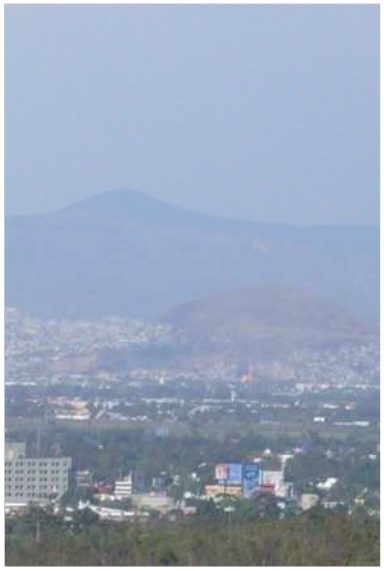
Compromiso
Gobierno que cumple

Informe sobre la Situación del Recurso Aire en el Estado de México



SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE PREVENCIÓN Y
CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

Directorio

Lic. Enrique Peña Nieto
Gobernador Constitucional del
Estado de México

Lic. Gustavo Cárdenas Monroy
Secretario del Medio Ambiente

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

Informe sobre la Situación del Recurso Aire en el Estado de México
Informe técnico DDA/03/09

Gobierno del Estado de México
Secretaría del Medio Ambiente
Vía Gustavo Baz Prada, no. 2160, piso 2
Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz
Estado de México, C. P. 54060

Elaboración: diciembre de 2009

Hecho en México

www.edomexico.gob.mx

Informe sobre la Situación del Recurso Aire en el Estado de México

Contenido

Introducción 5

1. Descripción Física del Estado de México 9

1.1. Localización *9*

1.2. Clima *10*

1.3. Cuencas Atmosféricas *11*

2. Agentes de Presión del Recurso Aire: Actividades Humanas 15

2.1. Población *15*

2.2. Actividad Económica *16*

2.3. Sector Transporte *18*

2.4. Sector Indutria, Comercios y Servicios *20*

2.5. Consumo Energético *22*
2.5.1. Consumo de Energía Eléctrica 22
2.5.2. Consumo de Combustibles Fósiles 24

3. Indicadores de Presión: Inventarios de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 25

3.1. Inventarios de Emisiones del Valle Cuautitlán-Texcoco *25*

3.2. Inventarios de Emisiones del Valle de Toluca *31*

3.3. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero *35*

4. Indicadores de Estado: Calidad del Aire 39

4.1 Monitoreo Atmosférico *39*
4.1.1. Normas de Calidad del Aire 39
4.1.2. Infraestructura para el Monitoreo Atmosférico 42

4.2. Comportamiento de los Contaminantes Criterio *45*
4.2.1. Zona Metropolitana del Valle de Toluca 45
4.2.2. Zona Metropolitana del Valle Cuautilán-Texcoco 52
4.2.3. Monitoreo en otros lugares de la entidad 63

4.3. Contingencias Ambientales Atmosféricas *64*
4.3.1. Precontingencia ambiental 65
4.3.2 Contingencia ambiental 66

5. Respuesta: Gestión para Mejorar la Calidad del Aire 69

5.1. Marco jurídico-normativo *69*

5.2. Programas de Gestión de la Calidad del Aire *72*
5.2.1. Programas aplicados en la ZMVM 73
5.2.2. Programas aplicados en la ZMVT 81

Referencias Bibliográficas 87

Siglas y acrónimos 91

Introducción

Se le llama atmósfera a una mezcla de varios gases que rodea cualquier objeto celeste, como la Tierra, cuando éste posee un campo gravitatorio suficiente para impedir que escape. Por sus dimensiones la atmósfera terrestre es en realidad una parte muy pequeña del planeta: está formada por una millonésima parte de la materia de la Tierra, incluso, los océanos tienen unas 700 veces más masa que la atmósfera; sin embargo, de no existir esta capa gaseosa no podría haber vida en nuestro planeta.

La atmósfera terrestre actual se ha desarrollado a lo largo de un proceso de 4 500 millones de años. Se extiende miles de kilómetros hasta mezclarse con el medio interplanetario. La mayor parte de la atmósfera, un 85 % de su masa, está contenida en su capa inferior, de unos 10 a 15 kilómetros de espesor, denominada troposfera, es aquí donde se desarrolla la vida y las actividades humanas. Las capas superiores que comprenden la estratosfera, ionosfera y exosfera protegen a los seres vivos de los rayos ultravioletas del sol, radiación cósmica y de los meteoritos.

Los gases fundamentales que conforman la atmósfera son nitrógeno (78.08 %), oxígeno (20.95 %), argón (0.93 %) y dióxido de carbono (0.03 %). Otros gases de interés presentes son el vapor de agua, el ozono y diferentes compuestos. También hay partículas inorgánicas y orgánicas en suspensión, así como bacterias y virus. Muchas veces estas partículas pueden servir de núcleos de condensación en la formación de nieblas y contaminantes secundarios.

La atmósfera constituye un recurso natural indispensable para la vida y se clasifica como un recurso renovable. Hasta ahora, ha mostrado la capacidad de adaptarse a diferentes cambios, sin embargo, tal capacidad es limitada, pues depende de una intrincada red de procesos físicos, químicos y biológicos, que a su vez requieren de una estabilidad o equilibrio. Por esta razón, es lógico pensar que de resultar alterado dicho equilibrio debido a la contaminación del aire por la actividad humana o por fenómenos naturales, es posible que la atmósfera se dañe o altere de forma irreversible, con consecuencias catastróficas para todos los seres vivos que lo utilizan. Y es que los efectos de las emisiones contaminantes tienen lugar, no solo a escala local, sea en la salud de las personas o en la infraestructura, sino también a escala regional, como es la afectación de los bosques, campos agrícolas y ecosistemas acuáticos debido a las lluvias ácidas o, incluso, a nivel mundial, como el cambio climático y la reducción de la capa de ozono estratosférico.

Por su origen, los contaminantes atmosféricos pueden clasificarse como primarios o secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y bióxido de azufre (SO_2), los cuales generalmente provienen de los procesos de combustión, o bien, de emisiones fugitivas y evaporativas, en su mayoría hidrocarburos (HC). Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera por reacciones fotoquímicas, por hidrólisis o por oxidación, en este caso, el ozono (O_3) troposférico y el nitrato de peroxiacetilo ($C_2H_3O_5N$) tienen como precursores a los NO_X y a los HC; otro ejemplo son ciertas partículas las cuales proceden de la reacción entre los óxidos de azufre y los NO_X. Los contaminantes secundarios están estrechamente relacionados con la formación del esmog fotoquímico, característico de las grandes ciudades del mundo.

Además de estas sustancias, se encuentran una serie de contaminantes menos frecuentes, aun más perjudiciales debido a su alta toxicidad. Entre los más importantes se encuentran los derivados del azufre, halógenos, arsénico; partículas de plomo, mercurio, cobre y zinc, y partículas de sustancias minerales como el amianto y los asbestos.

Los contaminantes del aire pueden afectar las condiciones atmosféricas reduciendo la visibilidad y provocando la formación de niebla y de lluvia ácida. Además, las plantas pueden ser dañadas por los agentes contaminantes, especialmente el SO_2, el cual blanquea las hojas y afecta las cosechas; el aire contaminado corroe los metales, las telas se debilitan y se destiñen, el cuero se hace más débil, la pintura se decolora, las piezas de mármol y otras piedras se ennegrecen y se hacen más frágiles.

Respecto a la salud humana, hay suficiente evidencia epidemiológica que asocia a la contaminación atmosférica con enfermedades tanto de tipo respiratorio (bronquitis, enfisema pulmonar y asma) como cardiacas; además de causar dolor de cabeza, irritación en ojos y nariz, e incrementar la susceptibilidad a las enfermedades de las vías respiratorias.

La contaminación del aire, a diferencia de otros problemas ambientales, puede percibirse con facilidad, especialmente en los grandes centros urbanos. Sin embargo, más allá de la percepción de que el aire se vea sucio, es necesario evaluar su calidad, midiendo los niveles en los que se presentan espacial y temporalmente los contaminantes de los cuales se conocen efectos para la salud. Al comparar estas mediciones con las normas nacionales e internacionales se puede determinar si la calidad del aire es satisfactoria o no. Y en este último caso, establecer programas de control dependiendo de la severidad del problema.

El análisis de tendencias de la calidad del aire en las principales ciudades mexicanas a lo largo de los años, permite inferir si existe un problema de deterioro creciente o una mejoría paulatina para cada uno de los contaminantes de interés. Estas tendencias constituyen, sin duda, el mejor indicador disponible para evaluar si una ciudad se dirige o se aleja de lo que puede considerarse como sustentable en materia de calidad del aire. En este sentido, el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007) señala que las ciudades más contaminadas del país, tanto por la frecuencia con la cual se rebasan las normas de calidad del aire como por su nivel de contaminación, son la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM), respecto a O_3; la zona metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), sobre partículas menores de 10 micras (PM_{10}); la zona metropolitana de Guadalajara, relativo a bióxido de nitrógeno (NO_2); la ciudad de Salamanca, Guanajuato, referente a SO_2; y Mexicali, en cuanto a CO.

Por otra parte, tomando como base el Inventario Nacional de Emisiones de México 1999 (INE, 2006), se estima que en el país se emiten anualmente más de 16 millones de toneladas de contaminantes, de las cuales el Estado de México contribuye con 9.5 %; Veracruz, con 8.9 %; el Distrito Federal, con 6.6 %; y Jalisco, con 6.5 %. Al mismo tiempo, la entidad mexiquense ocupa el primer lugar, a nivel nacional, en cuanto a emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y CO, y el segundo lugar en emisiones de NO_X.

Como puede observarse, el Estado de México y sus dos zonas metropolitanas: Valle de Toluca y Valle Cuautitlán-Texcoco (ZMVCT) – esta última integrante de la ZMVM –, contribuye de manera significativa al problema de la contaminación atmosférica. Por ello, desde 1980 a la fecha, el Gobierno del Estado ha participado en la instrumentación de diversos programas metropolitanos para mejorar

la calidad del aire (*Proaires*) y con ello, proteger la salud de la población. Algunas acciones emprendidas recientemente consisten en la puesta en marcha del tren suburbano, la construcción de pasos a desnivel, la actualización de los programas Verificación Vehicular y Hoy No Circula, y la extensión de este último al sábado; además, las distintas acciones como la mejora de los combustibles, normatividad más estricta, la rehabilitación ecológica del ex Lago de Texcoco, el control y combate de incendios forestales, la recuperación de suelos erosionados y los programas de reforestación, entre otras, han permitido revertir la tendencia ascendente de los niveles de contaminación en la ZMVM, y a su vez, reducir los niveles de activación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas. Sin embargo, aún alrededor de 60 % de los días del año se rebasa alguna de las normas de calidad del aire ambiente.

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM), por conducto de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA), se ha propuesto actualizar el Diagnóstico Ambiental del Sector Aire en el Estado de México elaborado en el año 2000, complementando de esta forma el Diagnóstico Ambiental del Estado de México. Todo esto en el marco de las atribuciones otorgadas por el artículo 4.°, fracción XXX, del Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México, y por el artículo 9.°, fracción IX, del Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente.

El *Informe sobre la Situación del Recurso Aire en el Estado de México* tiene como objetivo general el elaborar una sinopsis de la calidad del aire del Estado de México a partir de la construcción de indicadores ambientales, para conocer el estado actual de este recurso, sus cambios o tendencias y las acciones efectuadas para su mejoramiento. De manera específica se busca:

- Describir las características naturales del Estado de México, así como los agentes de presión del recurso aire, entre estos, las actividades humanas dentro de la entidad.
- Recopilar y organizar la información referente a inventarios de emisiones y monitoreo de la calidad del aire.
- Sintetizar las principales acciones gubernamentales para mejorar la calidad del aire efectuadas durante el periodo 1990-2008 en las dos zonas metropolitanas del Estado de México.

Entre los alcances del Informe se encuentra la actualización y ampliación de detalle del Diagnóstico Ambiental del Estado de México respecto al sector aire; y brindar a otras dependencias del ejecutivo estatal, a los gobiernos municipales y a la población en general, información accesible, confiable y oportuna sobre este recursos natural de la entidad.

El presente documento consta de cinco capítulos. En los dos primeros se hace una descripción general de la entidad mexiquense en cuanto a su localización, tipos de clima y cuencas atmosféricas, así como de los agentes que alteran al recurso aire, entre estos: crecimiento poblacional, actividades económicas, fuentes fijas y móviles y consumo energético. A partir del tercer capítulo se incluyen los indicadores de presión (inventarios de emisiones) tanto para la ZMVCT como para la ZMVT. El cuarto capítulo contiene los indicadores de estado de la calidad del aire a partir de los datos del monitoreo atmosférico. Finalmente, el quinto capítulo sintetiza las acciones gubernamentales más importante emprendidas para abatir los niveles de contaminación en el marco de los Proaires.

1. Descripción Física del Estado de México

1.1. Localización

El Estado de México se localiza en la parte central de la República Mexicana, entre los 98° 35´ 30" y 100° 37´ 00" de longitud oeste y los 18° 21' 15" y 20° 17´ 00" de latitud norte. Colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo, al sur con el Distrito Federal (DF) y los estados de Guerrero y Morelos, al oriente con los estados de Tlaxcala y Puebla y al poniente con los estados de Michoacán de Ocampo y Guerrero (figura 1.1).

La extensión territorial de la entidad es de 22 499.95 km^2, lo cual representa 1.1 % del territorio nacional, ocupando el lugar 25 en cuanto a tamaño, en comparación con las demás entidades federativas del país. La división político administrativa corresponde a 125 municipios. Se ubica en una de las zonas más elevadas del país, por lo que la altitud de las cabeceras municipales fluctúa de 1 330 a 2 800 metros sobre el nivel medio del mar (msnm).

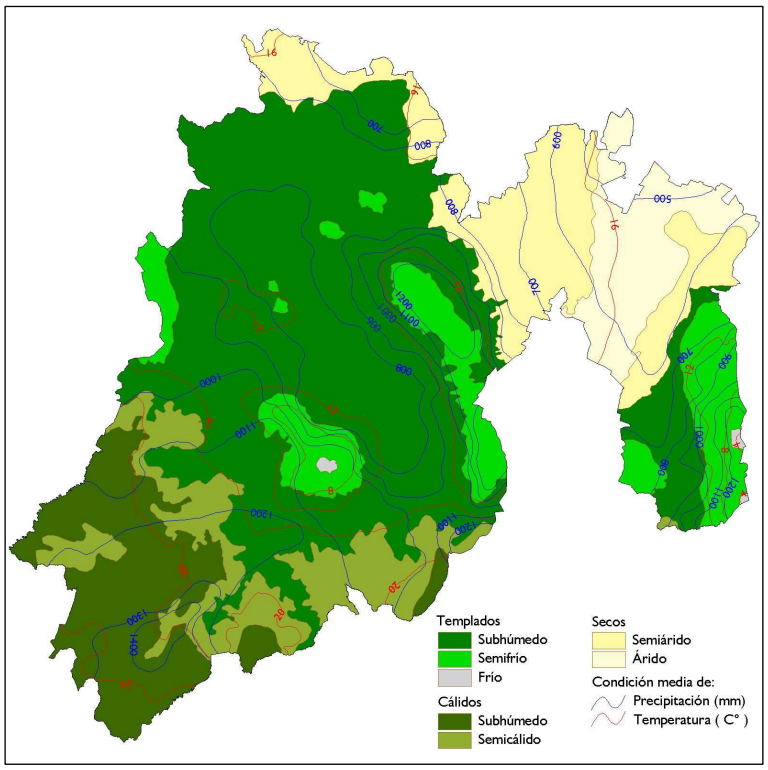
Figura 1.1. Plano de localización del Estado de México

El relieve de la entidad se caracteriza por presentar dos grandes regiones: una donde predominan las sierras y lomeríos, la cual ocupa 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.

1.2. Clima

En la entidad existe una variedad de climas los cuales se distribuyen conforme a la orografía del territorio: los templados en los valles elevados, los semifríos y fríos en las montañas, los semisecos en las zonas del nororiente y los semicálidos y cálidos en las regiones del sur y sur-poniente. Según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, en la figura 1.2 se muestran los tipos de clima presentes en la entidad, así como su distribución espacial.

Figura 1.2. Distribución de climas en el Estado de México



Fuente: DGPCCA con información de GEM (1993)

Distribución porcentual de los climas del Estado de México **Cuadro 1.1**

Tipo	Símbolo	(%)
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Aw	10.34
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	ACw	10.43
Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w)	61.75
Semifrío húmedo con lluvias en verano	C(E)(m)	0.66
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C(E)(w)	10.92
Seco semiárido	BS1kw	5.74
Frío	E(T)	0.16

Fuente: INEGI y GEM (2008)

- *Temperatura*

Las temperaturas medias anuales rondan los 28 °C para las áreas bajas del suroeste y los 8 °C en las principales montañas. Durante la primavera la temperatura aumenta considerablemente en casi todo el territorio de la entidad. Los valores más elevados se registran en mayo, principalmente en las regiones localizadas al suroeste, en donde se alcanzan temperaturas de 36 °C a 40 °C. En montañas como la Sierra de las Cruces, la Sierra Nevada y el Nevado de Toluca, las temperaturas fluctúan entre 6 °C y 16 °C, mientras que en los valles de México y Toluca oscilan entre 24 °C y 30 °C.

