiones Balsas y Lerma, ésta puede ser media o no vulnerable.

<b>Cuadro 4.4. Condiciones de vulnerabilidad para almacenamiento de agua por región, según escenario</b>			
<b>Región</b>	<b>Escenario base</b>	<b>Escenario cálido-húmedo (Modelo GFDLR30)</b>	<b>Escenario cálido-seco (Modelos CCCM y MTC)</b>
Balsas	Baja	Media	No vulnerable
Pánuco	Alta	Alta	Alta
Lerma	No vulnerable	Media	No vulnerable

Fuente: Mendoza, Villanueva y Maderey (2004)

## 4.2. Agricultura

La agricultura es extremadamente vulnerable ya que se encuentra doblemente expuesta; por un lado, están los cambios dentro de una economía globalizada (por ejemplo, los precios del maíz, la caña de azúcar, etc.) y por el otro, es altamente dependiente de las condiciones climáticas.

Debido a que en México el maíz representa el sustento básico de muchas familias en el sector rural, además de ser un componente intrínseco en la cultura nacional, el *Estudio de País: México*, centró su atención en la vulnerabilidad de la producción de este cultivo. Para ello se utilizó el modelo CERES-MAIZE para simular los rendimientos en la producción de maíz de temporal para distintas formas de administración de cultivos y diferentes condiciones de clima, semillas y suelos. Posteriormente, se crearon mapas agroclimáticos (mapas de aptitud potencial) de las regiones aptas para la producción de primavera-verano.

Los resultados para el caso del Estado de México, particularmente la región Atlacomulco que consistió en la zona de estudio, reportan un incremento en los rendimientos de la agricultura de temporal, posiblemente asociado con un aumento en las temperaturas mínimas, lo que alejaría el

peligro de las heladas que dañan frecuentemente a este tipo de cultivos. Sin embargo, otras regiones de la entidad podrían aumentar su vulnerabilidad, ya sea por los decrementos en las superficies aptas para este tipo de cultivos o por las reducciones en los rendimientos.

<b>Cuadro 4.5. Características del cultivo de maíz de temporal, por región. Situación actual y en cambio climático.</b>		
<b>Región</b>	<b>Potencial actual para la producción de maíz</b>	<b>Tipo de cambio en la producción (Modelo CERES)</b>
Balsas	Medianamente apto	Negativo
Pánuco	No apto	Positivo
Lerma	No apto	Positivo

Fuente: Conde, Ferrer, Gay y Arroyo (2004)

### 4.3. Ecosistemas Forestales

Los ecosistemas terrestres han estado sujetos a muchas presiones por las actividades humanas tales como cambios en los usos del suelo, contaminación, explotación inmoderada, ampliación de la frontera agrícola y ganadera, introducción de especies exóticas, entre otras, por lo que el cambio climático se añade como un factor más que puede cambiar o poner en peligro la permanencia de estos ecosistemas. El cambio climático puede derivar en la alteración de los patrones de distribución y abundancia de las especies silvestres de flora y fauna, y en el peor de los casos, contribuir con la extinción de las especies más sensibles.

Existe una sinergia entre las causas y consecuencias del cambio climático ya que si los ecosistemas son almacenes de carbono y éstos a su vez se ven disminuidos en superficie y calidad debido a las actividades humanas, entonces se incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo cual contribuye con el calentamiento del planeta afectando de este modo al resto de los ecosistemas.

Los modelos utilizados, el GFDLR30, el CCCM y el Modelo de Sensibilidad, muestran las posibles modificaciones en la distribución de la vegetación, siempre y cuando esta adaptación fuera posible en tan corto tiempo. Y es que los escenarios de cambio climático que se proyectan para el 2050 exceden por mucho la habilidad de muchas especies de adaptarse a dichos cambios mediante mecanismos como la migración, cambios conductuales o mutaciones genéticas, tales procesos requieren de miles de años para efectuarse de manera natural.

Las predicciones se basan en la premisa de que los distintos tipos de vegetación actuales están relacionados directamente con el clima, el cual es uno de los factores limitantes para su distribución. Por lo que al conocer los cambios en temperatura y precipitación que se podrían suscitar, entonces, se podría determinar el tipo de vegetación en esas nuevas condiciones del clima.

Los tres modelos prevén un aumento en la temperatura por lo cual el impacto más significativo ocurriría en las zonas templadas en donde se establecen comunidades vegetales como los bosques de pino, de oyamel y de encino, pastizales naturales y matorrales. Su distribución se vería dramáticamente reducida, e incluso en algunos casos desaparecería, siendo sustituida por especies adaptadas a condiciones más cálidas y secas.

Desde otro punto de vista, las comunidades vegetales que se verían favorecidas serían las selvas y matorrales xerófilos. No obstante, y pese al posible efecto positivo, hoy en día las selvas son los ecosistemas más afectados por las actividades humanas, las cuales han reducido su área de distribución.

Los resultados a futuro sobre la distribución de los distintos tipos de vegetación podrían ser totalmente diferentes debido a que las áreas con cierto grado de perturbación disminuyen notablemente su capacidad de respuesta, no sólo ante los cambios climáticos, sino también a plagas, enfermedades e incendios forestales.

En el cuadro 4.6 se califican los tipos de vegetación presentes en la entidad que podrían aumentar o disminuir su área de distribución.

<b>Cuadro 4.6. Condición de los tipos de vegetación presentes en la entidad ante una situación de cambio climático</b>		
<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie actual (ha)</b>	<b>Superficie ante cambio climático</b>
Selva baja caducifolia	87 789	Aumenta
Matorral xerófilo	16 747	Aumenta
Bosque de encino	126 016	Disminuye
Bosque de pino	80 808	Disminuye
Bosque mixto pino-encino	209 238	N. D
Bosque de oyamel	59 999	Tiende a desaparecer
Bosque mesófilo de montaña	7 763	Disminuye
Vegetación halófila	869	N. D.
Vegetación acuática y riparia	5 801	Tiende a desaparecer
Área forestal perturbada	225 974	N. D
Otros tipos de vegetación	73 609	N. D

N. D. = No determinado

Fuente: DGPCCA con información de Villers y Trejo (2004)

Cabe resaltar que en materia económica, el cambio climático puede provocar la disminución de la producción forestal de especies tanto maderables como no maderables, afectando con ello la industria de la celulosa y papel, principalmente.

#### **4.4. Asentamientos Humanos**

Los asentamientos humanos son particularmente importantes debido a la rapidez con la que se transforman de zonas rurales a grandes centros urbanos. Es así que la población urbana del Estado de México, en términos porcentuales, pasó de 24 % a 73 % en el periodo de 1970 a 2005. Asimismo, en la entidad se asientan dos de las principales metrópolis del país: la zona metropolitana del Valle de Toluca, conformada por 22 municipios, y la zona metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco, conformada por 59 municipios, en las que habita 88 % de la población estatal.

Existen varios elementos socioeconómicos y ambientales que son característicos del desarrollo y transformación de los asentamientos humanos que interactúan con los impactos del cambio climático y que pueden agravar o mitigar sus efectos, es decir, el cambio climático combinado con otros elementos de presión, es lo que puede ocasionar una mayor vulnerabilidad de los centros de población. Entre tales elementos de presión se encuentran: el crecimiento demográfico, la urbanización, los niveles de pobreza, los sistemas de energía, la utilización de combustibles fósiles y los sistemas de transporte.

En muchos casos, el impacto de cambio climático en un centro de población dependerá más de la vulnerabilidad de los sistemas sociales que se vean afectados que de la propia magnitud física de los cambios ambientales. El cambio climático tendrá impactos diferenciales en distintas ciudades, por lo que los distintos grupos sociales serán con mayor o menor medida vulnerables a él. Es por ello que la heterogeneidad que presentan los asentamientos humanos en términos de condiciones de infraestructura y niveles socioeconómicos hace que la evaluación de la vulnerabilidad de este rubro sea muy compleja cuando se toma en cuenta a toda un área urbana o una región.

Teniendo en cuenta a Aguilar (2004) algunos componentes de los asentamientos humanos que se consideran vulnerables al cambio climático son:

- Espacio construido e infraestructura.
- Alta concentración poblacional.
- Estructura productiva.
- Condiciones de salud.
- Abastecimiento de agua.
- Medio ambiente.

Considerando la concentración poblacional, en el cuadro 4.7 se presenta una distribución por estrato de las 4 841 localidades existentes en el Estado de México, a las cuales se les ha dado una condición de vulnerabilidad según el número de habitantes censados en 2005 y los proyectados para el 2030. De esta forma, el número de localidades altamente vulnerables pasa de 19 a 23 (21 % de incremento); las medianamente vulnerables pasan de 46 a 67 (45.6 % de incremento); y aquellas con baja vulnerabilidad, de 4 776 a 4 751 (0.52 % decremento).

**Cuadro 4.7. Número de localidades censales del Estado de México por estrato de población y condición de vulnerabilidad para distintos años**

Estrato (Núm. habitantes)	Condición de vulnerabilidad	Número de localidades en el año	
		2005	2030
De 1 a 2 499	Baja	4 402	4 300
De 2 500 a 14 999	Baja	374	451
De 15 000 a 49 999	Media	39	55
De 50 000 a 99 999	Media	7	12
De 100 000 a 499 999	Alta	13	13
De 500 000 o más	Alta	6	10

Fuente: DGPCCA con datos de CONAPO (2000)

## 4.5. Industria y Energía Eléctrica

La industria ha sido un sector poco estudiado en virtud de la percepción de su relativa baja sensibilidad y de la gran capacidad de adaptación al cambio climático. La mayor parte de los estudios se refieren al tema de la adaptación y mitigación de los impactos del cambio climático por lo que hay muy pocos estudios que asocien las tendencias del clima con los impactos del cambio climático en las actividades económicas.

Aún cuando la industria sea considerada poco vulnerable en comparación con otros sectores de la economía, al interior de ésta se aprecia que las diversas ramas industriales tienen entre sí diferencias notables en su grado de sensibilidad climática. Ello se debe a una serie de factores entre los que se pueden mencionar:

- Participación en el PIB.
- El tamaño de la empresa.
- El aporte de GEI a la atmósfera.
- La dependencia de recursos naturales sensibles al clima.
- Niveles de consumos de energía y agua.
- Los mercados sensibles al clima.
- Ubicación geográfica.