- *Precipitación pluvial*

La temporada de lluvias en la entidad inicia alrededor de la segunda quincena de mayo y finaliza por la primera quincena de octubre. 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 de 800 mm a 900 mm anualmente. La región más seca es el noreste, donde las lluvias son del orden de 600 mm a 700 mm anuales.

- *Patrones de viento*

En cuanto a la predominancia de los vientos sobre el territorio estatal, según rige la circulación general de la atmósfera, por encima de los mil metros de altitud, donde no se ven influenciadas por la superficie terrestre, el comportamiento de las corrientes de viento durante el verano mantiene una dirección del este, mientras que para la época de invierno, el territorio se ve afectado por masas de aire frío del norte, ocasionando un cambio de curso de los vientos predominantes para convertirse del noreste y norte.

- *Inversiones térmicas*

La presencia de inversiones térmicas es uno de los elementos que contribuyen en mayor medida a la acumulación de contaminantes en el aire; estas inversiones ocurren principalmente en la época de invierno. Además, en esa temporada frecuentemente coinciden otros fenómenos meteorológicos, tales como los sistemas de alta presión que limitan aún más la dispersión de los contaminantes. Estos sistemas se encuentran relacionados con la presencia de aire polar sobre el territorio nacional, que provoca una gran estabilidad atmosférica, fuertes inversiones térmicas y una baja velocidad de desplazamiento de las masas de aire.

1.3. Cuencas Atmosféricas

Se considera como *cuenca atmosférica*, un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales con características meteorológicas y climáticas afines, donde la calidad del aire a nivel estacional está influenciada por las fuentes de emisión antropogénicas y naturales en el interior de ésta, y en ciertos casos, por el transporte de contaminantes provenientes de otras cuencas atmosféricas.

Dentro de los primeros mil metros de altitud, los vientos están mucho más influenciados por las características de la superficie terrestre. El viento es frenado por su rugosidad y por los obstáculos tales como zonas forestales o asentamientos humanos, mientras que las direcciones de estos vientos son ligeramente diferentes a los superiores debido a factores locales tales como el relieve y el grado de respuesta de la superficie en cuanto a radiación solar, temperatura y presión atmosférica, entre otros. Estas circunstancias llevan a definir unidades del espacio geográfico que, por sus rasgos naturales, hacen diferente a otras zonas colindantes, conformado de esta forma una cuenca atmosférica.

El relieve de la entidad mexiquense favorece la existencia de diferentes cuencas atmosféricas. Los vientos locales muestran desviaciones importantes de acuerdo con el modelado orográfico existente, pero siempre con la tendencia de la circulación general de la atmósfera. Los movimientos de advección del aire, esto es, desplazamientos verticales de parcelas de aire, se manifiestan según las propiedades de los suelos (cobertura forestal, áreas desprovistas de vegetación, cuerpos de agua, zonas urbanas, entre otros), por ello es imprescindible considerar dentro de la identificación de cuencas atmosféricas, las diferentes comunidades vegetales existentes en la zona.

Para el territorio del Estado de México se definen 16 cuencas atmosféricas, las cuales comprenden una cobertura desde 329 km^2 hasta 3 866 km^2 (cuadro 1.2).

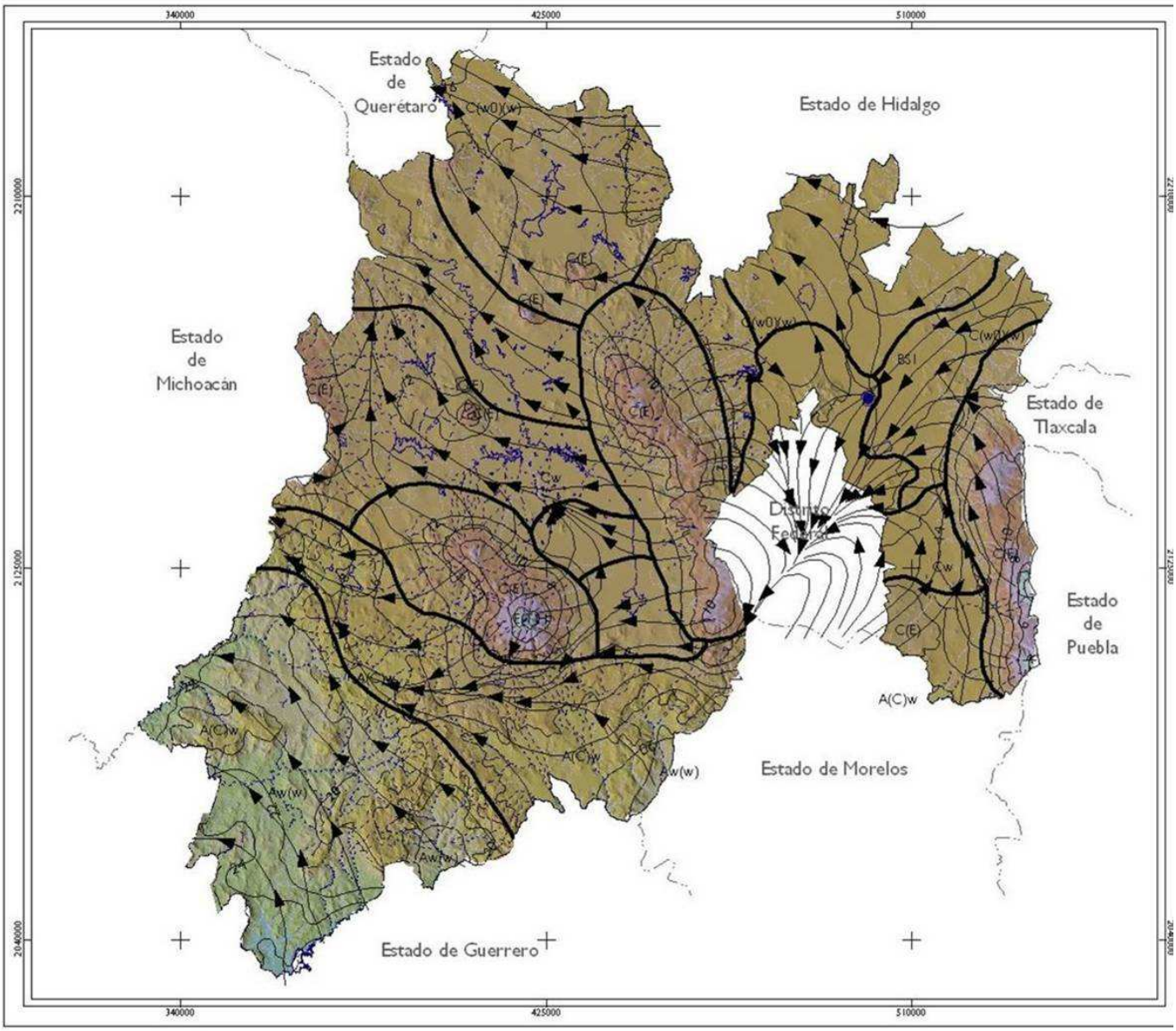
Cuencas atmosféricas del Estado de México **Cuadro 1.2**

n.º	Nombre	Área de la cuenca (km^2)
1	Del Alto Lerma	425.7
2	Del Medio y Bajo Lerma	2 195.9
3	Del Suroeste	3 866.0
4	Del valle Atlacomulco	2 286.1
5	Del valle Cuautitlán	539.0
6	Del valle de Ixtlahuaca	1 473.9
7	Del valle Texcoco	965.5
8	Del valle Zumpango	1 449.9
9	Metropolitana valle de Toluca	328.6
10	Metropolitana valle de México	773.7
11	Monte Alto - Cruces	1 855.0
12	Ocuilan - Valle de Bravo	3 004.9
13	Oriental del Balsas	492.8
14	Popo- Iztaccihuatl	1 064.3
15	Valle del Iztaccihuatl	371.6
16	Xinantécatl	1 406.7
	Total	**22 499.6**

Fuente: DGPCCA (2007a)

La distribución espacial de cada una de ellas se ilustra en la figura 1.3

Figura 1.3. Cuencas atmosféricas del Estado de México



Fuente: DGPCCA (2007a)

2. Agentes de Presión del Recurso Aire: Actividades Humanas

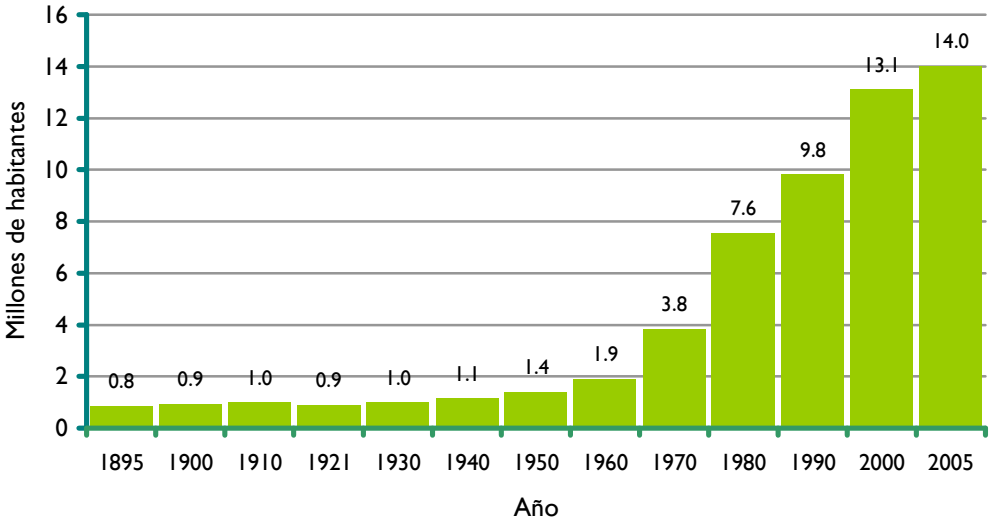
2.1. Población

La satisfacción de las necesidades materiales de la población supone una transformación de la base de los recursos naturales y también, con frecuencia, una alteración del entorno ambiental. Un punto de vista esencial para conocer el estado del ambiente es a través del análisis del crecimiento y distribución de la población.

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

Por otro lado, el hecho de contar con más de 14 millones de habitantes y sólo poseer 1.1 % del territorio nacional hace del Estado de México el más poblado del país y el segundo con la mayor densidad poblacional después del DF, con 623 habitantes por kilómetro cuadrado.

Gráfica 2.1. Crecimiento de la población en el Estado de México, 1895-2005



Fuente: DGPCCA con datos del GEM (1993, 2003), e INEGI (2001, 2006a)

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 (sismo de 1985). Por el contrario, una de las políticas públicas de mayor éxito en el contexto nacional para el control poblacional ha sido la planificación familiar. En el Estado de México tal estrategia reflejó una reducción significativa en la TCPA a partir de 1990, de tal forma que para ese año la tasa fue de 2.64 % y para 2005 de 1.35 %.

Tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de la entidad para distintos periodos	Cuadro 2.1.
Periodo	**TCPA (%)**
1895-1900	2.11
1900-1910	0.57
1910-1921	-1.01
1921-1930	1.26
1930-1940	1.47
1940-1950	1.97
1950-1960	3.14
1960-1970	7.28
1970-1980	7.03
1980-1990	2.64
1990-1995	3.59
1995-2000	2.27
2000-2005	1.35

Fuente: DGPCCA con información del GEM (1993, 2003) e INEGI (2001, 2006a)

2.2. Actividad Económica

El Estado de México tiene una economía altamente diversificada, razón por la cual 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 utilizados históricamente en la entidad, y conjuntamente con su capital humano, ha permitido generar un cúmulo de riqueza productiva, por tanto resulta indispensable aprovechar de forma sustentable todos estos recursos.

En la entidad se encuentran establecidas 364 921 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 14 000 km de carreteras, 1 284 km de vías férreas, más de 1 600 oficinas postales, 80 oficinas de telégrafos, 59 estaciones televisoras, 24 radiodifusoras y 3 aeropuertos, uno de ellos de carácter internacional. Para la atención a la salud, existen más de dos mil unidades médicas públicas y privadas. Respecto a educación se tienen 22 976 escuelas desde nivel básico hasta superior. En cuanto a vivienda, la población habita 3 100 599 de éstas.

Lo anterior hace que la economía mexiquense ocupe el segundo lugar nacional, sólo por debajo del DF quién genera poco más de 20 % del producto interno bruto (PIB) del país, en tanto que el PIB estatal representa alrededor de 10 %.

A continuación se expone una síntesis por sector.

- *Agricultura*

El Estado de México destaca como uno de los principales productores de maíz en el país. Las especies hortícolas más importantes que se cultivan son papa, chícharo, haba, tomate, jitomate y zanahoria. Asimismo, entre los productos frutícolas se encuentran: 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 cultivadas destacan: rosa, crisantemo, clavel, gerbera y gladiolo. 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 seis 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. Respecto a la producción de carne de porcino, aves y huevo, ésta se desarrolla generalmente como una actividad de gran escala, mientras que la producción de conejo, pato y otros animales de corral se desarrolla en menor escala.

- *Silvicultura*

La cobertura forestal constituye un valioso recurso natural con funciones económicas y ambientales. De la superficie total de la entidad, alrededor de 33 % tiene vocación forestal. Las principales especies maderables utilizadas 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.

- *Industria manufacturera*

En la entidad existen 35 mil 343 unidades manufactureras las cuales 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 %. Sobre infraestructura, la entidad cuenta con 85 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 de este ramo.

- *Comercios y Servicios*

En el Estado de México hay 210 mil 897 establecimientos comerciales y 113 mil 358 de servicios. Particularmente, el sector comercio tiene una gran cantidad y diversidad de establecimientos que se viene dando por los cambios en los patrones del consumo y de 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.

2.3. Sector Transporte

Los vehículos automotores tienen un papel relevante dentro del sector transporte ya que contribuyen, junto con otras modalidades del sector, a impulsar la construcción, la fabricación de equipo y el consumo de energéticos, además, el transporte carretero interviene en los costos de producción y distribución de bienes y servicios de los diversos sectores económicos. A pesar de su importancia, estos constituyen la principal fuente de emisión contaminante y de consumo energético.

En 1906, ya se tenía cuantificado el parque vehicular en el país a través de un informe presentado por las autoridades del Ayuntamiento del Distrito Federal, en el cual se consignaba la existencia de 400 automóviles (INEGI, 2007), cien años después, en el 2006 se registraron 24.9 millones de vehículos. (INEGI, 2008).

Durante el 2007 el parque vehicular del Estado de México representó 7.1 % del total nacional, por lo que ocupó el tercer lugar a nivel nacional después de Jalisco y el DF. A continuación se tabula y grafica el número de vehículos registrados en circulación dentro de la entidad, de 1994 al 2007.

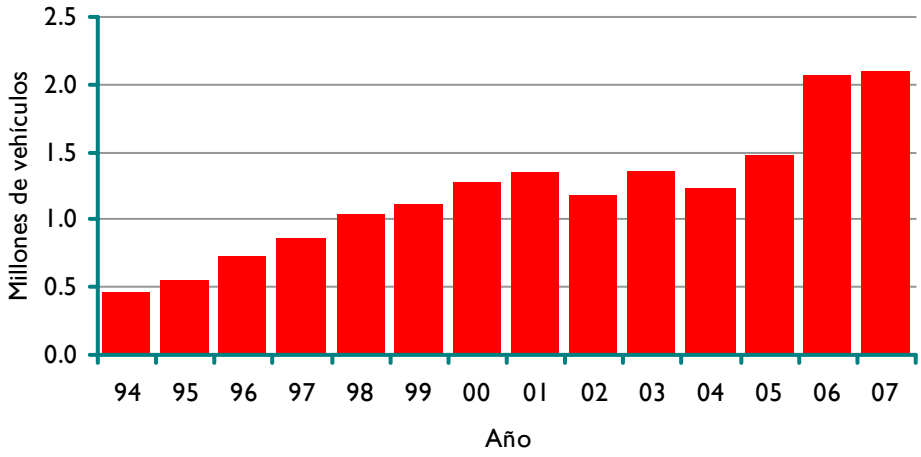
Parque vehicular del Estado de México por tipo de vehículo, 1994-2007 **Cuadro 2.2**

Año	Automóviles	Camiones de pasajeros	Camiones de carga	Motocicletas	Total anual
1994	336 731	2 776	111 926	3 901	455 334
1995	402 548	2 711	134 699	2 775	542 733
1996	528 046	7 192	182 608	4 225	722 071
1997	623 846	9 277	226 603	4 841	864 567
1998	759 376	6 169	265 542	5 532	1 036 619
1999	784 521	9 631	303 968	18 637	1 116 757
2000	933 583	11 080	318 109	6 122	1 268 894
2001	1 028 683	47 696	271 530	4 344	1 352 253
2002 [a/]	935 680	47 632	197 168	4 489	1 184 969
2003	1 080 754	42 334	233 836	6 436	1 363 360
2004	998 407	3 027	223 029	4 836	1 229 299
2005	1 200 966	8 419	254 986	8 837	1 473 208
2006	1 692 338	8 747	356 899	18 640	2 076 624
2007	1 705 074	8 744	363 093	24 173	2 101 084

[a/] La diferencia respecto al año anterior se debe al proceso de depuración de la base de datos de la fuente originado por el Programa de Reemplacamiento durante el año de referencia.
Fuente: INEGI (2009)

De 1994 hasta antes de 1998 el total de parque vehicular de la entidad no sobrepasaba el millón de unidades. A partir de 1998 y hasta 2005 se observa un crecimiento gradual del parque vehicular, hasta llegar a casi un millón y medio de vehículos. A partir del 2006 se experimenta un incremento significativo al pasar de 1.5 vehículos en el 2005 a 2.1 millones en el 2007, es decir, una diferencia de 42.6 % (gráfica 2.2).