Todos estos factores influyen necesariamente en el nivel de vulnerabilidad del sector industrial frente al cambio climático.

Uno de los efectos del cambio climático se relaciona con el ascenso de la temperatura, lo cual repercute en una reducción de la precipitación y de los escurrimientos, incidiendo en la aceleración de los procesos de desertificación y de redistribución del recurso hídrico. En consecuencia, la vulnerabilidad de la industria estará en función de sus necesidades de abastecimiento de determinados volúmenes de agua, de la regularidad con que se requieren dichos abastos y del clima. Así, a mayor volumen requerido, el abasto será más constante, el clima más seco y la empresa correspondiente será más vulnerable. En este último caso, es decir, en las zonas secas, en las cuales existe una mayor presión y competencia sobre los recursos hídricos, la vulnerabilidad de la industria se incrementa; por ejemplo, en las zonas donde coexisten la agricultura de riego, el abastecimiento urbano y la generación de energía eléctrica.

El aumento de temperatura será diferencial geográficamente; esto afectará a las empresas que demandan energía para los procesos industriales de calentamiento o enfriamiento. En el primer caso, la vulnerabilidad disminuirá porque el calentamiento atmosférico implicará un ahorro en el consumo de energía y de electricidad para el desarrollo de éstos (por ejemplo, la industria siderúrgica y metalúrgica); en cambio, se incrementará la vulnerabilidad de aquellas empresas que requieren de procesos de enfriamiento o congelación, en zonas en las cuales se incrementa la temperatura, como es el caso de las industrias empacadoras de productos ganaderos y agrícolas perecederos, que requieren cámaras de refrigeración o congelación.

Las variaciones en la distribución del agua y la temperatura tendrán efectos sobre el uso del suelo y la distribución de los seres vivos, sean cultivos, ganado o asociaciones vegetales naturales. Ante esta situación, las industrias más vulnerables serán las que dependen de materias primas derivadas de actividades como la maderera, la del papel, la textil, la alimenticia, la del cuero y las emparadoras de productos del mar, entre otras. Por tanto, existen diferencias entre las diversas ramas de la industria, en cuanto a su sensibilidad hacia el clima.

En este sentido, las industrias asentadas en el Estado de México quedan clasificadas como se aprecia en el cuadro 4.8.

<b>Cuadro 4.8. Clasificación del sector industrial de acuerdo con su susceptibilidad hacia el clima y ramas industriales con mayor afectación</b>	
<b>Clasificación</b>	<b>Ramas industriales</b>
Industrias dependientes de recursos naturales	Agroindustria, acuicultura, forestal, alimentos y bebidas, textil y celulosa y papel.
Industrias con procesos sensibles al clima	Centrales termoeléctricas, la industria del aluminio, las siderúrgicas, alimenticia y textil
Industrias con aumento en mercado (demanda)	Generación de energía eléctrica, las industrias del aire acondicionado, del vestido y de bebidas
Industrias susceptibles a inundaciones	Se trata de establecimientos industriales asentados principalmente en los municipios de Lerma, Tlalnepantla, Ecatepec, Naucalpan y Nezahualcóyotl, con alto riesgo de inundación por desborde de cauces de los ríos Tlalnepantla, Los Remedios, La Compañía así como el Gran Canal

Fuente: Sánchez-Salazar (2004) modificado por DGPCCA

En materia de generación de energía eléctrica, las 17 centrales ubicadas en el Estado de México presentan distinto grado de vulnerabilidad según el tipo de generación. Al respecto, en el cuadro 4.9 se puede observar que las 12 centrales hidroeléctricas son altamente vulnerables debido en gran medida a la dependencia, consumo y competencia del agua con otros sectores económicos.

<b>Cuadro 4.9. Vulnerabilidad del subsector de energía eléctrica por tipo de generación en la entidad</b>		
<b>Tipo de generación</b>	<b>Número actual de centrales <sup>a/</sup></b>	<b>Vulnerabilidad <sup>b/</sup></b>
Hidroeléctrica	12	Alta
Vapor	2	Media
Ciclo combinado	1	Media
Turbogas	2	Baja

Fuente: DGPCCA con datos de: a/ INEGI (2006) y b/ Sánchez-Salazar (2004)

En el cuadro 4.10 se presentan distintas actividades económicas seleccionadas para el Estado de México, las cuales, se consideran particularmente vulnerables al cambio climático. Cabe recordar que de acuerdo con el censo económico más reciente, en 2004 la entidad contaba con 35 mil 561 unidades económicas en los sectores primario y manufactura, de las cuales 23 mil 513 unidades, que representan 66.5 % del total, podrían presentar cierto grado de vulnerabilidad en el futuro.

<b>Cuadro 4.10. Número de unidades económicas y condición de vulnerabilidad para distintas actividades económicas seleccionadas</b>		
<b>Actividad económica</b>	<b>Unidades económicas <sup>a/</sup></b>	<b>Condición de vulnerabilidad <sup>b/</sup></b>
Pesca	64	Alta
Minería	207	Media
Alimentaria	16 063	Media
- Congelación de frutas, verduras y guisos	7	
- Empacado y procesamiento de carnes	216	
Industria de las bebidas y del tabaco	983	Media
Fabricación de insumos textiles	198	Alta
Confección de productos textiles	318	Alta
Fabricación de productos de vestir	2 153	Alta
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	421	Alta
Industria de la madera	1 443	Alta
Industria del papel	256	Alta
Industria química	524	Alta
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	27	Alta
Fabricación de cemento y productos de concreto	410	Alta
Industria metálica	179	Media
Fabricación de maquinaria y equipo	267	Media
- Fabricación de sistemas de aire acondicionado, calefacción y refrigeración industrial y comercial	22	

Fuente: DGPCCA con datos de: a/ INEGI (2006) y b/ Sánchez-Salazar (2004)

## 4.6. Salud Humana

La salud pública depende de suficientes alimentos, agua potable de calidad, viviendas seguras, buenas condiciones sociales y un entorno ambiental y social adecuado para prevenir, evitar y controlar diversas enfermedades. Sin, embargo, todos estos elementos pueden verse afectados por el clima. Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar disturbios fisiológicos y daños a la salud humana, provocando enfermedades e incluso la muerte. Se proyecta que bajo un escenario de aumento de la temperatura global, los problemas más graves para la salud se producirán en las ciudades de latitudes medias y elevadas, pero, los inviernos más benignos en los climas más templados probablemente reducirían las muertes relacionadas con el frío.

Las altas temperaturas y la exposición directa al sol por largos periodos pueden causar enfermedades, todas ellas agrupadas bajo el nombre de hipertermia. Éstas pueden consistir en: calambres en el área del abdomen, brazos y piernas; hinchazón (edema) en tobillos y pies; mareo repentino (síncope); fatiga, insolación (golpe de calor) e irritación en la piel (salpullido). Las personas mayores, los bebés y niños de hasta 4 años de edad; las personas con enfermedades cardiovasculares, del riñón y pulmón, así como con diabetes y sobrepeso, son particularmente vulnerables porque el calor extremo puede exacerbar su condición de salud.

Debido a lo anterior, una de las consecuencias directas del cambio climático en los seres humanos puede consistir en el aumento de la morbilidad y mortalidad en periodos de clima extremo como las olas de calor.

Al respecto, la Secretaría del Salud del Gobierno del Estado de México, por conducto del Instituto de Salud del Estado de México, ha implementado el Programa Temporada de Calor, el cual comprende el periodo de marzo a septiembre. Dicho programa se desarrolla en los 125 municipios de la entidad, pero con mayor énfasis en aquéllos que presentan amenaza de altas temperaturas como Tenancingo, Valle de Bravo, Tejupilco, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Amecameca; y tiene un universo de atención prioritaria de 1 millón 346 mil 613 menores de 5 años y de 1 millón 90 mil 178 adultos mayor de 60 años.

Las sequías y las inundaciones también representan problemas para la salud humana. Los mayores impactos a la salud consisten en el aumento de enfermedades gastrointestinales ya que, por un lado, la escasez de agua implica la falta de higiene y aseo personal y, por tanto, la acumulación de bacterias y agentes patógenos; y por el otro, el agua potable resulta contaminada por las inundaciones. En este sentido, es importante señalar que las enfermedades diarreicas afectan el crecimiento y desarrollo de los menores de 5 años, las cuales pueden tener como complicaciones la deshidratación y la desnutrición, lo que pone en peligro la vida de este estrato de la población.

Considerando lo anterior, en el Estado de México, actualmente la mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales representa entre 1.2 % y 1.6 % del total de defunciones; asimismo, poco más de 26 % de las causas de muerte en la entidad son provocadas por diabetes *mellitus* y enfermedades del corazón. Entonces, un aumento en la temperatura en las regiones de mayor riesgo en el Estado podría inducir el incremento en la proporción de muertes debido a estas causas.

En este sentido se requieren de estudios estatales específicos para determinar la magnitud de los impactos tanto positivos como negativos en la morbilidad y mortalidad relacionados con el cambio climático. En dichos estudios se tendrá que considerar los cambios en la pirámide poblacional para el 2050, (la cual mostrará una mayor cantidad de adultos) los niveles de pobreza y todas las variables socioeconómicas que influyen en la salud humana.

Por otra parte, los estudios sobre cambio climático y salud humana en México se han enfocado hacia el análisis de la incidencia de enfermedades tales como el cólera, dengue y malaria, y hacia la relación entre el asma y la diarrea con el cambio climático. Y es que el clima siempre ha tenido un papel preponderante en las enfermedades causados por vectores como los mosquitos, garrapatas, pulgas, moscas y otros insectos. Es posible que ante un cambio climático el ciclo de vida de estos vectores se modifique aumentando, por ejemplo, su tasa de reproducción y su área de distribución. De tal forma que las enfermedades tropicales como el dengue, limitadas por un gradiente de temperatura, llegarán hasta zonas que hoy en día son templadas o frías, pero que en el futuro serán más cálidas y, por tanto, habrán condiciones propicias para que se desarrollen. Es por ello que un cambio en la redistribución de los agentes infecciosos y sus portadores puede ser el primer signo de una amenaza ante el cambio climático. En el cuadro 4.11 se presentan los casos comprobados de paludismo y dengue en el Estado de México.