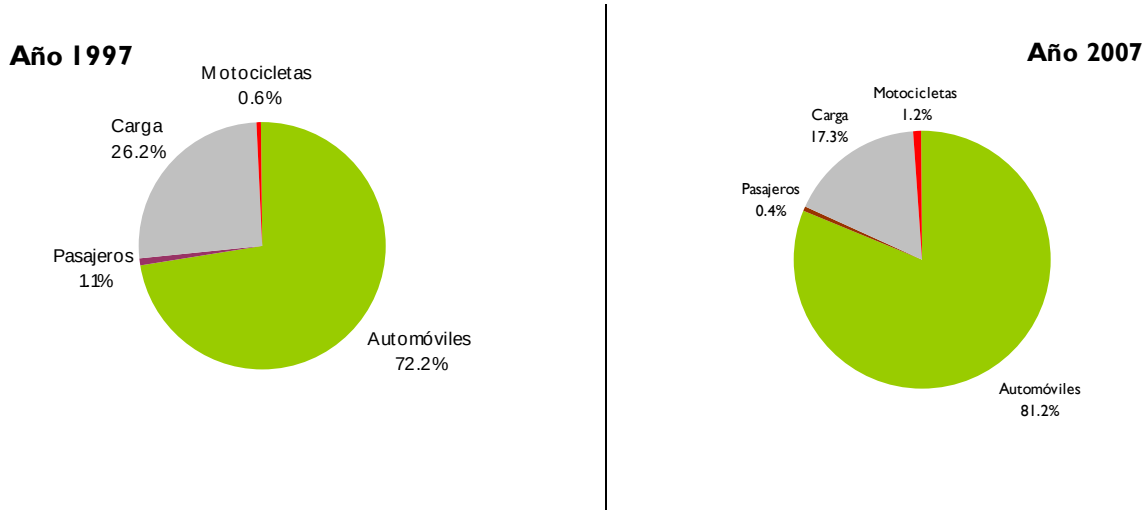
Gráfica 2.2. Total del parque vehicular estatal, 1994-2007



Fuente: Cuadro 2.2

En la gráfica 2.3 se realiza una comparación de la distribución del parque vehicular por tipo de vehículo para los años 1997 y 2007. En ambos años, los automóviles son los que tienen la mayor representación, seguidos por los vehículos de carga. Al paso del tiempo, la proporción de los automóviles pasa de 72 % en 1997, a 81 % en 2007; en tanto que la representación de los vehículos de carga muestra una reducción al pasar de 26 % a 17 %. Por su parte, los vehículos de pasajeros también tienen una disminución, mientras que las motocicletas duplican su participación.

Gráfica 2.3. Participación porcentual del parque vehicular según clase de vehículo Comparación entre los años 1997 y 2007



Fuente: Cuadro 2.2

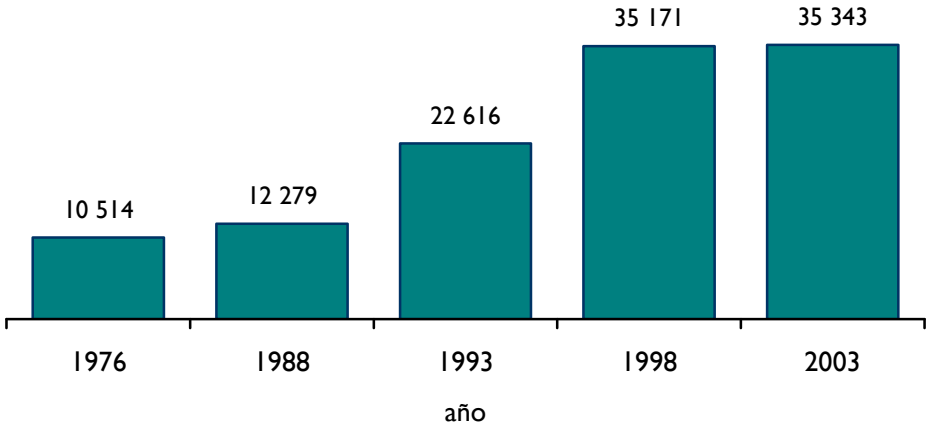
2.4. Sector Industria, Comercios y Servicios

- *Industria manufacturera*

En infraestructura, la entidad cuenta con 85 zonas industriales con distintas categorías: parques, fraccionamientos, conjuntos, corredores y reservas. Los municipios que concentran la mayor parte de la planta industrial son Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Ecatepec de Morelos, Toluca, Nezahualcóyotl, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tultitlán, La Paz y Texcoco. Este conjunto de municipios brinda 67.8 % del empleo y en ellos se asienta 59.1 % de los establecimientos industriales.

La gráfica 2.4 ilustra el número de unidades económicas de acuerdo con los diferentes censos económicos industriales. Como se puede observar, de 1976 a 1998 las unidades manufactureras pasaron de 10 514 a 35 171, esto es, que en poco más de 20 años prácticamente se triplicó el número de unidades. Asimismo, de 1993 a 1998 hubo un incremento significativo a pesar de la crisis económica de 1995. Por el contario, de 1998 a 2003 el crecimiento en cuanto al número de industrias fue poco significativo.

Gráfica 2.4. Unidades manufactureras en la entidad por año censal



Fuentes: DGPCCA (2007b).

De las más de 35 mil unidades manufacturas destacan, por el número de unidades, la industria alimentaria y la fabricación de productos metálicos; respecto al personal ocupado está nuevamente la industria alimentaria, la del plástico y la fabricación de productos metálicos; finalmente respecto a la producción bruta total destaca la industria alimentaria, la fabricación de equipo de transporte y la industria química (cuadro 2.3).

Con relación a la estructura de los sectores por tamaño de empresa, la mayor parte de éstas corresponde a microempresas, sin embargo, el mayor número de empleos es generado por empresas grandes. Entre las industrias que tienen esta característica se encuentra las industrias: automotriz, textiles de fibras blandas, plásticos, equipo eléctrico y otros productos químicos, entre otras.

Características de los distintos subsectores de la industria manufacturera (2003) **Cuadro 2.3**

Subsector	Unidades económicas	Personal Ocupado	Producción bruta total (miles de pesos)
Industria alimentaria	16 063	83 796	69 709 270
Industria de las bebidas y del tabaco	983	9 744	18 842 105
Fabricación de insumos textiles	198	22 488	8 981 558
Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	318	4 883	1 532 771
Fabricación de prendas de vestir	2 153	37 108	9 249 438
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	421	5 826	1 063 335
Industria de la madera	1 443	5 649	1 135 197
Industria del papel	256	20 279	20 722 884
Impresión e industrias conexas	1 439	10 633	3 459 433
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	27	2 189	2 381 378
Industria química	524	38 446	55 365 620
Industria del plástico y del hule	710	39 342	24 778 905
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1 778	21 008	16 400 190
Industrias metálicas básicas	179	7 912	6 882 911
Fabricación de productos metálicos	5 557	38 879	14 691 550
Fabricación de maquinaria y equipo	267	11 292	4 551 978
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	36	5 698	4 382 805
Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	128	15 639	9 307 906
Fabricación de equipo de transporte	282	38 770	60 648 399
Fabricación de muebles y productos relacionados	1 843	19 321	4 995 056
Otras industrias manufactureras	738	14 930	7 021 012
Total	**35 343**	**453 832**	**346 103 701**

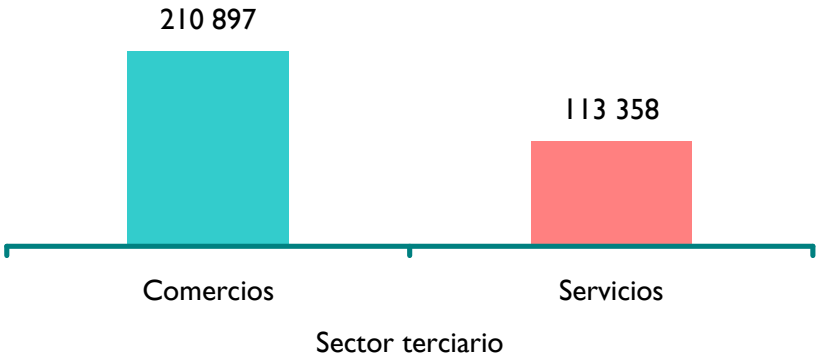
Fuente: INEGI (2005)

A pesar de su importancia económica, cierto tipo de industrias afectan el medioambiente a través de sus descargas de aguas residuales sin tratamiento, de sus emisiones a la atmósfera sin equipos de control, y de sus procesos que generan residuos peligrosos (o de manejo especial) sin un manejo adecuado de almacenaje y disposición. Aunado a lo anterior, también está lo relativo al abastecimiento y consumo de agua y energía, infraestructura para el confinamiento de residuos peligrosos, así como la emisión de gases de efecto invernadero y de sustancias agotadoras de la capa de ozono.

- *Comercios y Servicios*

En el Estado de México existen 324 255 unidades económicas en el sector terciario: comercios y servicios (gráfica 2.5). En las últimas décadas, el comercio al menudeo se ha caracterizado por la bipolaridad. Por un lado, un comercio tradicional con rezagos en la operación, equipamiento y técnicas de comercialización; por el otro, un comercio moderno identificado como de autoservicio o centro comercial, el cual ha tenido auge en las zonas urbanas. Este tipo de establecimientos incorpora importantes avances tecnológicos y servicios competitivos dirigidos al consumidor.

Gráfica 2.5. Número de establecimientos en el sector terciario



Fuente: INEGI (2005)

La importancia del sector terciario radica no sólo en su contribución al desarrollo económico estatal y nacional, sino también en los efectos ambientales derivados de sus procesos intrínsecos, por ejemplo, las emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes de la distribución y venta de gasolinas, de tintorerías y pintado de carrocerías; de gases de combustión generados por hoteles, baños públicos y restaurantes; y de partículas finas o polvos precedentes del comercio de desechos industriales, papel y cartón usados, materiales no ferrosos y carbón mineral, así como de talleres de soldadura, entre otros.

2.5. Consumo Energético

2.5.1. Consumo de Energía Eléctrica

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 GWh, el volumen de venta en la entidad fue de 15 442 GWh, lo que representó 9.1 % del total (cuadro 2.4 y gráfica 2.6).

Volumen de las ventas de energía eléctrica en la entidad por año **Cuadro 2.4**

Año	Volumen (GWh)	(%) 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

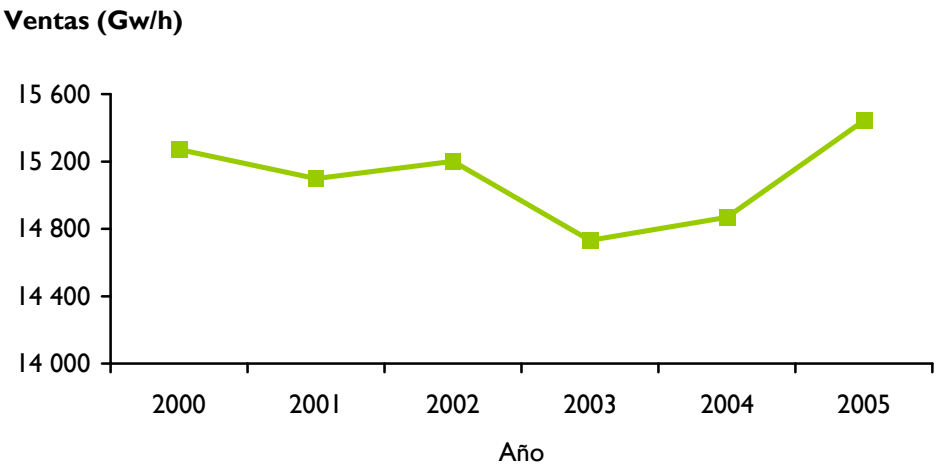
Fuente INEGI (2006b)

Respecto a los usuarios del servicio eléctrico, en el 2000 fueron 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 2.5 y gráfica 2.7).

Usuarios de energía eléctrica en la entidad por año		Cuadro 2.5
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

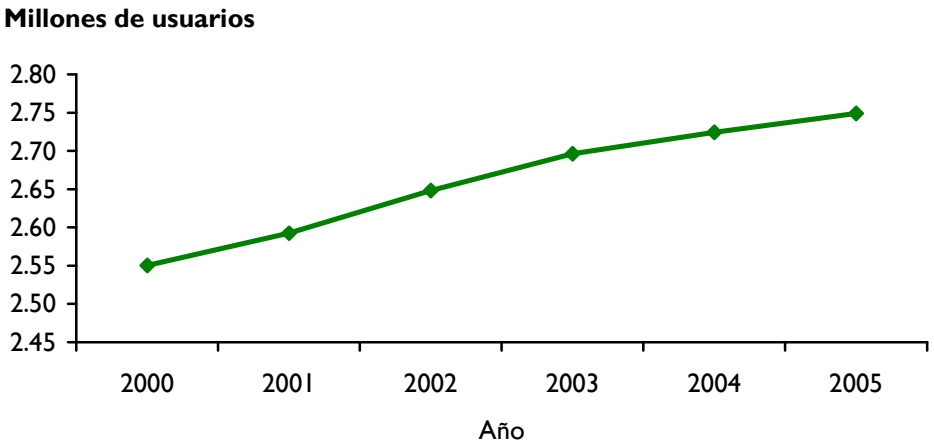
Fuente INEGI (2006b)

Gráfica 2.6. Comportamiento anual de la venta de energía eléctrica en la entidad, 2000-2005



Fuente: Cuadro 2.4

Gráfica 2.7. Comportamiento anual de usuarios de energía eléctrica en la entidad, 2000-2005



Fuente: Cuadro 2.5

2.5.2. Consumo 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.

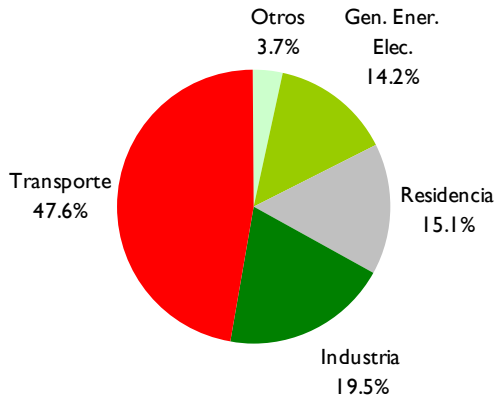
En el cuadro 2.6 se señala el consumo de combustibles fósiles en la entidad mexiquense durante 2004. Se puede apreciar que del total de los 381 petajoule (PJ), el sector que más consumió fue el transporte, con una participación de 47.6 %, seguido del sector industrial con 19.4 % (gráfica 2.8).

Consumo energético estatal por sector (2004) **Cuadro 2.6**

Sector	Petajoule (PJ)	Porcentaje (%)
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
Total	**381.0**	**100.0**

Fuente: DGPCCA (2008a)

Gráfica 2.8. Distribución porcentual del consumo energético por sector (2004)



Fuente: Cuadro 2.6

3. Indicadores de Presión: Inventarios de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera

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

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

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

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

Fuentes naturales: son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no provienen directamente de actividades humanas. En esta categoría sólo se incluyeron las emisiones provenientes de la erosión del suelo ocasionada por el viento y de la vegetación.

3.1. Inventarios de Emisiones del Valle Cuautitlán-Texcoco

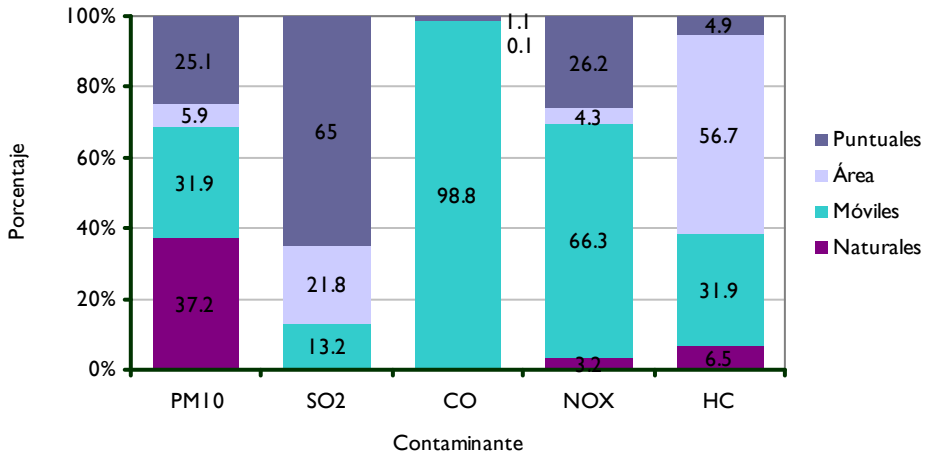
En los cuadros siguientes se muestran los inventarios de emisiones para la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco para distintos años. De dichos inventarios resaltan las fuentes móviles como principales emisoras de monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_X); las fuentes fijas, de bióxido de azufre (SO_2); las fuentes de área, de hidrocarburos (HC); y la vegetación y suelos, de partículas menores de 10 micras (PM_{10}).