<b>Cuadro 4.11. Enfermedades transmitidas según vector en el Estado de México en el periodo 2000-2006. Número de casos confirmados</b>		
<b>Año</b>	<b>Paludismo</b>	<b>Dengue</b>
2000	0	0
2001	0	37
2002	0	61
2003	0	0
2004	0	29
2005	S. I.	S. I.
2006	1	7

S. I. = Sin información

Fuente: SS (2006) ISEM (2006)

Otro tipo de estudios analizan los co-beneficios que resultaría de la reducción de contaminantes atmosféricos y de GEI en la salud de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (Véase *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010* en el capítulo 4) así como los beneficios inmediatos sobre la salud que pueden obtenerse al adoptar tecnologías existentes para reducir emisiones de GEI en ciudades como México, Nueva York, Santiago y Sao Paulo. A partir de estos estudios se conoce, por ejemplo, que con la adopción de tecnologías de mitigación de GEI se podría reducir las partículas suspendidas y el ozono en 10 %, con lo cual se evitarían 64 mil muertes prematuras, 65 mil casos de bronquitis crónica y 37 millones de días-persona de actividad restringida o pérdida de trabajo.

## 4.7. Escenarios Futuros

El IPCC ha proyectado diversos escenarios de emisiones y concentraciones de GEI para estimar los cambios en el clima del planeta. A esta serie de escenarios de emisiones se les conoce como Informes Especiales sobre Escenarios de Emisiones (SRES, por sus siglas en inglés) y se basan en diversas hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico del planeta. Estos escenarios se clasifican en:

A1: Emisiones Altas. Rápido desarrollo económico mundial y de la población.

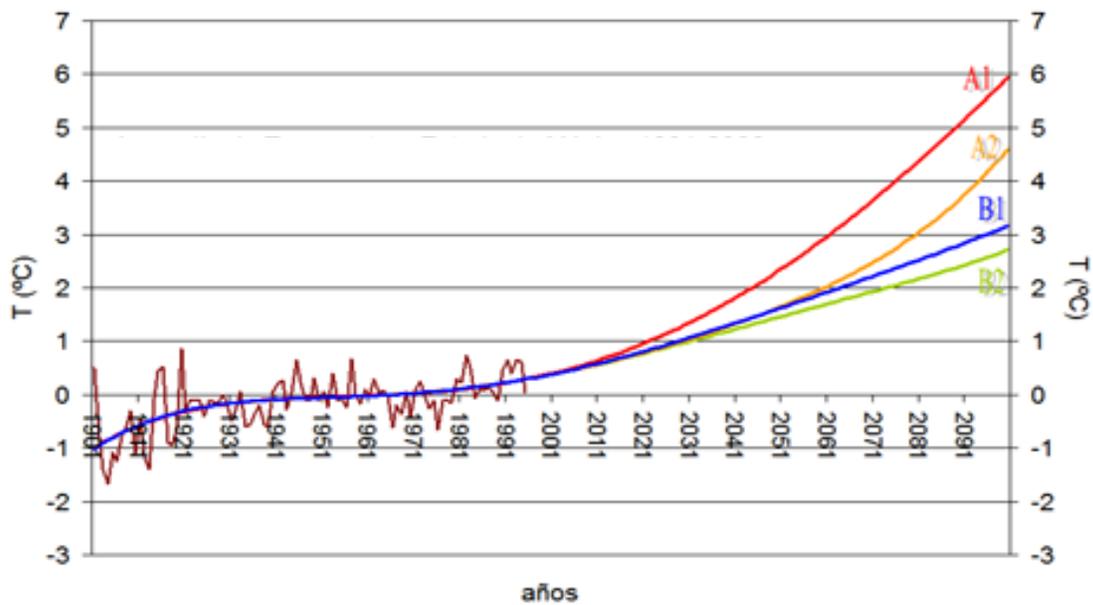
A2: Emisiones Media-Alta. Desarrollo económico más regionalizado.

B1: Emisiones Bajas. Tendencia a un desarrollo global ambientalmente sustentable.

B2: Emisiones Media-Baja. Tendencia a un desarrollo regionalizado ambientalmente sustentable.

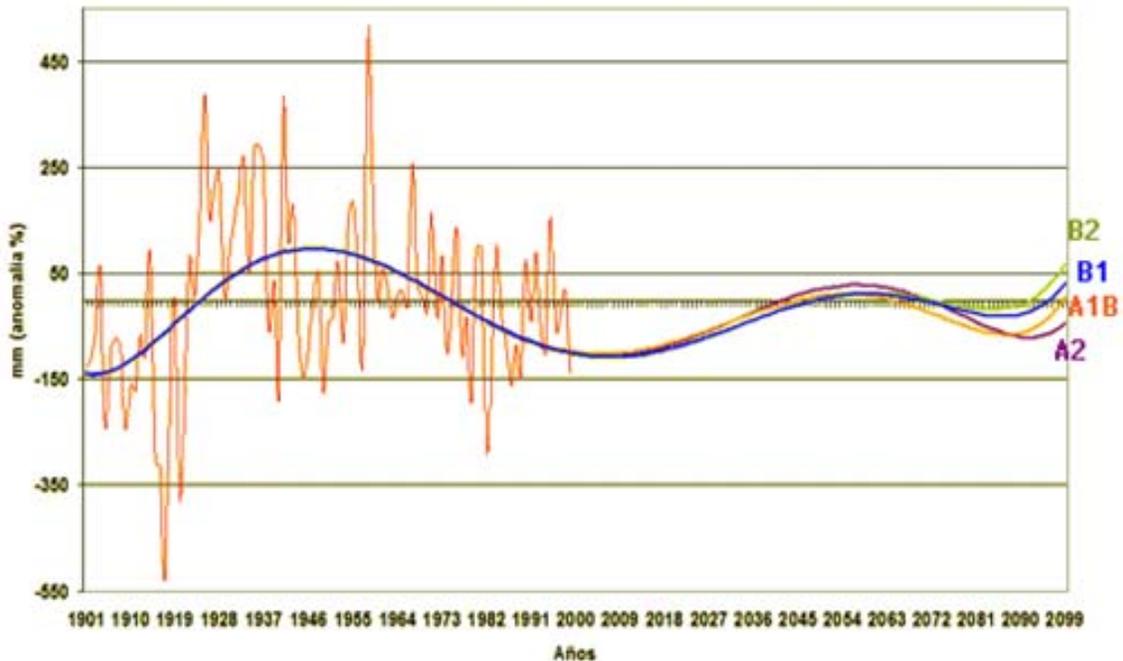
En términos generales, el clima de México será entre 2 y 4 °C más cálido alrededor de 2050. Durante las primeras décadas del siglo XXI no se distinguen marcadas diferencias si las emisiones siguen el escenario A2 o el B2. Pero después del clima de 2050 las diferencias serán más marcadas. De ahí la importancia en promover estrategias de mitigación. Para el caso particular del Estado de México, en las gráficas 5.1 y 5.2 se pueden ver las variaciones de temperatura y de precipitación, así como las distintas proyecciones bajo distintos escenarios realizadas por el INE y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

**Gráfica 4.1. Variación de la temperatura en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099)**



Retomado de: INE [http://www.ine.gob.mx/climatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_mexico.html](http://www.ine.gob.mx/climatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html)

**Gráfica 4.2. Variación de la precipitación en el Estado de México y tendencia bajo distintos escenarios (1901-2099)**



Retomado de: INE [http://www.ine.gob.mx/climatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_mexico.html](http://www.ine.gob.mx/climatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html)

Con base en lo anterior, se han proyectado las climatologías de los años 2020, 2050 y 2080 (que corresponden a los periodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099) para el Estado de México:

- Escenario 2020: Precipitación total anual disminuirá 5-10 %  
Temperatura media anual aumentará 1.8-1.2 °C
- Escenario 2050: Precipitación total anual disminuirá 5-10 %  
Temperatura media anual aumentará 1.0-2.0 °C
- Escenario 2080: Precipitación total anual disminuirá 5-20 %  
Temperatura media anual aumentará 2-4 °C

Como se puede apreciar en todos los casos hay un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación. En el caso de la temperatura, el mayor aumento se espera en el escenario 2080 el cual será de 2 a 4 °C. Si bien, todos los modelos indican aumento en temperatura, dando con ello una gran certeza en estos escenarios, aún existe incertidumbre en su magnitud.

Para el caso de la precipitación la incertidumbre es aún mayor pues se deben considerar los eventos extremos como huracanes y frentes fríos, sobre todo estos últimos los cuales tienen gran influencia en el territorio estatal. Es posible que los frentes fríos se vuelvan menos frecuentes, pero es incierto en qué medida tal disminución podría afectar las precipitaciones.



---



# **5** Política y Gestión Ambiental en Materia de Mitigación



## 5.1. Política Nacional en Materia de Cambio Climático

Considerando las evidencias acumuladas y las implicaciones regional y mundial sobre el cambio climático, la comunidad internacional aprobó en 1992, durante la denominada “Cumbre de la Tierra” efectuada en Río de Janeiro, Brasil, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, con la finalidad de establecer acuerdos, responsabilidades y compromisos comunes para la mitigación y adaptación a estos fenómenos climáticos. Dicha Convención entró en vigor en 1994. Uno de los resultados más importantes ha sido la negociación y aprobación del Protocolo de Kioto (Japón, 1997) en el cual un conjunto de 39 países desarrollados se comprometieron, para el período 2008–2012, a reducir sus emisiones por lo menos 5.2 % respecto a los niveles de 1990. Cabe aclarar que México no adoptó compromisos de reducción de emisiones.

Entre los compromisos generales que adquirieron todos los países participantes en la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” — incluyendo a México — se encuentra la realización, actualización y publicación periódica de inventarios de emisiones antropogénicas de GEI, el de adoptar programas nacionales y regionales de mitigación y adaptación, así como la conservación de sumideros de carbono (captura de carbono en los bosques por medio de la fotosíntesis) todo ello mediante la instrumentación de diversas estrategias, como por ejemplo, el mejoramiento de la producción, el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos naturales.

A la fecha México ha cumplido con los siguientes compromisos:

- Elaboración de la *Primera (1997), Segunda (2001) y Tercera (2006) Comunicación de México ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Tales documentos tienen como finalidad proporcionar una visión general de las circunstancias nacionales respecto al cambio climático, los estudios que se han realizado y las medidas tanto directas como indirectas que se están tomando respecto al cambio climático.
- Elaboración, actualización y publicación periódica de los “Inventarios de emisiones de GEI” para los periodos de 1990 a 2002. Estos documentos técnicos cuantifican las emisiones de GEI, analizan su comportamiento, identifican las principales fuentes de emisión y la absorción por los sumideros.
- Realización de estudios sobre mitigación, evaluación de la vulnerabilidad y de opciones de adaptación (*Estudio de País: México. México ante el cambio climático, 1996*)
- *Estrategia Nacional de Acción Climática (1999)*
- *Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)*

En México, la percepción social sobre el deterioro ambiental y la necesidad de impulsar acciones que lo contengan, se ha reforzado considerablemente en los últimos años, convirtiéndose en un motor novedoso para la creación de instituciones y el desarrollo de políticas, programas y normas que procuren equilibrar las preocupaciones ambientales y los imperativos económicos y sociales del país. Como resultado, las consideraciones ambientales han sido incluidas en las políticas gubernamentales, las iniciativas del empresariado mexicano y de los organismos no gubernamentales, particularmente en lo que se refiere a eficiencia energética, industria limpia, manejo sustentable de recursos naturales y conservación de la biodiversidad.

México ha impulsado políticas y acciones que tienen como propósito principal solucionar diversos problemas sociales, económicos y ambientales. En muchos casos, estas acciones permiten mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático, tanto en la vertiente de la eficiencia energética (mejorando combustibles, estableciendo nuevas reglas para las emisiones de la industria, impulsando proyectos sobre fuentes de energía renovables, etc.) como en la vertiente del aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos naturales (manejo sustentable de los bosques, creación de áreas naturales protegidas, programas de reforestación e impulso de plantaciones forestales, entre otras). De esta forma la política mexicana sostiene que desde el punto de vista económico y ambiental, resulta más racional controlar la tasa de crecimiento de sus emisiones de GEI, que someterlas posteriormente, a un drástico régimen de reducción.

En el ámbito internacional México privilegia el marco multilateral de las Naciones Unidas para enfrentar el problema del cambio climático, pero reconoce el papel complementario que desempeñan otros foros internacionales. En este último sentido, México mantiene especial atención a su participación en los grupos sobre cambio climático, desarrollo sustentable y medio ambiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y ha establecido convenios de colaboración bilateral con diversos países que se orientan a alcanzar posiciones comunes en algunos de los temas de la agenda climática, a potenciar el desarrollo de proyectos de mitigación y adaptación, así como a apoyar el desarrollo de capacidades mexicanas en la materia.

- *Estrategia Nacional*

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) constituida el 31 de mayo de 2005, es el órgano federal responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales de mitigación y adaptación. Recientemente el Grupo de Trabajo de tal comisión elaboró la *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (CICC, 2007). Las áreas identificadas en esta Estrategia para la construcción de capacidades de adaptación son:

- Gestión de riesgos hidrometeorológicos y manejo de recursos hídricos.
- Biodiversidad y servicios ambientales.
- Agricultura y ganadería.
- Zona costera.
- Asentamientos humanos.
- Generación y uso de energía.

Como principales retos para la gestión en materia de adaptación al cambio climático, se identificaron los siguientes:

- Preservar y fortalecer las funciones de amortiguamiento que existen en las cuencas.
- Diseñar un Programa para el Ordenamiento de Acuíferos y favorecer la recarga hídrica en articulación con el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Reforzar el conocimiento y la implementación de los sistemas de información y alerta temprana.
- Ajustar las técnicas de tratamiento de agua a las nuevas condiciones climáticas.

- Fortalecer y revisar las implementaciones de instrumentos de gestión como la veda temporal, las áreas naturales protegidas marinas y costeras y el pago por servicios hidrológicos, para adecuarlos a las nuevas necesidades que impone el cambio climático.
- Establecer corredores biológicos y evaluar la modificación de los actuales límites geográficos de algunas áreas naturales protegidas y regiones prioritarias para la conservación; para apoyar la capacidad de ajuste de los ecosistemas y especies.
- Revalorar la experiencia adquirida por grupos vulnerables frente a la variabilidad climática, para su aplicación en el planteamiento de políticas de adaptación al cambio climático.
- Conservar *in situ* la agro-biodiversidad mexicana mediante programas conjuntos entre SEMARNAT y SAGARPA.
- Desarrollar e implementar un sistema de información y monitoreo del clima especialmente diseñado para productores agropecuarios.
- Fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica.
- Considerar una elevación del nivel medio del mar de 40 cm entre la actualidad y la última década del siglo, como línea base para la planeación y la construcción de infraestructura costera.
- Articular la política nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas con el fortalecimiento de capacidades nacionales frente al cambio climático.
- Fomentar sinergias entre el sector turístico, pesquero, hídrico y el Sistema Nacional de Protección Civil.
- Inducir criterios de diseño ambiental en todos los ámbitos de planeación del desarrollo urbano.
- Incorporar el enfoque de manejo de cuencas hidrográficas en las acciones de protección y aprovechamiento de servicios ambientales de áreas urbanas y rurales.
- Diseñar sistemas descentralizados de suministro de energía a escala local.

Por sus efectos adversos previsible, el cambio climático representa una amenaza creciente para muchos procesos de desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente. Por su dimensión temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo.

Dado que los efectos adversos del calentamiento global son imparables a corto plazo, la adaptación constituye el enfoque y la tarea de mayor importancia para la seguridad estratégica nacional (y mundial). Mitigación y adaptación son estrategias igualmente necesarias; ninguna de ellas puede ir en detrimento de la otra. La atención al tema de la adaptación deberá integrarse de manera transversal, en el marco de los programas para el desarrollo sustentable de las diversas dependencias de la administración pública federal, estatal y municipal.

Construir capacidades de adaptación equivale a desarrollar las habilidades de los distintos actores para ajustarse al cambio climático, a la variabilidad y a los extremos climáticos, a fin de moderar los daños potenciales. En la medida que se desarrollen capacidades de adaptación frente al cambio climático, se puede reducir la vulnerabilidad del país y mejorar la sustentabilidad del desarrollo nacional.

## 5.2. Acciones del Gobierno del Estado de México para la mitigación de GEI

El Gobierno del Estado de México ha impulsado una serie de políticas ambientales y programas para prevenir y controlar las emisiones contaminantes provenientes tanto de fuentes fijas como móviles y con ello reducir los niveles de contaminación atmosférica. Si bien, es cierto que tales programas están enfocados a la reducción de contaminantes como el ozono, las partículas y sus precursores, algunas medidas están vinculadas con la captura de carbono, en tanto que otras están relacionadas de manera indirecta con la eficiencia energética que conlleva a la reducción de emisiones y ahorro de energía.

A continuación se mencionan algunas características de cada uno de los programas ambientales vigentes y su vinculación con la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) la captura de carbono y la conservación de sumideros.

- *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (Proaire)*

El *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*, también conocido como *Proaire*, tiene la premisa de proteger la salud de los habitantes de esta región de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica generada por las distintas fuentes presentes en la metrópoli. Este programa cuenta con 89 medidas estratégicas, las cuales están enfocadas a los vehículos y transporte (38 medidas), industria (7 medidas), servicios (6 medidas), conservación de recursos naturales (15 medidas), protección a la salud (8 medidas), educación ambiental (4 medidas) y fortalecimiento institucional (8 medidas).

Entre sus objetivos están: (1) eliminar las concentraciones de ozono superiores a 0.22 ppm; (2) aumentar el número de días con concentraciones de ozono y partículas  $PM_{10}$  dentro del límite establecido por la norma de calidad del aire ambiente correspondiente; y (3) reducir el promedio anual de las concentraciones de  $PM_{10}$ . Asimismo, dentro de los cobeneficios del Proaire está la reducción de GEI mediante la conservación y aumento de la cobertura forestal y la promoción del uso eficiente y de las fuentes renovables de energía, lo que se traduce en la disminución de consumo de combustibles fósiles.

De acuerdo con el estudio *Control conjunto de la contaminación atmosférica urbana y de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Zona Metropolitana del Valle de México* realizado por el Instituto Nacional de Ecología, se estima que el Proaire tiene un potencial significativo de reducción de 2.2 millones de toneladas de  $CO_2$  proyectadas al 2010. La reducción de 50 % proviene de las medidas de mejoras tecnológicas en los vehículos y de la renovación de la flota vehicular, el resto, del mejoramiento de la infraestructura del transporte masivo.

En dicho estudio también se menciona que las metas del Proaire en cuanto a la reducción de emisiones de partículas  $PM_{10}$  e hidrocarburos, podrían mejorarse con una pequeña variación en los costos, lo cual no ocurre con el monóxido de carbono (CO). Asimismo, es menos costo-efectivo obtener reducciones de emisiones de  $CO_2$  a partir de las medidas incluidas en el Proaire, que si se invierte en medidas específicas para reducir dicho contaminante.

- *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011*

Los objetivos del *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011* consisten en revertir la tendencia ascendente del número de días en que se rebasa la norma de partículas  $PM_{10}$ , controlar los niveles de concentración de ozono y mantener dentro de norma los niveles de bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono. Este programa cuenta con un paquete de 27 medidas de las cuales algunas están relacionadas directamente con la disminución de emisiones gases de efecto invernadero y la protección de sumideros, entre tales medidas se encuentra:

- La prevención y combate de incendios forestales.
- El control de la tala ilegal en áreas de protección ecológica.
- El desarrollo de campañas de reforestación.
- La recuperación de suelos.

Asimismo, cuenta con estrategias para la reducción y control de emisiones en vehículos automotores, transporte público y de carga, así como de una producción más limpia en el sector industrial.