Inventario de Emisiones de la ZMVCT (1998) **Cuadro. 3.1**

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas / año)				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_X	HC
Puntuales	1 993	7 682	7 304	22 695	10 469
Área	466	2 582	610	3 728	120 164
Móviles	2 533	1 562	646 605	57 409	67 522
Naturales	7 705	NA	NA	2 802	13 721
Total	**12 697**	**11 826**	**654 519**	**86 634**	**211 876**

NA = No aplica.
Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 1998

Gráfica 3.1. Inventario de Emisiones de la ZMVCT 1998
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente



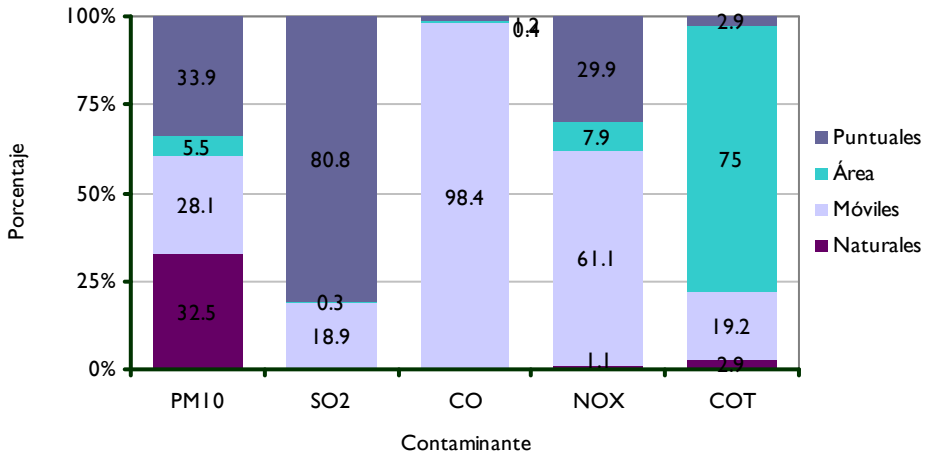
Fuente: Cuadro 3.1

Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2000 **Cuadro 3.2**

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas / año)				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_x	COT
Puntuales	1 750	6 750	8 682	20 854	10 604
Área	284	28	2 593	5 494	273 447
Móviles	1 451	1 576	715 103	42 598	69 911
Naturales	1 683	NA	NA	734	10 759
Total	**5 168**	**8 354**	**726 378**	**69 680**	**364 721**

NA = No aplica
Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 2000

Gráfica 3.2. Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2000
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente

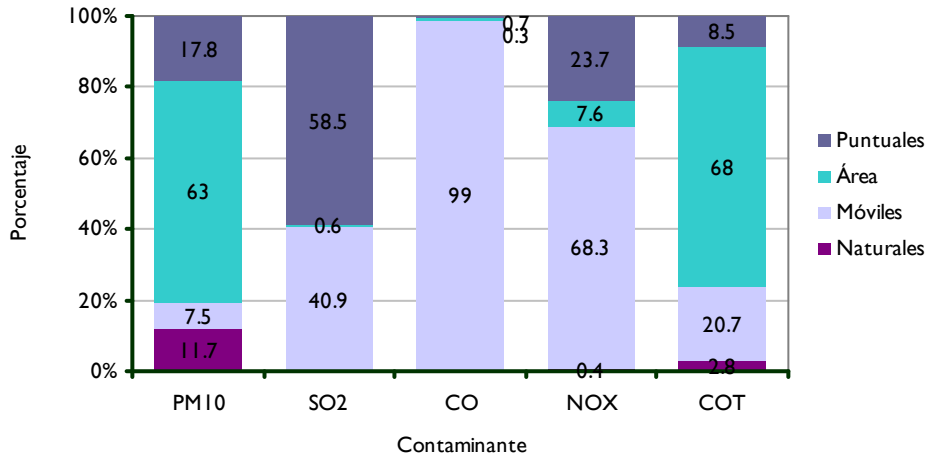


Fuente: Cuadro 3.2

Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2002					Cuadro 3.3
Tipo de fuente	**Contaminante (toneladas / año)**				
	PM_{10}	**SO_2**	**CO**	**NO_x**	**COT**
Puntuales	2 986	2 786	5 783	17 355	33 185
Área	10 550	27	2 889	5 551	265 613
Móviles	1 257	1 949	832 806	49 944	80 733
Naturales	1 953	NA	NA	294	10 880
Total	**16 746**	**4 762**	**841 478**	**73 144**	**390 411**

NA = No aplica
Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 2002

Gráfica 3.3. Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2002
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente

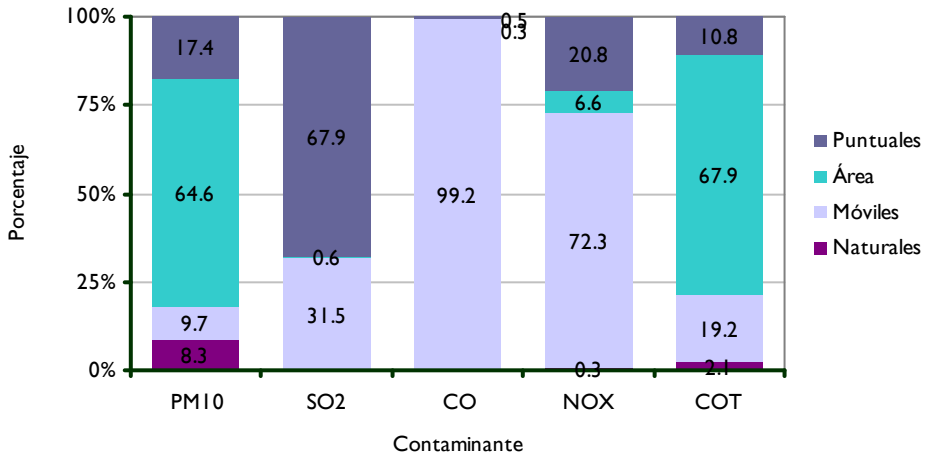


Fuente: Cuadro 3.3

Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2004					Cuadro 3.4
Tipo de fuente	**Contaminante (toneladas / año)**				
	PM_{10}	**SO_2**	**CO**	**NO_x**	**COT**
Puntuales	2 475	2 827	5 292	17 107	54 845
Área	9 177	27	2 871	5 403	343 361
Móviles	1 381	1 312	991 723	59 586	97 110
Naturales	1 181	NA	NA	276	10 448
Total	**14 214**	**4 166**	**999 886**	**82 372**	**505 764**

NA = No aplica
Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 2004

Gráfica 3.4. Inventario de Emisiones de la ZMVCT 2004
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente



Fuente: Cuadro 3.4

Inventario de emisiones de la ZMVCT desagregado por sector (2004)
Toneladas por año

Cuadro 3.5

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COT
Fuentes puntuales	**2 475**	**547**	**2 827**	**5 292**	**17 107**	**54 845**
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	99	46	144	286	986	1 612
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	292	21	524	55	215	2 189
Industria de la madera y productos de madera	20	6	143	2	19	3 495
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	75	45	555	318	684	7 258
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	161	50	752	476	1 045	29 420
Productos minerales no metálicos.	715	123	202	378	1 318	446
Industrias metálicas básicas	585	16	176	361	1 331	1 713
Productos metálicos, maquinaria y equipo.	333	48	300	1 283	587	8 044
Otras industrias manufactureras	3	0	16	7	65	390
Generación de energía eléctrica	192	192	15	2 126	10 857	278
Fuentes de área	**9 177**	**1 585**	**27**	**2 871**	**5 403**	**343 361**
Combustión industrial	171	171	14	1 890	2 250	248
Combustión comercial/institucional	15	15	NS	66	479	18
Combustión habitacional	60	60	NS	258	1 672	71
Operación de aeronaves	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Locomotoras (foráneas/patio)	24	22	13	126	995	42
Terminales de autobuses de pasajeros	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	11 410
Pintura automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	1 248
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	12 123
Pintura tránsito	NA	NA	NA	NA	NA	357
Limpieza de superficie industrial	NA	NA	NA	NA	NA	16 045
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	5 355
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	3 566
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	39
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	40 800
Distribución y almacenamiento de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	344
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Distribución y almacenamiento de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	1 663
Fugas en instalaciones de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	12 116
HCNQ en la combustión de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	17 971
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	2 352
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	2
Rellenos sanitarios	NA	NA	NA	224	NA	216 343
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	1 225
Incendios forestales	8	7	0	87	2	5
Incendios en estructuras	14	13	NE	220	5	18
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Caminos pavimentados	996	66	NA	NA	NA	NA
Caminos sin pavimentar	7 889	1 231	NA	NA	NA	NA
Fuentes móviles	**1 381**	**1 036**	**1 312**	**991 723**	**59 586**	**97 110**
Autos particulares	397	222	697	565 572	30 317	56 707
Taxis	15	8	27	13 749	1 165	1 624
Combis	19	11	34	55 204	2 566	5 334
Microbuses	15	9	39	67 800	3 321	6 484
Pick up	44	25	96	84 129	6 468	8 326
Vehículos ≤ a 3 toneladas	38	29	61	37 347	3 128	3 731
Tractocamiones	530	461	143	7 411	6 686	2 668
Autobuses	122	106	108	3 364	1 870	852
Vehículos> a 3 toneladas	195	162	103	149 108	3 981	10 106
Motocicletas	6	3	4	8 039	84	1 278
Naturales	**1 181**	**257**	**NA**	**NA**	**276**	**10 448**
Vegetación	NA	NA	NA	NA	276	10 448
Erosión eólica del suelo	1 181	257	NA	NA	NA	NA
Total	**14 214**	**3 425**	**4 166**	**999 886**	**82 372**	**505 764**

NA: no aplica; NS: no significativo; NE: no estimado

Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 2004

Inventario de emisiones de la ZMVCT desagregado por sector (2004)
Porcentaje (%) **Cuadro 3.6**

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COT
Puntuales	**17.41**	**15.97**	**67.86**	**0.53**	**20.77**	**10.84**
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0.70	1.34	3.46	0.03	1.20	0.32
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	2.05	0.61	12.58	0.01	0.26	0.43
Industria de la madera y productos de madera	0.14	0.18	3.43	NS	0.02	0.69
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	0.53	1.31	13.32	0.03	0.83	1.44
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1.13	1.46	18.05	0.05	1.27	5.82
Productos minerales no metálicos.	5.03	3.59	4.85	0.04	1.60	0.09
Industrias metálicas básicas	4.12	0.47	4.22	0.04	1.62	0.34
Productos metálicos, maquinaria y equipo.	2.34	1.40	7.20	0.13	0.71	1.59
Otras industrias manufactureras	0.02	0.00	0.38	NS	0.08	0.08
Generación de energía eléctrica	1.35	5.61	0.36	0.21	13.18	0.05
Fuentes de área	**64.56**	**46.28**	**0.65**	**0.29**	**6.56**	**67.88**
Combustión industrial	1.20	4.99	0.34	0.19	2.73	0.05
Combustión comercial/institucional	0.11	0.44	NS	0.01	0.58	NS
Combustión habitacional	0.42	1.75	NS	0.03	2.03	0.01
Operación de aeronaves	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Locomotoras (foráneas/patio)	0.17	0.64	0.31	0.01	1.21	0.01
Terminales de autobuses de pasajeros	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	NA	2.26
Pintura automotriz	NA	NA	NA	NA	NA	0.25
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	2.40
Pintura tránsito	NA	NA	NA	NA	NA	0.07
Limpieza de superficie industrial	NA	NA	NA	NA	NA	3.17
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	NA	1.06
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	0.71
Aplicación de asfalto	NE	NE	NA	NA	NA	0.01
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	8.07
Distribución y almacenamiento de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	0.07
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NA	NE
Distribución y almacenamiento de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	0.33
Fugas en instalaciones de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	2.40
HCNQ en la combustión de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	3.55
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	0.47
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	NS
Rellenos sanitarios	NE	NE	NA	0.02	NA	42.78
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	0.24
Incendios forestales	0.06	0.20	NS	0.01	NS	NS
Incendios en estructuras	0.10	0.38	NE	0.02	0.01	NS
Emisiones domésticas de amoniaco	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Caminos pavimentados	7.01	1.93	NA	NA	NA	NA
Caminos sin pavimentar	55.50	35.94	NA	NA	NA	NA
Fuentes móviles	**9.72**	**30.16**	**31.49**	**99.18**	**72.34**	**19.20**
Autos particulares	2.79	6.48	16.73	56.56	36.80	11.21
Taxis	0.11	0.23	0.65	1.38	1.41	0.32
Combis	0.13	0.32	0.82	5.52	3.12	1.05
Microbuses	0.11	0.26	0.94	6.78	4.03	1.28
Pick up	0.31	0.73	2.30	8.41	7.85	1.65
Vehículos ≤ a 3 toneladas	0.27	0.85	1.46	3.74	3.80	0.74
Tractocamiones	3.73	13.46	3.43	0.74	8.12	0.53
Autobuses	0.86	3.09	2.59	0.34	2.27	0.17
Vehículos> a 3 toneladas	1.37	4.73	2.47	14.91	4.83	2.00
Motocicletas	0.04	NS	0.10	0.80	0.10	0.25
Naturales	**8.31**	**7.50**	**NA**	**NA**	**0.34**	**2.07**
Vegetación	NA	NA	NA	NA	0.34	2.07
Erosión eólica del suelo	8.31	7.50	NA	NA	NA	NA
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

NA: no aplica; NS: no significativo; NE: no estimado
Fuente: GDF (s/a) Inventario de Emisiones de la ZMVM 2004

3.2. Inventarios de Emisiones del Valle de Toluca

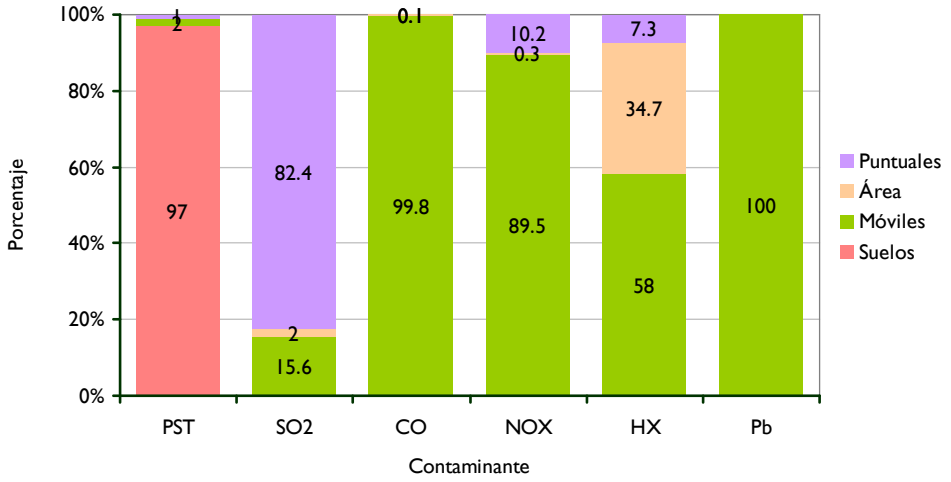
En los cuadros siguientes se muestran los inventarios de emisiones para la zona metropolitana del Valle de Toluca para distintos años. De dichos inventarios resaltan las fuentes móviles como principales emisoras de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_X), e hidrocarburos (HC); las fuentes fijas, de bióxido de azufre (SO_2); y la vegetación y suelos, de partículas suspendidas.