- *Programa de Verificación Vehicular*

El *Programa de Verificación Vehicular* tiene como objetivo el establecer el calendario y los lineamientos bajo lo cuales todos los vehículos automotores matriculados en el Estado de México deben ser verificados cada semestre en sus emisiones contaminantes provenientes del escape.

En los últimos años se han realizado diversos ajustes a este programa, por una parte haciéndolo cada vez más estricto en su operación y, por otra, incluyendo criterios que promueven la renovación de la flota vehicular. Así por ejemplo, en 2006 se redujeron entre 40 % y 50 % los límites máximos permitidos de emisiones contaminantes de vehículos en circulación, mediante la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006. Asimismo, a partir del 2007 se incentiva la eficiencia energética y el uso de nuevas tecnologías de control de emisiones vehiculares. El incentivo consiste en otorgar el holograma “doble cero” en la verificación vehicular a los vehículos nuevos de uso particular, a gasolina e híbridos (gasolina-eléctricos) con alta eficiencia en rendimiento de combustible y baja emisión de contaminantes. Este holograma los exenta de la restricción vehicular un día a la semana (programa Hoy No Circula) así como del proceso de verificación, refrendando dicho holograma por 4 o 6 años consecutivos.

En el segundo semestre del 2008 entraron en vigor medidas de adecuación a los Programas de Verificación Vehicular, de Contingencias Ambientales Atmosféricas y al Hoy No Circula de la Zona Metropolitana de Valle de México, mismas que se estima ayudarán a reducir 1 millón 189 mil 620 toneladas de CO<sub>2</sub>.

- *Programa Especial de Transporte Masivo del Estado de México*

El *Programa Especial de Transporte Masivo del Estado de México* establece las directrices para desarrollar una infraestructura de transporte de alta capacidad, seguro, eficiente y competitivo, contribuyendo en

la reducción de tiempos de traslado, de congestionamientos viales y de emisiones contaminantes, así como en el ahorro de energía. Entre las principales obras proyectadas que tendrán un importante impacto en la reducción de emisiones contaminantes están:

- Corredor con vehículos de alta capacidad Ciudad Azteca-Tecámac.
- Corredor con vehículos de alta capacidad Ecatepec-Coacalco-Lechería.
- Corredor con vehículos de alta capacidad La Paz-Ixtapaluca.
- Corredor con vehículos de alta capacidad Chicoloapan-Chimalhuacán-Peñón Viejo.
- Sistema del tren suburbano etapa I, Cuautitlán-Buenavista-Huehuetoca.
- Sistema del tren suburbano etapa II, Chalco-La Paz.
- Sistema del tren suburbano etapa III, Jardines de Morelos- Metro Martín Carrera.

Respecto a la primera etapa del sistema del tren suburbano, Cuautitlán (Estado de México) a Buenavista (Distrito Federal) se trata de un sistema de ferrocarriles electrificados y confinados, con una oferta inicial de 365 mil usuarios por día y un recorrido de 27 km en 24 minutos. Se estima que en esta etapa serán sustituidos 18 mil 202 vehículos, lo que representa una reducción de emisiones del orden de 43 450.6 t/a de contaminantes, de las cuales, 93.6 % corresponden a monóxido de carbono. Cabe señalar que el beneficio ambiental esperado una vez que estén funcionando las tres etapas del sistema será de 61 173 t/a de contaminantes que se dejarán de emitir.

- *Fomento al uso de combustibles alternos en vehículos automotores*

Tomando en cuenta que el *Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011* establece acciones contra la contaminación atmosférica, el Ejecutivo Estatal consideró conservar los subsidios que se otorgan a los particulares, concesionarios y permisionarios que participen en la conversión de sus unidades que utilizan gasolina como combustible a gas natural comprimido o a gas LP.

Con forme a la *Ley de Ingresos del Estado de México para el Ejercicio Fiscal del Año 2008*, se otorga un subsidio de 100 % por los conceptos de impuesto sobre tenencia, así como por los derechos por servicios prestados por la Secretaría de Transporte relativos a la expedición de placa, refrendo anual, práctica anual de revista, entre otros.

- *Programa de Desarrollo Forestal Sustentable 2005-2025*

El *Programa de Desarrollo Forestal Sustentable 2005-2025* constituye el plan rector que permite la planeación y programación de los proyectos encaminados al desarrollo integral del sector forestal (PROBOSQUE, 2006). A pesar de los esfuerzos realizados por el Gobierno del Estado en materia de reforestación, se estima que aún existen 225 mil hectáreas perturbadas. Al respecto, el Ejecutivo del Estado pretende, por una parte, restaurar una mayor superficie de áreas degradadas por medio de una mejor calidad en la producción de planta, en las plantaciones y en el mantenimiento de las reforestaciones; por la otra, propone convertir áreas degradadas e improductivas en plantaciones forestales con especies maderables, no maderables, endémicas y de cobertura. La meta planteada en el periodo 2005-2011 consiste en la reforestación de 90 mil hectáreas, 15 mil por año. Sin embargo,

esta meta fue superada en 2006 con la reforestación de 16 mil 546 hectáreas y en 2007 con 17 mil hectáreas, plantando un total de 17 millones de árboles por año.

Aunado a ello, y con la finalidad de promover esquemas a través de los cuales se otorguen incentivos para la reforestación de modo que se asegure la sobrevivencia de las plantaciones, el Gobierno del Estado puso en marcha el *Programa de Reforestación y Restauración Integral de Microcuencas*, el cual brinda apoyo de mil pesos por hectárea como complemento a las labores de protección y conservación de plantaciones en las cuales se garantice una sobrevivencia mínima de 70 %. Este programa arrancó en 2006 con un presupuesto de 7.5 millones de pesos, de los cuales 6 millones se asignaron al establecimiento y protección de 5 mil 860 hectáreas de reforestación y de plantaciones forestales comerciales; los restantes 1.5 millones se asignaron a gastos de operación y supervisión del programa. En el 2007 hubo 329 participantes beneficiados con 5.4 millones de pesos en lo que respecta a mantenimiento de las plantaciones efectuadas en 2006, y 582 participantes beneficiados con 7 millones de pesos en la categoría de nuevas reforestaciones.

- *Programa para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos*

A partir de las estrategias del *Programa de Desarrollo Forestal del Estado de México 2005-2025* se crea el *Programa para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos* el cual tiene como objetivos: (1) conservar las áreas de bosque que permiten la recarga hídrica para garantizar el suministro de agua; (2) lograr que los productores forestales mantengan, conserven o aumenten la cobertura forestal natural o inducida; y (3) apoyar la conservación de bosques en áreas naturales protegidas y plantaciones forestales con fines de protección o de restauración.

Para la instrumentación de este programa el Gobierno del Estado de México autorizó, dentro del ejercicio fiscal 2007, un presupuesto de 30 millones de pesos como capital inicial para la atención de 6 mil hectáreas de superficie boscosa dentro del territorio estatal. Asimismo, el programa establece un pago anual por hectárea de \$1 500.00 mil quinientos pesos a los dueños o poseedores de bosques, por el servicio ambiental hidrológico que cumplan con los criterios establecidos en las Reglas de Operación.

- *Programa Estatal de Prevención, Control y Combate de Incendios Forestales*

Una de las prioridades del Gobierno del Estado de México, es la protección y conservación de la cubierta forestal de la entidad para lo cual se lleva a cabo la instrumentación del *Programa Estatal de Prevención, Control y Combate de Incendios Forestales* el cual tiene por objetivos: (1) reducir el número de incendios y el índice de afectación a través de acciones de prevención, detección, control y combate; y (2) proteger y conservar los recursos forestales de la entidad, con acciones que permitan contribuir al desarrollo y fomento forestal, evitando su degradación o pérdida por incendio. En este contexto y teniendo como estrategia principal el incrementar las medidas preventivas, la autoridad estatal realiza distintas acciones en coordinación con instancias federales, municipales, organizaciones de la sociedad civil, así como con productores, núcleos agrarios y grupos voluntarios, teniendo como misión, atender de manera oportuna y eficiente los incendios forestales que se presenten en el territorio estatal.

La superficie a proteger contra incendios forestales es de 895 mil hectáreas: 558 mil de bosques, 88 mil de selvas, 17 mil de vegetación de zonas áridas, 6 mil de vegetación hidrófila y halófila y 226 mil de áreas perturbadas. Para ello se implementan las estrategias siguientes:

- Rehabilitación de la infraestructura de detección para aumentar la eficiencia en el control y extinción de siniestros, lo que permite disminuir el índice de afectación por incendio.
- Incremento del número de brigadas y combatientes con apoyo de los ayuntamientos, organizaciones de la sociedad civil y de grupos voluntarios debidamente capacitados.
- Realización de campañas permanentes de concientización sobre la importancia de evitar los incendios forestales.
- Aplicación de sanciones a los infractores de acuerdo con los códigos penales estatal y federal, a fin de disminuir los incendios provocados por el hombre.
- Incremento y mantenimiento a las brechas cortafuego en municipios de alta incidencia.

Con apoyo en la información estadística estatal, durante el periodo 2003-2007 se presentaron en el año un promedio de mil 342 incendios, afectando 5 mil 436 hectáreas, por lo que el índice de afectación resultante fue de 4.1 hectáreas por incendio.

- *Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de México*

El Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas del Estado de México (SEANPEM) es el conjunto de áreas naturales protegidas (ANP) en sus diversas categorías para la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales de flora y fauna de la entidad. En suma se tienen 84 ANP, las cuales cubren una superficie de 978 mil 437 hectáreas.

Derivado de los acuerdos establecidos con los dueños y poseedores de los recursos naturales, ubicados en las ANP de la entidad, tales como el vivir con calidad y dignidad, trabajar, producir y comercializar alterando lo menos posible el ecosistema, el Gobierno del Estado de México ha promovido 30 proyectos productivos, aprobados mediante los programas de *Desarrollo Forestal*, *Alianza Contigo* y *Desarrollo Regional Sustentable*, los cuales se agrupan en tres categorías: fomento a la producción forestal, fomento agropecuario y turismo alternativo. A través de éstos se permite el desarrollo sustentable de los recursos naturales, contando con una amplia participación social, así como de un buen grado de organización en el manejo de sus recursos forestales a través de la intervención de las poblaciones locales, todo ello, según cinco líneas estratégicas:

- Elaboración de estudios que impulsen el ordenamiento forestal.
- Promoción de obras de desarrollo social.
- Fortalecimiento del desarrollo económico a través de la implementación de proyectos productivos.
- Complementación de la infraestructura regional.
- Implementación de acciones de turismo alternativo.

Por otra parte, para cumplir con la normatividad referente a la elaboración de los programas de conservación y manejo de ANP, cuyo objetivo es conservar y restaurar dichas áreas, así como aprovechar de manera sustentable los recursos humanos, biológicos y físicos, durante 2007 se concluyeron los programas de los siguientes parques estatales:

- Santuario del Agua Presa Corral de Piedra.
  - Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río San Lorenzo.
  - Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Presa Villa Victoria.
  - Santuario del Agua y Forestal Manantiales Cascada Diamantes.
- *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México*

El *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM)* es una herramienta de planeación ambiental que tiene como objetivo inducir el uso de suelo y las actividades productivas para lograr la protección del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El POETEM fue publicado en 1999 y en 2006 se publicó su actualización. Ésta última consistió en la redefinición de las 602 unidades ambientales, incluyendo sus lineamientos y estrategias. Actualmente se cuenta con 713 unidades de las cuales se puede identificar su política de protección, conservación, restauración o aprovechamiento, su fragilidad ambiental, el uso de suelo predominante y los criterios aplicables. Asimismo, se establecieron como zonas de atención prioritaria:

- Cuenca del Río Lerma.
- Subcuenca de Valle de Bravo-Amanalco.
- Sistema Cutzamala.
- Presas de: Zumpango, Guadalupe, Vicente Guerrero, José Antonio Alzate y las lagunas de Chignahuapan, entre otras.
- Las 84 áreas naturales protegidas de la entidad.
- Las zonas forestales y las cabeceras de cuenca (Lerma, Pánuco y Balsas) considerando su importancia en la captación e infiltración del agua hacia los mantos acuíferos.

De esta forma, se concluyeron los ordenamientos ecológicos siguientes:

- Ordenamiento Ecológico Municipal de Villa de Allende.
- Ordenamiento Ecológico de la Región de la Biosfera Mariposa Monarca.
- Ordenamiento Ecológico del Volcán Popocatepetl y su Zona de Influencia.

Asimismo, el Gobierno del Estado ha promovido la elaboración de los ordenamientos en los municipios de Almoloya de Juárez, Chalco, Tlalmanalco, Tequixquiac, Tonatico, Tecámac, Timilpan, Tenancingo, Ocuilan, Villa Guerrero, Villa Victoria, Villa del Carbón, Xonacatlán, Zacualpan y Zinacantepec. El valor estratégico de los ordenamientos radica en los servicios ambientales que brinda tales como: la captación y aportación de agua, la biodiversidad y el potencial paisajístico y recreativo.

- *Ahorro de energía*

El ahorro de energía es un asunto liminar inscrito en la agenda nacional, por tanto, la actual administración del gobierno estatal ha promovido su aplicación, convirtiéndose en una obligación para todos los sectores de la sociedad, ya que el derroche de energía representa un problema que lesiona la economía del país y provoca el uso negativo de la quema de combustibles fósiles. Con base en esto, se orienta a los 125 ayuntamientos para que hagan un uso más eficiente de la energía eléctrica en los servicios públicos, establezcan programas orientados a la modernización de sus servicios locales y contribuyan en forma decidida a reducir el consumo energético. Se espera que a partir de estas campañas, se cuente con servicios públicos de mejor calidad para los ciudadanos y menor gasto para las haciendas municipales. En este sentido, Gobierno del Estado de México, a través de la Dirección General de Electrificación, asesora a todos los ayuntamientos de la entidad en materia de modernización y ampliación de los sistemas de alumbrado público, pretendiendo mantener un ahorro cercano a 40 %.

- *Proyectos MDL (Mecanismo para un Desarrollo Limpio)*

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) se encuentra definido en el Artículo 12 del *Protocolo de Kioto*. Su propósito es el ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I del Protocolo a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo I, a cumplir con sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Junta Ejecutiva del MDL de las Naciones Unidas regula los procedimientos por medio de los cuales un proyecto puede participar en el MDL y generar Reducciones Certificadas de Emisiones. Estas reducciones o bonos de carbono, encuentran compradores en un mercado que se basa en los mecanismos de flexibilidad planteados en el *Protocolo de Kioto* y a las disposiciones legales que para lograr reducciones han implementado los países Anexo I que ratificaron dicho protocolo. En virtud de estos ingresos provenientes de la venta de bonos o del interés de adquirir los derechos de estas reducciones se hace atractiva o posible la realización del proyecto.

Las acciones del Gobierno del Estado de México se complementan con aquéllas consideradas dentro de los proyectos MDL en distintos municipios de la entidad. Entre los proyectos que cuenta con “cartas de aprobación” y que se ubican dentro del Estado de México están:

- Manejo de residuos en granjas porcícolas.- Proyecto de recuperación de metano en sistemas de manejo de desechos en granjas de cerdos.
- Proyectos de metano en rellenos sanitarios.- Proyecto de gas de relleno sanitario para energía en Ecatepec, Ecometano, Tecnología de Biogás S.A. de C.V., Tecnología de Biogás Ltd. y EcoSecurities Ltd.
- Proyectos de metano en rellenos sanitarios.- Proyecto de gas metano para energía en Tultitlán, Tecnología Biogás S.A. de C.V., Tecnologías Biogás Ltd. y EcoSecurities PLC.

- Proyectos de cogeneración y eficiencia energética.- Proyecto de cogeneración a partir de biogás generado de biodigestores de aguas residuales y gas natural. La Costeña S. A. de C.V.
- Proyectos de cogeneración y eficiencia energética.- Reducción del contenido promedio de clinker en el cemento en plantas de CEMEX, CEMEX S.A. de C.V.



---



# **Conclusiones y Recomendaciones**



## **Acerca del Inventario Estatal de GEI**

El Estado de México por su colindancia con el Distrito Federal, provoca una situación de flujo de personas de una entidad a otra, ya sea para trasladarse hacia sus labores cotidianas o simplemente para el consumo de bienes y servicios establecidos en cada entidad; así mismo podemos mencionar que los municipios que se encuentran asentados en las Zonas Metropolitanas de los Valles de México y Toluca la mancha urbana está creciendo aceleradamente, y de igual manera se acrecienta el comercio y los servicios ya que las demandas de esas zonas así lo requieren.

Por lo anterior, el consumo de energía por las viviendas, comercios, transporte, e industrias son requeridos e incrementados anualmente. Por tal motivo es necesario contar con información más detallada y con censos de usos de combustibles que reflejen el tipo de equipos y la tecnología de los mismos para poder aplicar y estimar emisiones de manera más precisa y bajar el gran grado de incertidumbre que se tiene para este sector quien es el responsable del 58.46% del total de las emisiones de GEI y siendo el transporte la categoría que más contamina (29.15% del total de emisiones).

Para el caso de los procesos industriales quienes aportan el 20.30% de las emisiones totales y siendo la categoría de la industria minera la que más emite en este sector (12.77% del total de las emisiones) no se tiene identificado el 100% del parque industrial establecido en la entidad y con la información proporcionada por los establecimientos que siguen una gestión ambiental anual, se puede determinar las emisiones generadas por tipo de giro, pero eso apenas estaría reflejando el 20% de las emisiones que son generadas, ya que sólo se cuenta con este porcentaje de cumplimiento en materia ambiental. Así mismo se consideraron las estadísticas mensuales y anuales de los productos y materias primas elaboradas en la entidad reportados por el INEGI, sin embargo, no existe la misma información para todos los giros de la industria manufacturera y la información disponible es difícil de aplicar para su evaluación.

En las actividades agrícolas y ganaderas se emite el 7.10% del total de emisiones teniendo a las categorías de fermentación entérica y manejo de excretas como las que más aporte de emisiones tienen (3.89% y 3.18% con respecto al total). En este sector se considera que las actividades se reporten en menos del 100%, y debido a que no se cuenta con información específica al respecto las emisiones de GEI son menores con respecto a la energía y a la industria. Esta carencia de información se debe principalmente a que no se cuentan con datos de usos de suelo actuales, de quemas de residuos de cultivo, de las actividades ganaderas que existen en los municipios de la entidad, entre otras y la información proporcionada por los diferentes sectores no toda es posible emplearla para la determinación de las emisiones de GEI.

Finalmente, para el caso del sector desechos los cuales emiten el 14.14% del total, el manejo y disposición de residuos sólidos repercute con un 7.90% de emisiones; así como el tratamiento y descargas de aguas residuales municipales e industriales emiten el 6.24%, al respecto se puede mencionar que la información disponible de los sitios de disposición final de los residuos sólidos, sus características y tipos; así como la cantidad y el tipo de residuos que son depositados, reciclados y aquéllos que son quemados a cielo abierto es muy básica y no tan específica para el desarrollo del inventario; y para el caso de las descargas de aguas residuales tanto municipales como industriales, no

se tiene información específica del tipo de tratamiento que se le da y la cantidad que es descargada por giro industrial, sólo están disponibles datos nacionales, pero se requieren para cada entidad, provocando que el grado de incertidumbre se incremente.

## **Acerca de la Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global**

Se prevé que en el territorio nacional, derivado del cambio climático, ocurran los siguientes fenómenos: modificación del régimen y distribución espacial y temporal de las precipitaciones pluviales; agudización de las sequías; desertificación del territorio y reducción drástica de ecosistemas boscosos templados y tropicales; cambios en el régimen de vientos, en la humedad del aire y del suelo, entre otros.

La Región Centro del país, de la cual forma parte del Estado de México, hay una alta concentración de población y expansión de asentamientos urbanos, lo cual ejerce presión sobre los recursos naturales para satisfacer los requerimientos de vivienda, alimentación, transporte, empleo, etc. Por lo que esta Región es particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático.