Inventario de Emisiones de la ZMVT 1996 **Cuadro. 3.7**

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas / año)					
	PST	SO_2	CO	NO_X	HC	Pb
Puntuales	1 253	8 667	203	2 188	3 406	NE
Área	15	206	159	62	16 108	NE
Móviles	2 396	1 649	268 380	19 139	26 967	97
Suelos	119 711	N. A	NA	N. A	N. A	N. A
Total	**123 375**	**10 522**	**268 742**	**21 389**	**46 481**	**97**

NA = no aplica; NE = no estimado
Fuente: GEM, SEMARNAP (1997)

Gráfica 3.5. Inventario de emisiones de la ZMVT 1996
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente



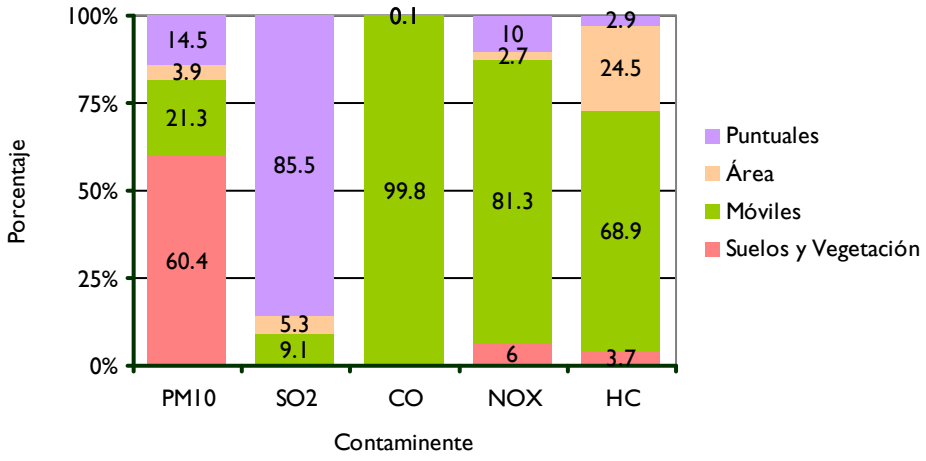
Fuente: Cuadro 3.7

Inventario de Emisiones de la ZMVT 2000 **Cuadro 3.8**

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas / año)				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_X	HC
Puntuales	528.2	10 484.9	275.1	1 692.9	2 341.2
Área	142	653.0	539.7	462.6	19 543.3
Móviles	778.6	1 121.7	494 559.6	13 775.1	55 069.0
Suelos y Vegetación	2 205.4	NA	NA	1 018.4	2 949.3
Total	**3 654.2**	**12 259.6**	**495 374.4**	**16 949.0**	**79 902.8**

NA = no aplica
Fuente: SEGEM (2005)

Gráfica 3.6. Inventario de emisiones de la ZMVT 2000
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente



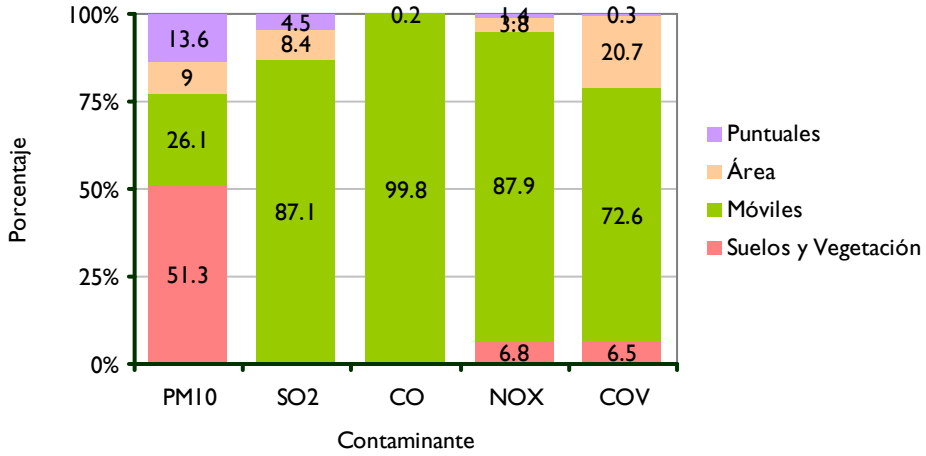
Fuente: Cuadro 3.8

Inventario de Emisiones de la ZMVT 2004 **Cuadro 3.9**

Tipo de fuente	Contaminante (toneladas / año)				
	PM_{10}	SO_2	CO	NO_X	COV
Puntuales	224.6	42.9	117.8	485.9	331.2
Área	148.9	80.3	1 047.8	1 340.3	25 036.2
Móviles	431.2	828.8	590 276.1	30 767.1	87 987.6
Suelos y Vegetación	849.3	NA	NA	2 389.7	7 872.2
Total	**1 654.0**	**952.0**	**591 441.6**	**34 983.1**	**121 227.2**

NA = no aplica
Fuente: DGPCCA (2007c)

Gráfica 3.7. Inventario de emisiones de la ZMVT 2004
Contribución porcentual de contaminantes según tipo de fuente



Fuente: Cuadro 3.9

Inventario de emisiones de la ZMVT desagregado por sector (2004)
Toneladas por año

Cuadro 3.10

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV
Fuentes puntuales	**224.6**	**25.9**	**42.9**	**117.8**	**485.9**	**331.2**
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	29	12.6	18.8	40.8	159.3	9.3
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	9.3	2.6	0.9	18.6	65.0	27.8
Industria de la madera y productos de madera	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	10.1	0.3	0.5	1.7	5.6	43.4
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	12.4	2.1	3.1	2.6	24.1	214.6
Productos minerales no metálicos	4.7	0.1	0.1	0.7	3.1	NS
Industrias metálicas básicas	NS	NS	0.9	0.1	0.4	NS
Productos metálicos, maquinaria y equipo	146.9	3.3	14.5	15.6	108.8	10.1
Otras industrias manufactureras	12.1	4.9	4.1	37.6	119.6	25.9
Fuentes de área	**148.9**	**52.0**	**80.3**	**1 047.8**	**1 340.3**	**25 036.2**
Combustión industrial	3.5	3.5	NS	19.8	116.5	2.1
Combustión comercial/institucional	16.0	16.0	0.1	41.3	523.1	12.7
Combustión habitacional	15.9	15.9	0.1	71.4	518.1	12.6
Ladrilleras	94.2	NE	78.9	505.0	19.0	NE
Incendios forestales	16.8	14.2	NA	151.8	NA	6.0
Locomotoras (foráneas/patio)	2.5	2.3	1.2	13.5	106.5	4.4
Operación de aeronaves	NE	NE	NS	241.7	57.1	22.0
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	493.6
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	626.4
Rellenos sanitarios	NA	NA	NA	3.4	NA	44.4
Distribución y almacenamiento de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	1 911.0
Distribución y almacenamiento de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	506.2
Fugas de gas LP en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	7.0
Fugas de gas LP en servicios	NA	NA	NA	NA	NA	111.8
Fugas de gas LP en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	1 651.9
HCNQ en la industria por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	390.8
HCNQ en los comercios por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	2 412.9
HCNQ en residencias por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	1942.3
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	1.4
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	759.5
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	13.9
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	NA	660.7
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	NA	262.6
Pintura de tránsito	NA	NA	NA	NA	NA	75
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	2 401.1
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	2 246.5
Limpieza de superficies en la industria (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	2 388.9
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	6 068.7
Fuentes móviles	**431.2**	**369.3**	**828.8**	**590276.1**	**30767.1**	**87987.6**
Automóviles	36.4	34.2	222.6	347 252.4	8 975.5	12 841.9
Taxis	4.3	4.2	30.4	19 702.2	1 140.9	643.6
Pick up	6.0	5.6	34.7	79 966.6	1 389.8	4 055.3
Combis	0.5	0.5	2.1	10 480.5	90.6	533.0
Transporte de pasajeros	134.0	123.2	53.7	28 920.2	4 546.8	2 478.2
Transporte de carga	249.5	201.4	484.9	102 211.4	14 611.1	67 250.4
Motocicletas	0.4	0.3	0.5	1 742.6	12.5	185.1
Naturales	**849.3**	**93.4**	**NA**	**NA**	**2 389.7**	**7 872.2**
Fuentes erosivas	261.0	28.7	NA	NA	NA	NA
Áreas agrícolas	585.5	64.4	NA	NA	NA	NA
Caminos sin pavimentar	2.8	0.3	NA	NA	NA	NA
Fuentes biogénicas	NA	NA	NA	NA	2 389.7	7 872.2
Total	**1 654.0**	**540.7**	**952.0**	**591 441.6**	**34 983.1**	**121 227.2**

NA: no aplica; NS: no significativo; NE: no estimado
Fuente: DGPCCA (2007c)

Inventario de emisiones de la ZMVT desagregado por sector (2004)
Porcentaje (%)

Cuadro 3.11

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV
Fuentes puntuales	**13.6**	**4.8**	**4.5**	**NS**	**1.4**	**0.3**
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1.8	2.3	2.0	NS	0.5	NS
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	0.6	0.5	0.1	NS	0.2	NS
Industria de la madera y productos de madera	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	0.6	0.1	0.1	NS	NS	NS
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	0.7	0.4	0.3	NS	0.1	0.2
Productos minerales no metálicos	0.3	NS	NS	NS	NS	NS
Industrias metálicas básicas	NS	NS	0.1	NS	NS	NS
Productos metálicos, maquinaria y equipo	8.9	0.6	1.5	NS	0.3	NS
Otras industrias manufactureras	0.7	0.9	0.4	NS	0.3	NS
Fuentes de área						
Combustión industrial	0.2	0.7	NS	NS	0.3	NS
Combustión comercial/institucional	1.0	3.0	NS	NS	1.5	NS
Combustión habitacional	1.0	2.9	NS	NS	1.5	NS
Ladrilleras	5.7	NE	8.3	0.1	0.1	NE
Incendios forestales	1.0	2.6	NA	NS	NA	NS
Locomotoras (foráneas/patio)	0.2	0.4	0.1	NS	0.3	NS
Operación de aeronaves	NE	NE	NS	NS	0.2	NS
Panaderías	NA	NA	NA	NA	NA	0.4
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NA	0.5
Rellenos sanitarios	NA	NA	NA	NS	NA	NS
Distribución y almacenamiento de gasolina	NA	NA	NA	NA	NA	1.6
Distribución y almacenamiento de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	0.4
Fugas de gas LP en uso industrial	NA	NA	NA	NA	NA	NS
Fugas de gas LP en servicios	NA	NA	NA	NA	NA	0.1
Fugas de gas LP en uso doméstico	NA	NA	NA	NA	NA	1.4
HCNQ en la industria por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	0.3
HCNQ en los comercios por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	2.0
HCNQ en residencias por el uso de gas LP	NA	NA	NA	NA	NA	1.6
Esterilización en hospitales	NA	NA	NA	NA	NA	NS
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	NA	0.6
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	NS
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	NA	0.5
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	NA	0.2
Pintura de tránsito	NA	NA	NA	NA	NA	0.1
Recubrimiento de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	NA	2.0
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	NA	1.9
Limpieza de superficies en la industria (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	NA	2.0
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	5.0
Fuentes móviles	**26.1**	**68.3**	**87.1**	**99.8**	**87.9**	**72.6**
Automóviles	2.2	6.3	23.4	58.7	25.7	10.6
Taxis	0.3	0.8	3.2	3.3	3.3	0.5
Pick up	0.4	1.0	3.6	13.5	4.0	3.3
Combis	NS	0.1	0.2	1.8	0.3	0.4
Transporte de pasajeros	8.1	22.8	5.6	4.9	13.0	2.0
Transporte de carga	15.1	37.3	50.9	17.3	41.8	55.5
Motocicletas	NS	NS	0.1	0.3	NS	0.2
Naturales	**51.3**	**17.3**	**NA**	**NA**	**6.8**	**6.5**
Fuentes erosivas	15.8	5.3	NA	NA	NA	NA
Áreas agrícolas	35.4	11.9	NA	NA	NA	NA
Caminos sin pavimentar	0.2	0.1	NA	NA	NA	NA
Fuentes biogénicas	NA	NA	NA	NA	6.8	6.5
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

NA: no aplica; NS: no significativo; NE: no estimado
Fuente: DGPCCA (2007c)

3.3. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

En el 2003 la SEGEM realizó el primer ejercicio para la estimación de los gases de efecto invernadero (GEI) el cual consideró siete municipios de la ZMVT, año base 2000 (cuadro 3.12). 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 mexiquenses.

Inventario de gases de efecto invernadero de ZMVT (2000) **Cuadro 3.12**

Sector	Contaminante (Gg)				
	CO	**CH_4**	**N_2O**	**CO_2**	**NO_X**
Energía (combustión de combustibles)					
Gas LP (doméstico)	45.6	5.0	NA	287 369	214.2
Gas LP (comercial)	21.1	2.3	NA	132 834	99.0
Combustible en el transporte aéreo	NA	NA	NA	77 228	NA
Ganadería					
Por fermentación entérica	NA	33.9	NA	NA	NA
Por manejo de excretas	NA	0.7	NA	NA	NA
Excretas no manejadas	NA	N. A	0.4	NA	NA
Residuos					
Rellenos sanitarios	NA	587.5	NA	NA	NA
Total	**66.7**	**629.4**	**0.4**	**497 431**	**313.2**

NA= No aplica.
Fuente: SEGEM (2003)

La elaboración del inventario estatal de GEI pretende determinar las fuentes con mayor contribución de estos gases, así como la identificación de estrategias que ayuden a la mitigación de los impactos generados en la entidad ante el cambio climático. Los contaminantes evaluados fueron el CO, CO_2, CH_4, HFC, N, NO_2, NO_X, SO_2 y COVDM; y el año-base tomado en cuenta fue el 2004.

- *Resumen de resultados*

La estimación de las emisiones de GEI se realizó bajo las Directrices del IPCC para el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero 2006, con las metodologías del Nivel 1, y la Orientación de las Buenas Prácticas y el Manejo de la Incertidumbre en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000. Dicho marco metodológico plantea las siguientes categorías de emisión:

- Sector energía. Comprende la generación de energía eléctrica y el consumo de combustible en la industria, transporte, comercios y servicios.
- Sector procesos industriales. Incluye a las industrias minera, química, metálica, electrónica, de papel y alimentaria.
- Sector agricultura. Se refiere a las quemas para la preparación de terrenos de cultivo, incendios forestales, fermentación entérica y manejo de excretas de ganado.
- Sector desechos. Consiste en los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los resultados de la estimación de las emisiones de GEI en la entidad para cada una de las cuatro categorías consideradas se presentan tanto en gigagramos por contaminante (cuadro 3.13) como en gigagramos de CO_2 eqv (cuadro 3.14).

Emisión estatal de GEI por contaminante según sector (2004) **Cuadro 3.13**

Sector	Contaminante (Gg)			
	CO_2	CH_4	N_2O	CFC
Energía	25 723.67	5.45	0.74	
Procesos industriales	6 608.00	0.62	0.13	0.28
Agricultura		150.54	0.01	
Desechos		286.76	0.91	
Total	**32 331.67**	**443.37**	**1.79**	**0.28**

Fuente: DGPCCA (2008a)

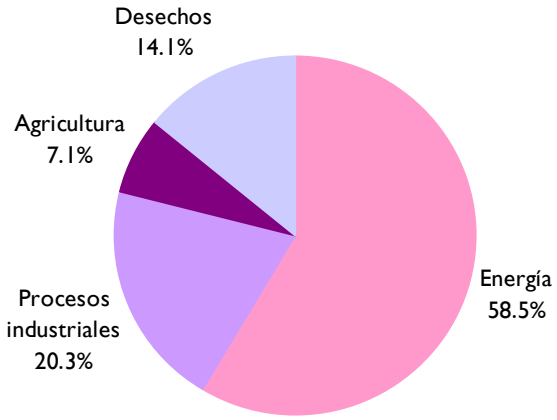
Emisión estatal de GEI por contaminante según sector (2004) **Cuadro 3.14**

Sector	Gigagramos de CO_2 eqv				
	CO_2	CH_4	N_2O	CFC	Suma
Energía	25 723.67	114.47	230.19		26 068.33
Procesos industriales	6 608.00	13.12	40.20	2 380.85	9 042.17
Agricultura		3 161.41	4.30		3 165.71
Desechos		6 021.96	281.51		6 303.48
Total	**32 331.67**	**9 310.97**	**556.20**	**2 580.85**	**44 579.69**

Fuente: DGPCCA (2008a)

En la gráfica 3.8 se aprecia que el sector energía es el que más contribuye a la generación de los GEI, pues su participación es de 58.5 %, le sigue en importancia el sector industrial con 20.3 %; los desechos con 14.1 % y finalmente la agricultura con 7.1 %

Gráfica 3.8. Contribución porcentual de GEI por sector en el Estado de México (2004)



Fuente: Cuadro 3.14

El cuadro 3.15 contiene el inventario de GEI desagregado por sector en unidades de gigagramos de CO_2 eqv y porcentaje, del cual se destaca lo siguiente:

- Respecto al sector energía, el trasporte aporta 29.15 % de las emisiones totales, las cuales se han estimado en 44 579.69 Gg de CO_2 eqv. Le sigue en importancia la industria manufacturera con 11.31 %.
- Con relación al sector procesos industriales, la industria minera junto con la de productos electrónicos aportan 18.07 %.
- Por su parte, en el sector agricultura, la fermentación entérica y el manejo de excretas aportan cada una 3.89 % y 3.18 %, respectivamente.

Por último, en el sector desechos, los residuos sólidos municipales contribuyen con alrededor del 8 % y el tratamiento de aguas residuales con 6 %.

Inventario de emisiones de GEI del Estado de México (2004)
Gigagramos de CO_2 equivalente y porcentaje — **Cuadro 3.15**

Sector	Emisión en CO_2 eqv	(%)
Energía	**26 068.33**	**58.46**
Generación de energía eléctrica	3 482.28	7.81
Industria manufacturera	5 043.80	11.31
Transporte	12 999.61	29.15
Comercial	866.17	1.94
Residencial	3 634.70	8.15
Agricultura	41.77	0.09
Procesos industriales	**9 052.55**	**20.30**
Industria minera	5 696.07	12.77
Industria química	646.61	1.45
Industria metálica	316.94	0.71
Productos para usos diferentes a la energía	28.30	0.06
Industria electrónica	2 364.63	5.30
Industria del papel y de la pulpa del papel	-	-
Industria de alimentos y bebidas	-	-
Agricultura	**3 165.71**	**7.10**
Fermentación entérica	1 735.27	3.89
Manejo de excretas	1 418.63	3.18
Emisiones directas de N_2O	2.71	0.01
Emisiones indirectas de N_2O	0.35	< 0.01
Quema de biomasa en suelos forestales	7.90	0.02
Quema de residuos de cultivo	0.83	< 0.01
Desechos	**6 303.48**	**14.14**
Residuos sólidos municipales	3 521.55	7.90
Aguas residuales	2 781.93	6.24
Total	**44 579.69**	**100.00**

Fuente: DGPCCA (2008a)

- *Emisiones de GEI por Tipo de Combustible en el Sector Energía*

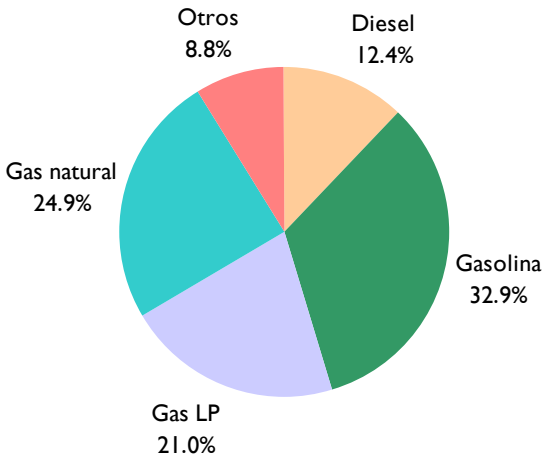
El Estado de México tiene un consumo anual de combustible de 381 PJ, de los cuales 31.7 % corresponde a gasolina y 26.4 % a gas natural. Asimismo, el consumo de gasolina contribuye con 32.9 % de la emisión de CO_2 eqv, en tanto que el gas natural con 24.9 % (gráfica 3.9). El consumo total de combustible genera 25 723.66 Gg de CO_2, esto es, 98.7 % respecto al total de emisión en el sector energía; mientras el restante 1.3 % corresponde a CH_4 y N_2O (cuadro 3.16). Cabe destacar que el más alto consumo de combustible comprende la categoría de transporte con 47.6 %; luego está la industria manufacturera con 19.4 %, seguido por el consumo residencial y la generación de energía eléctrica, con un consumo de 15.1 % y 14.2 %, respectivamente, y finalmente el comercio con 3.6 % y la agricultura con 0.2 %.

Consumo energético y emisión de GEI según tipo de combustible (2004)
Gg de contaminante, excepto donde se indica **Cuadro 3.16**

Combustible	Consumo PJ/año	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2 eq	(%) CO_2 eqv
Combustóleo	16.8	1 299.69	0.05	0.01	1 302.35	5.0
Diesel	42.6	3 156.56	0.16	0.2	3 221.30	12.4
Gasóleo	0.7	48.84	0.0	0.0	48.96	0.2
Gasolina	120.8	8 373.87	3.99	0.39	8 577.48	32.9
Gas LP	86.4	5 452.14	0.88	0.05	5 485.51	21.0
Gas natural	100.5	6 446.51	0.36	0.08	6 478.33	24.9
Turbosina	13.2	946.06	0.01	0.03	954.40	3.7
Total	**381.0**	**25 723.66**	**5.45**	**0.74**		
Total (CO_2 eqv)		**25 723.66**	**114.48**	**230.19**	**26 068.33**	**100.0**

Fuente: DGPCCA (2008a)

Gráfica 3.9. Porcentaje de las emisiones de CO_2 eqv por tipo de combustible (2004)



Otros, incluye: combustóleo, gasóleo y turbosina.
Fuente: Cuadro 3.16

4. Indicadores de Estado: Calidad del Aire

4.1 Monitoreo Atmosférico

El monitoreo atmosférico proporciona información acerca del estado que guarda el recurso aire y representa una herramienta indispensable para la gestión de la calidad del aire. En general, el monitoreo atmosférico está orientado a los siguientes objetivos:

- Determinar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de calidad de aire.
- Compilar los registros históricos de los datos de calidad del aire y evaluar las tendencias de los contaminantes del aire en forma espacial y temporal.
- Vigilar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos las 24 horas del día e informar a la población sobre los niveles de contaminación del aire.
- Evaluar el impacto de las medidas y acciones de prevención y control contenidas en los programas de gestión de la calidad del aire (Proaires).

Las aplicaciones del monitoreo atmosférico comprenden, entre otras:

- Formulación de nuevos estándares para la calidad del aire.
- Realización de estudios epidemiológicos que relacionen los efectos de las concentraciones de los contaminantes con los daños en la salud.
- Detección de contaminantes y sus fuentes emisoras.
- Formulación de políticas y estrategias de control para la reducción de contaminantes.

4.1.1. Normas de Calidad del Aire

Las normas de calidad del aire constituyen el elemento esencial para la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica, dichas normas establecen los niveles o umbrales de concentración de contaminantes bajo los cuales se considera que no hay impactos adversos y significativos en la salud de la población. En México, el gobierno federal, por conducto de la Secretaría de Salud, es quién establece los límites permisibles de concentración de contaminantes a través de las normas oficiales mexicanas. Los valores normados establecidos para los contaminantes criterio en el territorio nacional se muestran en el cuadro 4.1.

Los *contaminantes criterio* son aquellos que han sido identificados como perjudiciales para la salud y bienestar de los seres humanos. El término contaminante criterio se refiere a sustancias representativas de las emisiones de contaminantes que se registran en áreas industriales o urbanas y la medición periódica de éstas, sirve para determinar la calidad del aire en una zona y establecer niveles permisibles que protejan la salud y bienestar de la población. En México, los contaminantes criterio comprenden las partículas suspendidas menores de 10 micras (PM_{10}), las menores de 2.5 micras ($PM_{2.5}$), el ozono (O_3), el bióxido de azufre (SO_2), el bióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de carbono (CO).

Normas oficiales mexicanas de calidad del aire vigentes **Cuadro 4.1**

Contaminante	Valores límite			Normas
	Exposición aguda		Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	*Frecuencia máxima aceptable*	*Concentración y tiempo promedio*	
PM_{10}	120 µg/m³ (24 horas)	2 % de mediciones al año	50 µg/m³ promedio aritmético anual	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005) [(b)]
$PM_{2.5}$	65 µg/m³ (24 horas)	2 % de mediciones al año	15 µg/m³ promedio aritmético anual	
O_3	0.11 ppm ó 216 µg/m³ (1 hora)	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces al año	-	
CO	11 ppm ó 12 595 µg/m³ (8 horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)
SO_2	0.13 ppm ó 341 µg/m³ (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm Promedio aritmético anual	NOM-022-SSA1-1993 (DOF, 1994)
NO_2	0.21 ppm ó 395 µg/m³ (1 hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)
PB	-	-	1.5 µg/m³ promedio aritmético en tres meses	NOM-026-SSA1-1993 (DOF, 1994)

Fuente: SSA, Normas Oficiales Mexicanas varias.

Los contaminantes del aire tienen distinta capacidad para producir daño a la salud humana, dependiendo de su naturaleza, de las propiedades físicas y químicas de sus componentes, la frecuencia, duración de exposición y su concentración, entre otros factores.

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica. La exposición aguda ocurre a concentraciones elevadas de contaminantes en corto tiempo, que logran ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Por su parte, la exposición crónica implica concentraciones bajas de contaminantes en largos periodos y está relacionada con el incremento de la mortalidad, aunque en la mayoría de los casos se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares degenerativos (GEM y SEMARNAT, 2007).

Los síntomas por exposición a la contaminación del aire se manifiestan principalmente en la disminución de la capacidad respiratoria, incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas, aumento de ataques de asma e incremento de casos de enfermedades cardiacas. Esto se debe a que los pulmones son el órgano de choque para todos los contaminantes del aire. Cuando las células de las vías aéreas del pulmón se inflaman, se reduce la habilidad del sistema respiratorio para combatir infecciones y eliminar partículas extrañas, lo que aumenta el riesgo en la salud de las personas que padecen, por ejemplo, asma, enfisema pulmonar o bronquitis crónica (cuadro 4.2).

Efectos de los contaminantes criterio en la salud humana **Cuadro 4.2.**

Ozono (O_3)

- Debido a su capacidad de oxidación, daña a las células de las vías respiratorias causando inflamación.
- Afecta los mecanismos de defensa, lo cual provoca un aumento de las infecciones respiratorias.
- Durante la exposición aguda se presenta irritación de ojos, catarro, ardor de garganta y tos.
- A nivel del tracto respiratorio inferior se presenta dificultad para respirar, silbilancias, dolor de pecho, así como un decremento en la función pulmonar.
- El O_3 es un riesgo para la salud de los niños, las personas de la tercera edad y para quienes padecen problemas cardiovasculares y respiratorios, como el asma, el enfisema y la bronquitis crónica.

Partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$

- Su exposición a corto y largo plazo puede causar disminución de la función pulmonar, lo que contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y muerte prematura.
- Las partículas PM_{10} penetran directamente hacia el aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza; dependiendo de su tamaño, pueden acumularse en diferentes sitios vitales alterando el correcto funcionamiento de dicho aparato.
- Las $PM_{2.5}$ se consideran aún más perjudiciales que las PM_{10}, pues mientras éstas últimas penetran hasta la zona traqueobronquial, las $PM_{2.5}$ lo hacen hasta los alvéolos pulmonares.
- En los niños la exposición a partículas se ha asociado con un incremento en la frecuencia de síntomas respiratorios como tos, dificultad para respirar y dolor en el pecho.

Bióxido de nitrógeno (NO_2)

- Está relacionado con afecciones del tracto laríngeo-traqueo-bronquial, así como con la disminución de la resistencia a infecciones.
- Constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, como sucede con las células polimorfonucleares, macrófagos alveolares y los linfocitos siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica.

Bióxido de azufre (SO_2)

- Irrita las membranas mucosas del tracto respiratorio y puede ocasionar enfermedades crónicas como bronquitis y enfisema pulmonar.
- En un ambiente con partículas suspendidas, el efecto dañino del SO_2 se incrementa, ya que paraliza los cilios del tracto respiratorio, las partículas de polvo penetran en los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños, e incluso la muerte.

Monóxido de carbono (CO)

- La acumulación de este gas en un lugar cerrado puede causar la muerte por insuficiencia cardiaca o sofocación debido a la alta afinidad de la hemoglobina por éste compuesto.
- Este contaminante se asocia con la disminución de la percepción visual, la capacidad del trabajo, la destreza manual y la habilidad de aprendizaje. Sus efectos son mayores en personas con enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedades cardioperiféricas.

Fuente: GEM y SEMARNAT (2007)

4.1.2. Infraestructura para el Monitoreo Atmosférico

El Estado de México cuenta con la infraestructura para la medición, registro y procesamiento de los datos de calidad del aire y los parámetros meteorológicos básicos que influyen en la dispersión, transporte, transformación y deposición de los contaminantes del aire (cuadro 4.2).

Por una parte, está la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (RAMA-T) la cual administra la SMAGEM. Por otra parte, en la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco opera el Sistema de Monitoreo Atmosférico del Valle de México (SIMAT), administrado por la SMAGDF. El SIMAT cuenta con 36 estaciones, de las cuales 24 se localizan en el Distrito Federal y 12 en el Estado de México.

Infraestructura de los sistemas de monitoreo atmosférico (2007) **Cuadro 4.2**

Características	SIMAT del Valle de México	RAMA-Toluca
Inicio de operaciones	1984	1993
Opera y administra	SMAGDF	SMAGEM
Presupuesto anual	$26.3 millones (promedio) [a/]	$1.7 millones (promedio) [b/]
Estructura organizacional	- Dirección general - Dirección de área - 4 Subdirecciones - 6 Departamentos	- Dirección general - 1 Departamento
Cobertura	16 Delegaciones del DF y 18 municipios conurbados del EM	7 Municipios conurbados del Valle de Toluca
No. Estaciones automáticas	36 (24 DF, 12 EM)	7
No. Estaciones manuales	12 (7 DF, 5 EM)	5
No. Unidades móviles	1	1
Contaminantes que miden	O_3, NO_2, SO_2, CO, PST, PM_{10} y $PM_{2.5}$	O_3, NO_2, SO_2, CO, PST y PM_{10}
Parámetros meteorológicos	Temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, radiación solar, presión atmosférica, precipitación	Temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, radiación solar, presión atmosférica
Otros datos que reportan	- Índice UV - Depósito seco y húmedo	

[a/] SMAGDF Portal de transparencia y acceso a la información pública http://www.sma.df.gob.mx/transparencia/

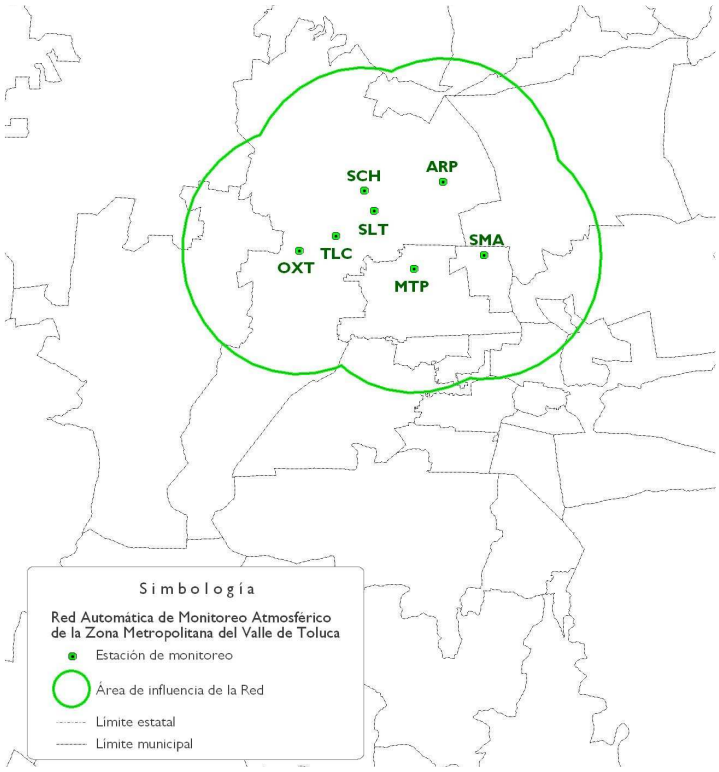
[b/] SMAGEM Programa anual de obras, información para varios años

Fuente: DGPCCA

- *Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.*

La RAMA-T consta de un Centro de Control y siete estaciones remotas de monitoreo distribuidas en la metrópoli, asimismo, está integrada por tres subsistemas operativos: 1) Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA); 2) Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA) y 3) Red Meteorológica (RETMET). Adicionalmente cuenta con una Unidad Móvil de monitoreo. En la figura 4.1 se ilustra la localización espacial de las estaciones de monitoreo dentro del área urbana.

Figura 4.1 Localización y cobertura de las estaciones de monitoreo de la RAMA-T



Fuente: DGPCCA

Estaciones que conforma la RAMA-T por municipio y contaminantes que miden **Cuadro 4.3**

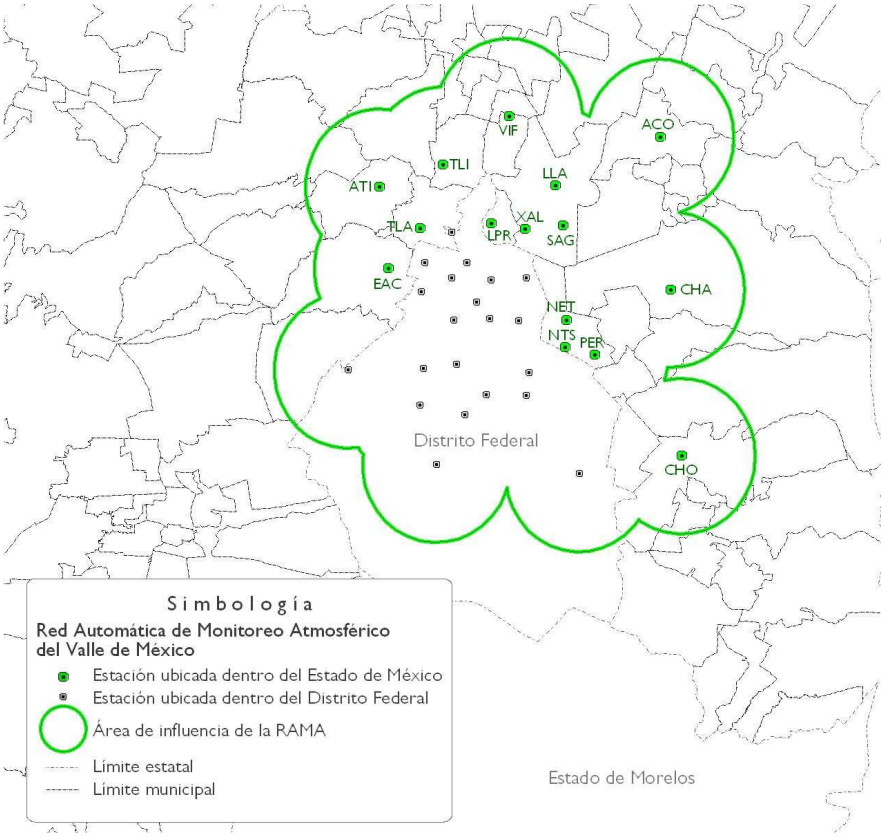
Municipio	Estación de monitoreo	Contaminante				
		O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
Toluca	AER - Aeropuerto	✓	✓		✓	✓
Toluca	SCH - San Cristóbal H.	✓	✓		✓	✓
Toluca	SLT - San Lorenzo T.	✓	✓	✓	✓	✓
Toluca	OXT - Oxtotitlán	✓	✓	✓	✓	✓
Toluca	TOL - Toluca Centro	✓	✓	✓	✓	✓
Metepec	MET - Metepec	✓	✓		✓	✓
San Mateo Atenco	SMA - San Mateo Atenco	✓			✓	✓

Fuente: DGPCCA

- *Sistema de Monitoreo Atmosférico del Valle de México*

Actualmente el SIMAT está integrado por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) que cuenta con 36 estaciones; la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA), con 12 estaciones; la Red de Depósito Atmosférico (REDDA) con 16 sitios de muestreo; y la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) con 16 estaciones. En la figura 4.2 se ilustra la localización espacial de las estaciones de monitoreo dentro del área urbana.

Figura 4.2. Localización y cobertura de las estaciones de monitoreo del SIMAT



Fuente: DGPCCA

Estaciones del SIMAT dentro del Estado de México por municipio y contaminantes que miden — **Cuadro 4.4**

Municipio	Estación de monitoreo	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Atizapán Z.	ATI - Atizapán		✓				
Coacalco	VIF - Villa de las Flores		✓	✓	✓	✓	
Naucalpan	EAC - ENEP-Acatlán	✓	✓	✓	✓	✓	
Ecatepec	XAL - Xalostoc		✓	✓	✓	✓	
Ecatepec	SAG - San Agustín	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ecatepec	LLA - Los Laureles				✓		
Tlalnepantla	LPR - La Presa				✓		
Tlalnepantla	TLA - Tlalnepantla	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tultitlán	TLI - Tultitlán		✓	✓	✓	✓	
Texcoco	CHA - Chapingo	✓					
Nezahualcóyotl	PER - La Perla *						✓
Acolman	ACO - Acolman *	✓			✓		✓

* Estaciones en etapa de prueba

4.2. Comportamiento de los Contaminantes Criterio

En los siguientes apartados se presentan los indicadores de calidad del aire ambiente, como son el número de días en que se rebasa la norma oficial mexicana de calidad del aire, como los promedios de las concentraciones de cada contaminante, preparados para cada una de las estaciones de la ZMVT así como de los municipios conurbados de la ZMVCT.

4.2.1. Zona Metropolitana del Valle de Toluca

- *Ozono (O_3)*

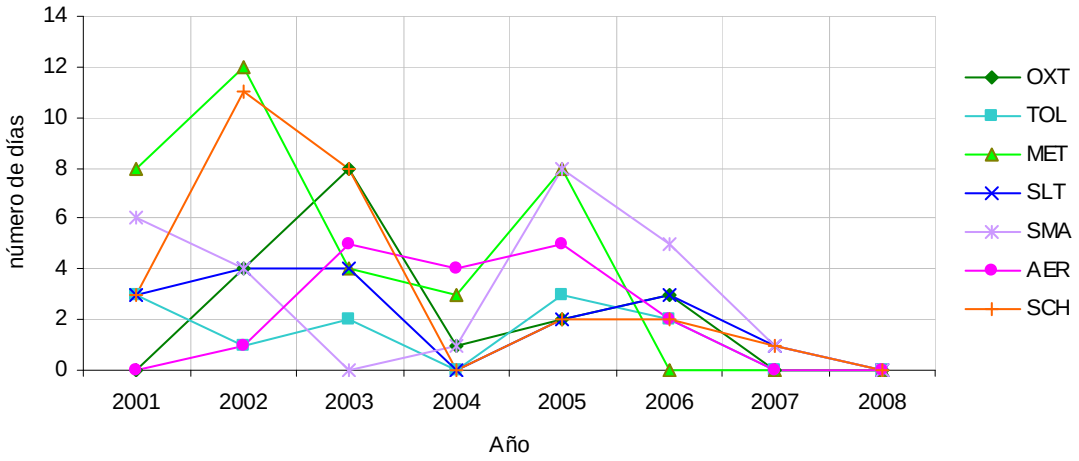
En el cuadro 4.5 se muestra el número de días que superaron el valor máximo permisible establecido en la norma de calidad del aire de O_3 en cada una de las estaciones de monitoreo de la RAMA-T del 2001 al 2008. En general, se puede apreciar una disminución de los días fuera de norma (gráfica 4.1), asimismo, las estaciones MET, SCH y SMA son las que presentan el mayor número de rebases. Dentro del periodo de referencia, el año 2008 ha sido el mejor debido a que no hay faltas a la norma.

Número de días que superan la norma de O_3 en la ZMVT por estación Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.5**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	-	4	8	1	2	3	-	-
Toluca Centro	TOL	3	1	2	-	3	2	-	-
Metepec	MET	8	12	4	3	8	-	-	-
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	3	4	4	0	2	3	1	-
San Mateo Atenco	SMA	6	4	-	1	8	5	1	-
Aeropuerto	AER	-	1	5	4	5	2	-	-
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	3	11	8	-	2	2	1	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.1. Número de días que superan la norma de O_3 en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.5

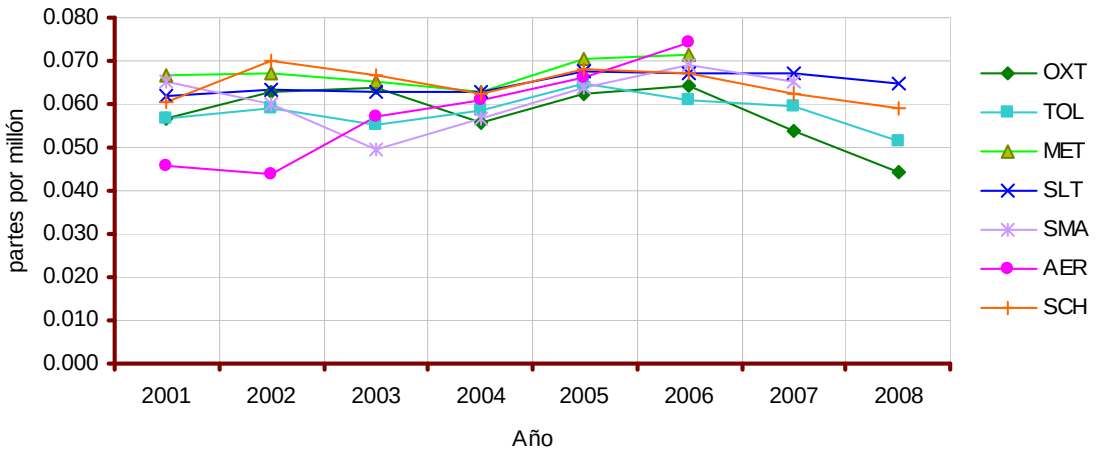
En el cuadro 4.6 se presentan los promedios anuales de las concentraciones de ozono. Se puede apreciar que este contaminante se ha mantenido estable sin rebasar el criterio anual de 0.08 ppm. Sólo hubo un ligero incremento en los años 2005 y 2006 (gráfica 4.2). En orden de importancia, las estaciones MET, SLT, SCH y SMA son en donde se registran las mayores concentraciones pues en promedio, superan las 0.06 ppm.

Promedio anual de la concentración de O_3 en la ZMVT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) **Cuadro 4.6**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	0.057	0.063	0.064	0.056	0.062	0.064	0.054	0.044
Toluca Centro	TOL	0.057	0.059	0.055	0.059	0.065	0.061	0.059	0.051
Metepec	MET	0.067	0.067	0.065	0.063	0.070	0.072	ND	ND
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	0.062	0.063	0.063	0.063	0.068	0.067	0.067	0.065
San Mateo Atenco	SMA	0.065	0.060	0.050	0.056	0.064	0.069	0.065	ND
Aeropuerto	AER	0.046	0.044	0.057	0.061	0.066	0.074	ND	ND
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	0.061	0.070	0.066	0.062	0.068	0.067	0.062	0.059

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.2. Promedio anual de la concentración de O_3 en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.6

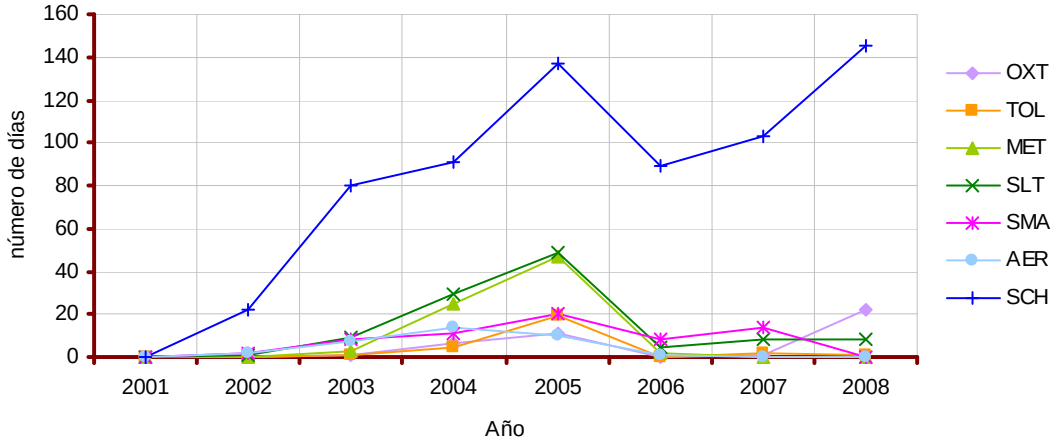
- *Partículas menores de 10 micras (PM_{10})*

El cuadro 4.7 indica el número de días que superaron el valor máximo permisible establecido en la norma de calidad del aire ambiente para las PM_{10} en cada una de las estaciones de monitoreo de la RAMA-T del 2001 al 2008. En primer lugar destaca la estación SCH la cual tiene el mayor número de días en que se rebasa la norma, número que se ha ido incrementando año con año. Le sigue en importancia las estaciones MET y SLT (véase gráfica 4.3). En el 2006 se modificó la norma NOM-025-SSA-1993, por lo que el valor normado de 150 µg/m³ se redujo a 120 µg/m³. A pesar de ello, no parece haber un cambio significativo en la frecuencia del número de días en comparación con los años anteriores.

Número de días que superan la norma de PM_{10} en la ZMVT por estación Del 2001 al 2008									Cuadro 4.7
Estación	**Clave**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Oxtotitlán	OXT	-	-	1	6	11	-	1	22
Toluca Centro	TOL	-	-	1	5	19	-	2	1
Metepec	MET	-	-	3	25	47	2	-	-
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	-	1	9	29	49	5	8	8
San Mateo Atenco	SMA	-	2	8	11	20	8	14	-
Aeropuerto	AER	-	2	7	14	10	1	-	-
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	-	22	80	91	137	89	103	145

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.3. Número de días que superan la norma de PM_{10} en la ZMVT por estación (2001-2008)



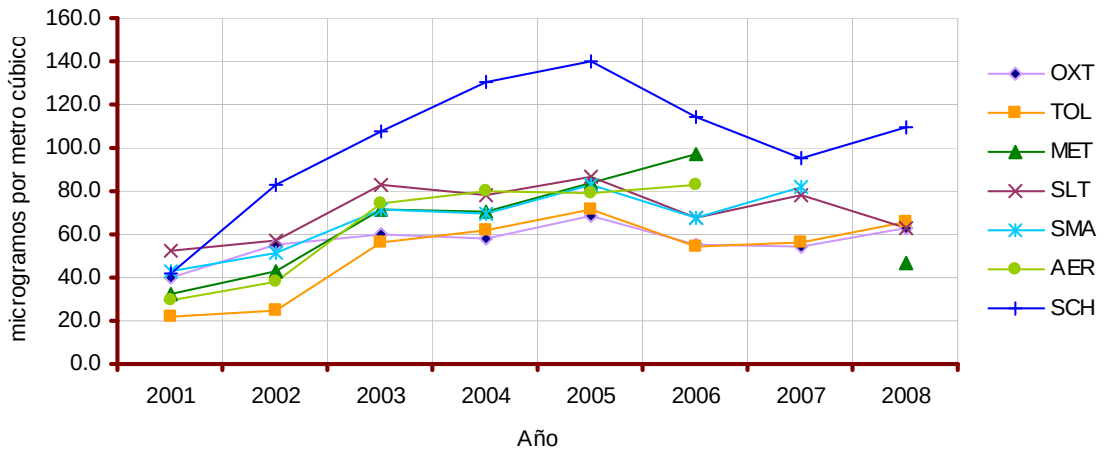
Fuente: Cuadro 4.7

Los promedios anuales de las concentraciones de PM_{10} se muestran en el cuadro 4.8 y gráfica 4.4. La tendencia de este contaminante es a la alza en todas las estaciones. En relación con la estación SCH, a pesar de que muestra un comportamiento a la baja a partir del 2005, sigue manteniendo el promedio más alto de las concentraciones promedio. Si a partir de los datos tabulados se calcula la media de concentración para cada año, resulta que en la ZMVT del 2002 al 2008 se rebasa la norma anual de 50 µg/m³, siendo el año más crítico el 2005 con un promedio de 87.4 µg/m³.

Promedio anual de la concentración de PM_{10} en la ZMVT por estación (2001-2008) Micrograms por metro cpubico (µg/m³)									Cuadro 4.8
Estación	**Clave**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Oxtotitlán	OXT	40.3	55.0	60.4	58.1	68.5	55.2	53.9	63.2
Toluca Centro	TOL	22.0	24.8	56.4	61.9	71.5	54.3	56.3	65.2
Metepec	MET	32.6	42.8	71.0	70.4	83.7	97.3	ND	46.6
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	52.1	56.9	82.7	78.4	86.3	67.6	78.2	63.1
San Mateo Atenco	SMA	42.9	51.5	71.9	69.6	83.3	67.4	81.7	ND
Aeropuerto	AER	29.2	38.3	74.3	80.2	78.7	83.1	ND	ND
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	41.7	82.5	107.2	130.9	140.1	114.4	95.5	109.9

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.4. Promedio anual de la concentración de PM_{10} en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.8

- *Bióxido de nitrógeno (NO_2)*

Se considera que este contaminante no representa un problema de calidad del aire en la ZMVT pues solamente la estación TOL ha rebasado la norma en una ocasión en dos años distintos: 2002 y 2004, lo que de acuerdo con la normatividad, es aceptable (véase cuadro 4.9 y gráfica 4.5).

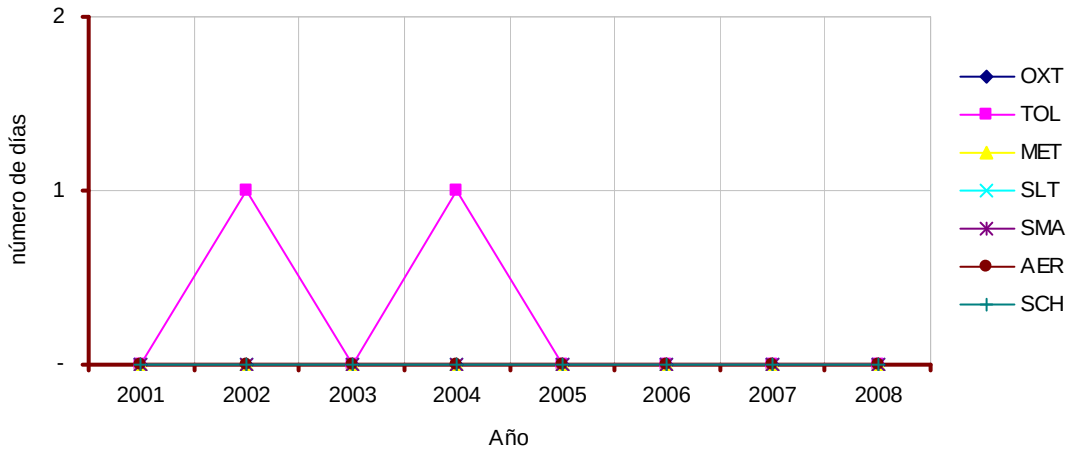
Número de días que superan la norma de NO_2 en la ZMVT por estación Del 2001 al 2008 Cuadro 4.9

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluca Centro	TOL	-	1	-	1	-	-	-	-
Metepec	MET	-	-	-	-	-	-	-	-
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	-	-	-	-	-	-	-	-
San Mateo Atenco	SMA	-	-	-	-	-	-	-	-
Aeropuerto	AER	-	-	-	-	-	-	-	-
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

El cuadro 4.10 señala los promedios anuales de concentración de NO_2. Durante el periodo 2001-2008 se observa un comportamiento estable, excepto en el año 2008, en el cual hay un incremento importante en las estaciones TOL y OXT, las cuales también han registrado los promedios anuales más altos, principalmente la estación TOL (gráfica 4.6).

Gráfica 4.5. Número de días que superan la norma de NO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)



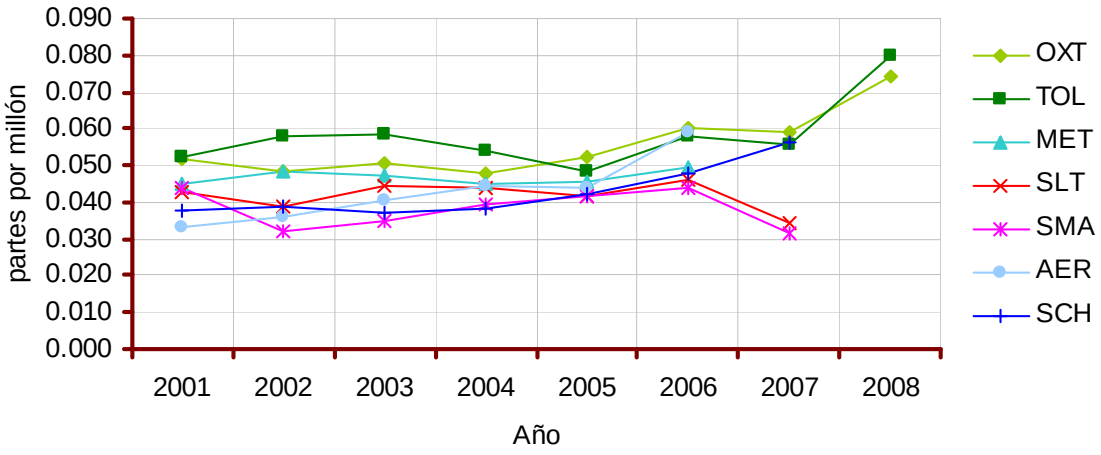
Fuente: Cuadro 4.9

Promedio anual de la concentración de NO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) **Cuadro 4.10**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	0.052	0.048	0.051	0.048	0.052	0.060	0.059	0.074
Toluca Centro	TOL	0.053	0.058	0.058	0.054	0.048	0.058	0.056	0.080
Metepec	MET	0.045	0.049	0.047	0.045	0.045	0.049	ND	ND
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	0.043	0.039	0.044	0.044	0.042	0.046	0.034	ND
San Mateo Atenco	SMA	0.044	0.032	0.035	0.040	0.042	0.044	0.031	ND
Aeropuerto	AER	0.033	0.036	0.040	0.045	0.044	0.059	ND	ND
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	0.038	0.039	0.037	0.038	0.042	0.048	0.056	ND

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.6. Promedio anual de la concentración de NO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.10

- *Bióxido de azufre (SO_2)*

Durante el periodo 2001-2008, este contaminante no presentó rebases a la norma horaria de 0.13 ppm (cuadro 4.12)

Número de días que superan la norma de SO_2 en la ZMVT por estación Del 2001 al 2008 **Cuadro 4.11**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluca Centro	TOL	-	-	-	-	-	-	-	-
Metepec	MET	-	-	-	-	-	-	-	-
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	-	-	-	-	-	-	-	-
San Mateo Atenco	SMA	-	-	-	-	-	-	-	-
Aeropuerto	AER	-	-	-	-	-	-	-	-
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

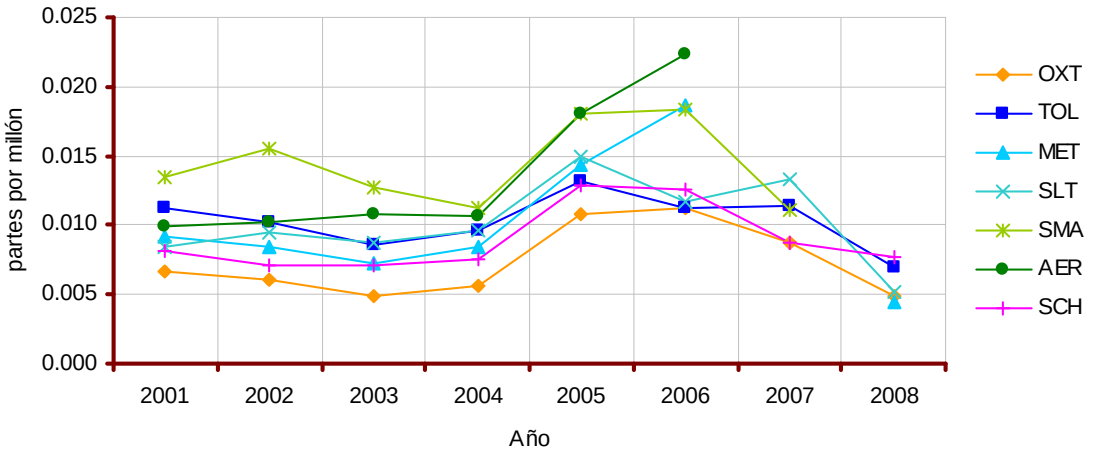
Respecto a la norma anual de 0.03 ppm, tampoco se rebasó en ninguna estación. Los promedios más altos se registraron durante el 2005 y 2006 en las estaciones AER y SMA.

Promedio anual de la concentración de SO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008) Partes por millón (ppm) **Cuadro 4.12**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	0.007	0.006	0.005	0.006	0.011	0.011	0.009	0.005
Toluca Centro	TOL	0.011	0.010	0.009	0.010	0.013	0.011	0.011	0.007
Metepec	MET	0.009	0.008	0.007	0.008	0.014	0.019	ND	0.004
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	0.008	0.009	0.009	0.010	0.015	0.012	0.013	0.005
San Mateo Atenco	SMA	0.013	0.015	0.013	0.011	0.018	0.018	0.011	ND
Aeropuerto	AER	0.010	0.010	0.011	0.011	0.018	0.022	ND	ND
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	0.008	0.007	0.007	0.008	0.013	0.013	0.009	0.008

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.7. Promedio anual de la concentración de SO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.12

- *Monóxido de carbono (CO)*

Durante el periodo 2001-2008, este contaminante no presentó rebases a la norma (cuadro 4.13)

Número de días que superan la norma de CO en la ZMVT por estación Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.13**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluca Centro	TOL	-	-	-	-	-	-	-	-
Metepec	MET	-	-	-	-	-	-	-	-
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	-	-	-	-	-	-	-	-
San Mateo Atenco	SMA	-	-	-	-	-	-	-	-
Aeropuerto	AER	-	-	-	-	-	-	-	-
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

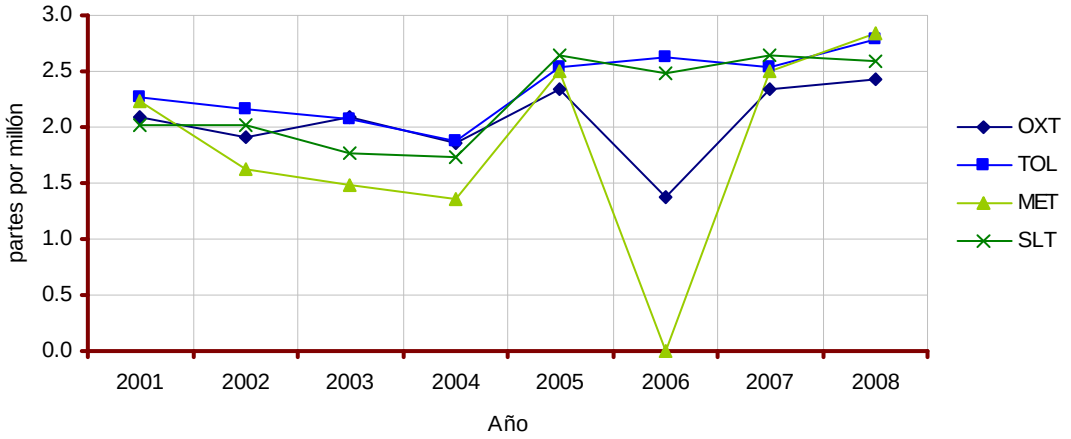
En cuanto al promedio anual de las concentraciones, éste se mantuvo por debajo de 3 ppm en todas las estaciones. A partir del 2005 se observa un ligero incremento en su tendencia (gráfica 4.8).

Promedio anual de la concentración de CO en la ZMVT por estación (2001-2008) Partes por millón (ppm) — **Cuadro 4.14**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Oxtotitlán	OXT	2.1	1.9	2.1	1.9	2.3	1.4	2.3	2.4
Toluca Centro	TOL	2.3	2.2	2.1	1.9	2.5	2.6	2.5	2.8
Metepec	MET	2.2	1.6	1.5	1.4	2.5	0.0	2.5	2.8
San Lorenzo Tepaltitlán	SLT	2.0	2.0	1.8	1.7	2.6	2.5	2.6	2.6
San Mateo Atenco	SMA	ND	ND	ND	ND	ND	2.1	ND	2.1
Aeropuerto	AER	ND	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
San Cristóbal Huichochitlán	SCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos de la RAMA-T

Gráfica 4.8. Promedio anual de la concentración de CO en la ZMVT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.14

4.2.2. Zona Metropolitana del Valle de Cuautitlán-Texcoco

Para esta sección se han considerado sólo los datos de las estaciones de monitoreo localizadas en los municipios mexiquenses que forman parte del Sistema de Monitoreo Atmosférico del Valle de México (SIMAT).

- *Ozono (O_3)*

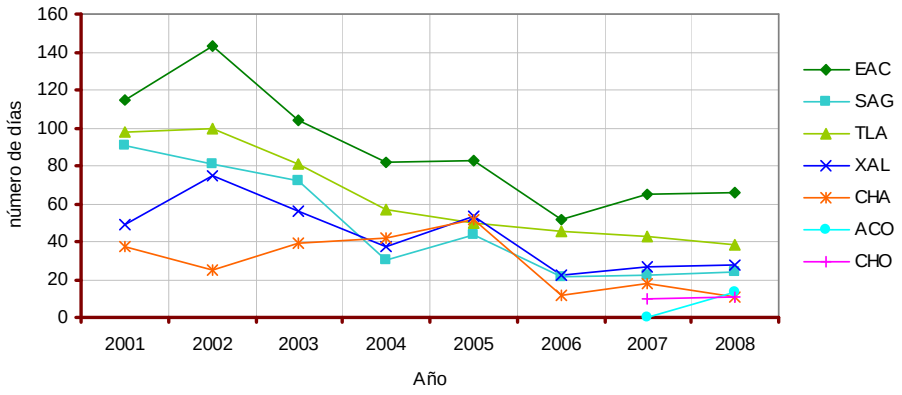
El número de días fuera de norma en cada una de las estaciones muestra una tendencia a la baja. De las siete estaciones, EAC tiene los valores más altos. Las estaciones ACO y CHO se incorporaron al SIMAT en el 2007, por lo que se requieren más años para determinar una tendencia (véase cuadro 4.15 y gráfica 4.9).

Número de días que superan la norma de O_3 en la ZMVCT por estación (2001 al 2008) **Cuadro 4.15**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlan	EAC	115	143	104	82	83	52	65	66
San Agustin	SAG	91	81	72	30	44	21	22	24
Tlalnepantla	TLA	98	100	81	57	50	45	43	38
Xalostoc	XAL	49	75	56	37	53	22	27	28
Chapingo	CHA	37	25	39	42	52	12	18	11
Acolman	ACO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	13
Chalco	CHO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10	11

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.9. Número de días que superan la norma de O_3 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



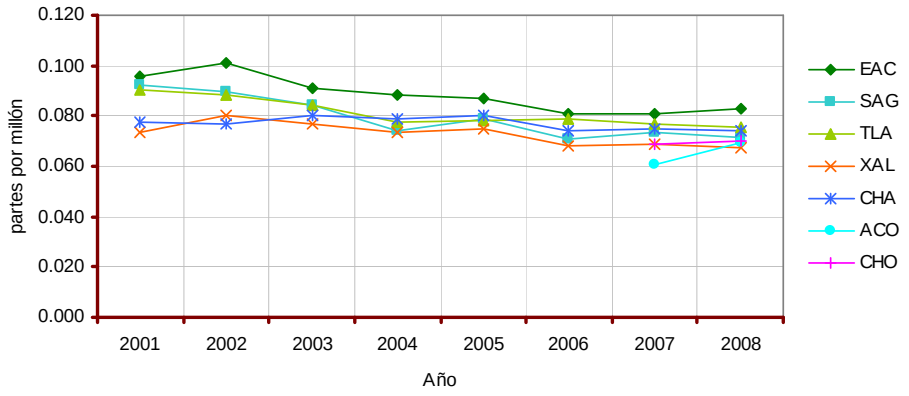
Fuente: Cuadro 4.15

El promedio de los máximos diarios de ozono muestra un comportamiento homogéneo así como una ligera tendencia a la baja en todas las estaciones de monitoreo. Dentro del periodo de análisis, la estación EAC muestra los valores más altos, con un rango de 0.081 ppm a 0.096 ppm. Cabe destacar que en la estación ACO existe un incremento en 2008, a diferencia del resto de las estaciones, sin embargo, se requiere de más años de análisis para poder determinar si hay o no una tendencia a la alta (véase cuadro 4.16 y gráfica 4.10).

Promedio anual de los máximos diarios de O_3 en la ZMVCT por estación (2001-2008) Partes por millón (ppm)									Cuadro 4.16
Estación	**Clave**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Enep Acatlan	EAC	0.096	0.101	0.091	0.088	0.087	0.081	0.081	0.083
San Agustin	SAG	0.092	0.090	0.085	0.074	0.079	0.071	0.073	0.071
Tlalnepantla	TLA	0.090	0.089	0.084	0.078	0.078	0.079	0.077	0.076
Xalostoc	XAL	0.074	0.080	0.077	0.073	0.075	0.068	0.069	0.068
Chapingo	CHA	0.077	0.077	0.080	0.079	0.080	0.074	0.075	0.074
Acolman	ACO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.060	0.069
Chalco	CHO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.069	0.070

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.10. Promedio anual de los máximos diarios de O_3 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



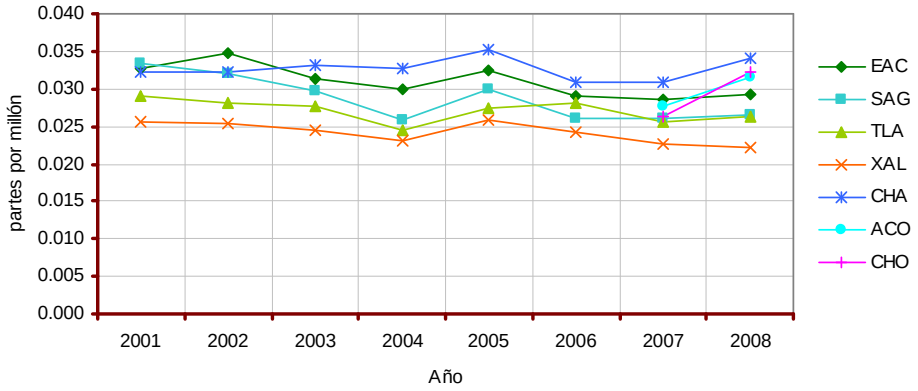
Fuente: Cuadro 4.16

Respecto al promedio anual de concentración de O_3, se puede hablar de un comportamiento similar y una tendencia a la baja en la mayoría de las estaciones, excepto en la estación CHA, la cual muestra una tendencia a la alza, así como ACO y CHO, ambas con un repunte en el 2008. En este indicador, la estación CHA tiene los promedios más altos, seguida de EAC, con valores de 0.035 ppm (véase cuadro 4.17 y gráfica 4.11).

Promedio anual de la concentración de O_3 en la ZMVCT por estación (2001-2008) Partes por millón (ppm)									Cuadro 4.17
Estación	**Clave**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Enep Acatlan	EAC	0.033	0.035	0.031	0.030	0.032	0.029	0.029	0.029
San Agustin	SAG	0.033	0.032	0.030	0.026	0.030	0.026	0.026	0.027
Tlalnepantla	TLA	0.029	0.028	0.028	0.024	0.027	0.028	0.026	0.026
Xalostoc	XAL	0.026	0.025	0.025	0.023	0.026	0.024	0.023	0.022
Chapingo	CHA	0.032	0.032	0.033	0.033	0.035	0.031	0.031	0.034
Acolman	ACO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.028	0.031
Chalco	CHO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.026	0.032

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.11. Promedio anual de la concentración de O_3 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.17

- *Partículas menores de 10 micras (PM_{10})*

Como se mencionó en la sección 4.2.1, en el año 2006 se modificó la norma NOM-025-SSA-1993, razón por la cual el valor máximo permisible de este contaminante pasó de 150 µg/m³ a 120 µg/m³.