El Estado de México presenta las siguientes características por las que es altamente vulnerable al cambio climático: es la entidad más poblada del país (poco más de 14 millones de habitantes); tiene el segundo lugar en densidad poblacional (623 habitantes por kilómetro cuadrado); presenta dos de las más importantes zonas metropolitanas del país (ZMVT y ZMVCT) donde reside 88 % de la población estatal; y para el 2030 la población se habrá incrementado en 20.3 %.

Actualmente, en la entidad existe una gran presión sobre la disponibilidad del agua debido a la gran demanda para los usos agrícola, industrial y urbano. La entidad se encontrará en situación crítica por la presión de este recurso (mayor de 80 %) para 2025.

Respecto a la agricultura, se estima que para las regiones de la entidad con mayor altitud, como Atlacomulco, el aumento de 2 °C favorecerá las zonas de cultivo de maíz. Si a esto se añade el cambio en la precipitación se obtendrá una mayor productividad. Sin embargo, otras regiones podrían aumentar su vulnerabilidad ya sea por la reducción de las superficies aptas para la agricultura, o bien, por los bajos rendimientos asociados a prácticas inadecuadas de cultivo.

En cuanto a los ecosistemas forestales de la entidad, los cambios en la temperatura de más de 2 °C y una precipitación 10 % menor que la actual, favorecerán a los climas cálidos y húmedos con un aumento en el área de distribución de selvas bajas caducifolias y subcaducifolias, pero una disminución en la de los bosques templados.

Los asentamientos humanos de la entidad son particularmente importantes debido a la rapidez con la que se transforman de zonas rurales a grandes ciudades. Actualmente la población urbana estatal representa 73 %. Las condiciones de vulnerabilidad de los asentamientos humanos están dadas por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento del número de vehículos automotores y de sus emisiones contaminantes.

La vulnerabilidad del sector industrial y energético en la entidad está determinada principalmente por su dependencia de recursos naturales tales como hidrológicos y forestales. En este sentido, las actividades económicas que podrían presentar mayor grado de vulnerabilidad serían aquellas relacionadas con la agroindustria, la producción forestal; la industria alimentaria, de bebidas, la textil y la de productos de papel, así como la generación de energía eléctrica.

En materia de salud, en ciertas regiones de la entidad podría haber una disminución de enfermedades asociadas al frío al presentarse inviernos más benignos. Sin embargo, las altas temperaturas podrían incrementar los índices de morbilidad y mortalidad por infecciones gastrointestinales, hipertermia y enfermedades transmitidas por vector como el paludismo y el dengue. Al respecto, es necesario hacer estudios específicos para determinar la magnitud del incremento de los índices de morbilidad y mortalidad a causa del cambio climático.

Para finalizar, se mencionan las siguientes reflexiones y recomendaciones a fin de orientar la elaboración y el desarrollo de la “Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático” del Estado de México.

La vulnerabilidad de un país ante condiciones extremas en el clima, está en relación con: (1) La difusión y comprensión de la información climática; (2) La capacidad técnica para aplicar medidas preventivas; y (3) La disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas.

El reto de adaptación al cambio climático es entender y caracterizar la vulnerabilidad, mientras se asegura que las medidas y políticas de adaptación tomadas son compatibles con las metas del desarrollo sustentable. La adaptación debe ser económicamente eficiente y las opciones de adaptación deben ser diseñadas para contribuir al máximo a los objetivos del bienestar económico nacional, estatal y municipal. La adaptación también debe ayudar a avanzar en las metas sociales y debe ser ambientalmente sustentable.

Construir capacidades de adaptación equivale a desarrollar las habilidades de los distintos actores para ajustarse al cambio climático, a la vulnerabilidad y a los extremos climáticos, a fin de moderar los daños potenciales. En la medida que se desarrollen capacidades de adaptación ante el cambio climático, se puede reducir la vulnerabilidad del país, sus estados y municipios, y mejorar la sustentabilidad del desarrollo nacional.

Por sus efectos adversos previsible, el cambio climático representa una amenaza creciente para muchos procesos en desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente. Por su dimensión temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo.

## **Recomendaciones en Materia de Adaptación**

- *Manejo de agua:*
  - Almacenar agua eficientemente.
  - Construcción de avenidas de agua.

- Sistemas de drenaje eficientes.
- *Agricultura:*
  - Cambios en la fecha de siembra.
  - Cambios en la variedad de semilla.
  - Aplicación de fertilizantes en caso de lavado de nutrientes por alto nivel de precipitación.
  - Rotación de cultivos.
- *Ecosistemas forestales:*
  - Conservación y mantenimiento de las plantaciones forestales
  - Creación de bancos de germoplasma para la conservación de especies vegetales que tiendan a desaparecer.
  - Impulsar estudios para el manejo y aprovechamiento especies vegetales con potencial económico distribuidas en zonas áridas.
  - Impulsar estudios científicos para mejorar genéticamente las especies maderables resistentes a variaciones climáticas.
- *Asentamientos humanos:*
  - Establecer una política de disminución o reorientación de flujos migratorios.
  - Diseñar una estrategia para redistribuir la población a zonas menos vulnerables.
  - Controlar los asentamientos humanos en zonas no aptas para la urbanización.
  - Construcción de obras de drenaje y sistemas de bombeo en zonas identificadas con alto riesgo de inundación.
  - Ahorro de energía eléctrica en oficinas de gobierno mediante la instalación de lámparas fluorescentes (ahorradoras).
  - Aislamiento térmico en casas y oficinas actuales y rediseño arquitectónico con nuevos materiales en nuevas construcciones.
- *Salud humana*
  - Vigilancia de las enfermedades infecciosas.
  - Reforzar programas de saneamiento y protección civil.
  - Estrictos controles de calidad de agua potable.
  - Introducción de tecnologías de protección tales como mejoras en la vivienda, el aire acondicionado, la depuración del agua y la vacunación.



# **Bibliografía**



- Aguilar, A. G. (2004). *Los asentamientos humanos y el cambio climático*. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático – una visión desde México*. INE-SEMARNAT. México, DF. pp. 267-278.
- CAEM [Comisión del Agua del Estado de México] (2002, 4 de marzo). *Resumen del balance hidrológico del Estado de México y sistemas de abastecimiento por cuenca*. Dirección General del Programa Hidráulico, oficio 206B22000/I86/02; Naucalpan de Juárez, Edo. México.
- CAEM (2005). *Situación actual y retos para el abastecimiento de agua potable y saneamiento del Valle de México*. Foro Nacional de Zonas Metropolitanas. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- CAEM (s. f.) *Programa hidráulico integral del Estado de México*. Autor. México.
- CFE [Comisión Federal de Electricidad] (2006). *Listado de centrales generadoras*. En: <[www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad/lisctralesgeneradoras/](http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad/lisctralesgeneradoras/)>
- CICC [Comisión Intersecretarial de Cambio Climático] (2006). *Hacia una estrategia nacional de acción climática*. SEMARNAT. México, DF.
- CICC (2007). *Estrategia nacional de cambio climático – síntesis ejecutiva*. SEMARNAT. México, DF.
- CNA [Comisión Nacional del Agua] (2004). *Plantas municipales de tratamiento de aguas residuales en operación por estado*. Autor. México.
- CNA (2005). *Síntesis de la estadística del agua en México, 2005*. Autor. México.
- CONAE [Comisión Nacional de Ahorro de Energía] (2008). *Tecnologías y combustibles alternos*. En: CONAE <[www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Transporte](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Transporte)> (15 de abril de 2008).
- CONAPO [Consejo Nacional de Población] (2000). *Proyecciones de la población total por entidad federativa, Estado de México, Localidades según tamaño 2000-2030* [Hoja electrónica].
- Conde, C.; Ferrer, R. M.; Gay, C. y Arroyo, R. (2004). *Impactos del cambio climático en la agricultura en México*. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático – una visión desde México*. INE-SEMARNAT. México, DF. pp. 227-238.
- DGPCCA [Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica] (2004). *Base de datos de vehículos del programa de verificación vehicular, 1.º y 2.º semestre del 2004* [Hoja electrónica].
- DGPCCA (2005) *Diagnóstico ambiental de Estado de México por regiones hidrográficas 2005*. Secretaría del Medio Ambiente. Informe técnico DDA/05. Estado de México, México.
- DGPCCA (2007a) *Diagnóstico ambiental de Estado de México por regiones hidrográficas 2007*. Secretaría del Medio Ambiente. Informe técnico DDA/07. Estado de México, México.
- DGPCCA (2007b) *Situación de la flora y fauna del Estado de México respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2001*. Secretaría del Medio Ambiente. Informe técnico DDA/07. Estado de México, México.
- DGPCCA (2008a) *Estimación de la reducción de emisiones contaminantes en el Valle de México por los proyectos de tres sistemas de ferrocarril suburbano*. Secretaría del Medio Ambiente. Informe técnico DDA/08. Estado de México, México.
- DGPCCA (2008b) *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero estatal 2004*. Secretaría del Medio Ambiente. Informe técnico DDA/08. Estado de México, México.

- GEM [Gobierno del Estado de México] (2007). *Segundo Informe de Gobierno*. Lic. Enrique Peña Nieto. Anexo Estadístico, Tomo I. México.
- González, M.; Jurado, E.; González, S.; Aguirre, O.; Jiménez, J.; Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL*, 6(3), 377-385.
- INE [Instituto Nacional de Ecología] (2000). *Estrategia nacional de acción climática*. SEMARNAP. México, DF.
- INE (2006a). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. SEMARNAT. México. DF.
- INE (2006b). *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2002*. SEMARNAT México, DF.
- INE (2006c). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero 1990-2002 – resumen ejecutivo*. SEMARNAT. México, DF.
- INE (s. f.). El cambio climático en México, información por estado y sector. En: INE <[www.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_mexico.html](http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html)> (22 de abril de 2008).
- INE y UNAM [Universidad Nacional Autónoma de México] (1999). *El cambio climático en México*. Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM. México, DF.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2005). *Anuario estadístico de México, 2005*. Autor. México.
- INEGI (2004a). *Anuario estadístico de México, 2006*. Autor. México.
- INEGI (2004b). *Industria manufacturera, censos económicos 2004*. Autor. México.
- INEGI (2004c). *Encuesta industrial mensual, volumen y valor de ventas de los productos elaborados según subsector, rama y clase de actividad, 2004*. Autor. México.
- INEGI (2005). *II conteo de población y vivienda 2005*. Autor. México.
- INEGI (2006). *El sector energético en México*. Serie de estadísticas sectoriales. Autor. México.
- INEGI (2008a). *Anuario estadístico de la industria siderúrgica mexicana, 2001–2006*. Autor. México.
- INEGI (2008b). *La industria siderúrgica en México, edición 2007- estructura productiva*. Autor. México.
- INEGI (2008c). *Volumen de la producción minero metalúrgica por entidad federativa, según productos seleccionados*. Autor. México.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change](1997a). *1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Houghton, J.T et al. (Ed).
- IPCC (1997b). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reporting Instructions (Volume 1), Workbook (Volume 2), Referente Manual (Volume 3)*.
- IPCC (2000). *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Penman, J. et al. (Ed).
- IPCC (2005). *Resumen para responsables de políticas y resumen técnico: La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial: Cuestiones relativas a los HCFC's y los PCFC's*.

- IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, General Guidance and Reporting (Volume 1), Energy (Volume 2), Industrial Processes and Product Use (Volume 3), Agriculture, Forestry and Other Land Use (Volume 4), Waste (Volume 5)* prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., et al. (Ed.).
- IPCC (2007a). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change, 2007 – The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2007b). *Technical Summary*. In: *Climate Change, 2007 – The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ISEM [Instituto de Salud del Estado de México] (2006). Enfermedades transmitidas por vector SIS 2006. En: ISEM <<http://salud.edomex.gob.mx/html/article.php?sid=99>> (24 de abril de 2008)
- ISEM (s. f.). Temporada de calor. En: Gobierno del Estado de México, Secretaría de Salud, ISEM <<http://salud.edomex.gob.mx/html/article.php?sid=99>> (24 de abril de 2008)
- Lema I. I. (2002). El cambio climático y la salud humana. *Gaceta Ecológica*, (65), 43-52. (INE-Semarnat).
- Magaña, V. y Gay, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, (65), 7-23. (INE-SEMARNAT).
- Mendoza, V.; Villanueva, E. E. y Maderey, L. E. (2004) (2004). *Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático global*. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático – una visión desde México*. INE-SEMARNAT. México, DF. pp. 215-226
- NCEH [National Center for Environmental Health] (2004). Calor extremo, guía de prevención, preguntas frecuentes sobre el calor extremo. En: Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades <[www.bt.cdc.gov/disasters/extremeheat/es/faq.asp](http://www.bt.cdc.gov/disasters/extremeheat/es/faq.asp)> (24 de abril de 2008).
- NG [Natural Gas] (2004). Pollution from the transportation sector – natural gas vehicles. En: NaturalGas.Org <[www.naturalgas.org/environment/naturalgas.asp](http://www.naturalgas.org/environment/naturalgas.asp)> (15 de abril de 2008)
- NIA [National Institute of Aging] (2003). Hipertermia: muy caliente para su salud. En: Centro de Información del Instituto Nacional Sobre el Envejecimiento, EE. UU. <[www.niapublications.org/agepages/hyperther-sp.asp](http://www.niapublications.org/agepages/hyperther-sp.asp)> (24 de abril de 2008)
- Osnaya, P. (Comp.) (2003). *Avances de México en materia de cambio climático 2001-2002*. INE-Semarnat. México, DF.
- PNUMA [Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente] (2007). Salud humana – cambio climático. En: Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación <[www.imacmexico.org/ev\\_en.php?ID=37027\\_201&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_en.php?ID=37027_201&ID2=DO_TOPIC)> (23 de abril de 2008).
- PROBOSQUE [Protectora de Bosques] (2006). *Programa de desarrollo forestal sustentable del Estado de México 2005-2025*. SEDAGRO. México.
- RETC (2004). *Registro de emisiones y transferencia de contaminantes*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte.

- Sánchez-Salazar, M. T. (2004). *Evaluación de la vulnerabilidad en zonas industriales*. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático – una visión desde México*. INE-Semarnat. México, DF. pp. 291-302
- SEDAGRO [Secretaría de Desarrollo Agropecuario] (2006, 3 de mayo de 2006). Convocatoria 2006 y reglas de operación del programa de reforestación y restauración de microcuencas. *Gaceta del Gobierno*, (83), 1-6. (GEM).
- SEDAGRO (2007a, 16 de febrero). Convocatoria 2007 y reglas de operación del programa de reforestación y restauración de microcuencas. *Gaceta del Gobierno*, (33), 1-8. (GEM).
- SEDAGRO (2007b, 3 de diciembre). Convocatoria 2007 y reglas de operación del programa pago por servicios ambientales hidrológicos. *Gaceta del Gobierno* (109). (GEM).
- SEDAGRO (2008, 4 de abril). Reglas de operación del programa reforestación y restauración integral de microcuencas. *Gaceta del Gobierno*, (64), 1-10. (GEM).
- SEIA [Sistema Estatal de Información del Agua] (2004). *Prontuario de información hidráulica del Estado de México*. Comisión del Agua del Estado de México. México.
- SEGEM [Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México] (2002). *Biodiversidad en el Estado de México [CD ROM]*.
- SEGEM y GTZ [Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ] (1999). *Análisis del mercado de los residuos sólidos municipales reciclables y evaluación de su potencial de desarrollo*. Autor. México.
- SEGEM, GTZ (2000). *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*. Autor. México.
- SEGEM, GTZ (2000) *Manual para la supervisión y control de rellenos sanitarios*. Autor. México.
- SMAGEM [Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México] (2008, septiembre) *Prontuario de la Secretaría del Medio Ambiente*. Autor. México
- SEMARNAP [Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca] (1997) *Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Autor. México.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales] (2008). *Mecanismo para un Desarrollo Limpio*. En: SEMARNAT <[www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA\\_AMBIENTAL/CAMBIOClimatico/Pages/mdl.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/CAMBIOClimatico/Pages/mdl.aspx)> (14 de abril de 2008).
- SENER [Secretaría de Energía] (2004). *Prospectiva del mercado del gas licuado de petróleo 2004 – 2013*. Dirección General de Planeación Energética. México.
- SENER (2004). *Prospectiva del mercado del gas natural 2004 – 2013*. Dirección General de Planeación Energética. México.
- SENER (2004). *Prospectiva de petrolíferos 2004 – 2013*. Dirección General de Planeación Energética. México.
- SENER (2004). *Prospectiva del sector eléctrico 2004 – 2013*. Dirección General de Planeación Energética. México.

- SENER (2005). *Balance nacional de energía, 2004*. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. México.
- SS [Secretaría de Salud] (2006). Situación de salud en México, indicadores básicos 2000-2004 – Tabulados de Morbilidad [hoja electrónica]. En: Sistema Nacional de Información en Salud <<http://sinais.salud.gob.mx/indicadores/basicos/>> (Obtenida el 24 de abril de 2008).
- Staines, F. (2007). Cambio climático: interpretando el pasado para entender el presente. *Ciencia Ergo Sum*, (14-3), 345-351.
- STGEM [Secretaría de Transporte del Gobierno del Estado de México] (2007, 22 de noviembre). Programa especial de transporte masivo del Estado de México. *Gaceta del Gobierno*, (102), 1-20. (GEM).
- STGEM, SMAGEM (2008, 31 de enero). Acuerdo por el que se establecen los requisitos que deberán cumplir los particulares, concesionarios y permisionarios del servicio público de transporte de pasajeros del Estado de México que participen en el proyecto de conversión da gasolina a gas natural comprimido o gas licuado de petróleo, para acceder a los subsidios previstos en el Artículo 14 de la Ley de Ingresos del Estado de México para el ejercicio fiscal del año 2008. *Gaceta del Gobierno*, (22), 1-4. (GEM).
- Urbina, J. y Martínez, J. (Comp.) (2006). *Más allá del cambio climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. INE-SEMARNAT. México, DF.
- Viller, L. y Trejo, I. (2004). *Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales*. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Comp.) *Cambio climático – una visión desde México*. INE-SEMARNAT. México, DF. pp. 239-254.

Otros sitios consultados en Internet:

- CANACEM [Cámara Nacional del Cemento] <[www.canacem.org.mx/canacem.htm](http://www.canacem.org.mx/canacem.htm)>
- CANACERO [Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero] <[www.canacero.org.mx](http://www.canacero.org.mx)>
- EPA [Environmental Protection Agency, USA] <[www.epa.gov/climatechange](http://www.epa.gov/climatechange)>
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>
- LFC [Luz y Fuerza del Centro] <[www.lfc.gob.mx](http://www.lfc.gob.mx)>
- PEMEX-Gas [Petróleos Mexicanos-Gas] <[www.gas.pemex.com/portaublico](http://www.gas.pemex.com/portaublico)>
- PEMEX-Refinación [Petróleos Mexicanos-Refinación] <[www.ref.pemex.com/index.cfm](http://www.ref.pemex.com/index.cfm)>
- SEDESOL [Secretaría de Desarrollo Social] <[www.sedesol.gob.mx](http://www.sedesol.gob.mx)>
- SAGARPA [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca] <[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)>
- SMAGDF [Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal] <[www.sma.df.gob.mx/cclimatico/principal.php](http://www.sma.df.gob.mx/cclimatico/principal.php)>



## **Créditos técnicos**

**Lic. Francisco Pablo Escamilla Báez**

Encargado del Departamento de Diagnóstico

## **Elaboración e integración:**

**Ing. Bibiana Valdez Avedaño**

Inventario de Emisiones

**Lic. Gabriel Zavaleta Mondragón**

Diagnóstico Ambiental

Para más información acudir a:

Secretaría del Medio Ambiente  
Dirección General de Prevención y  
Control de la Contaminación Atmosférica  
Departamento de Diagnóstico  
Vía Gustavo Baz Prada N.º 2160, piso 2  
Col. Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz  
Estado de México, C. P. 54060  
Tel. 53 66 82 64 y 53 66 82 70



**GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO**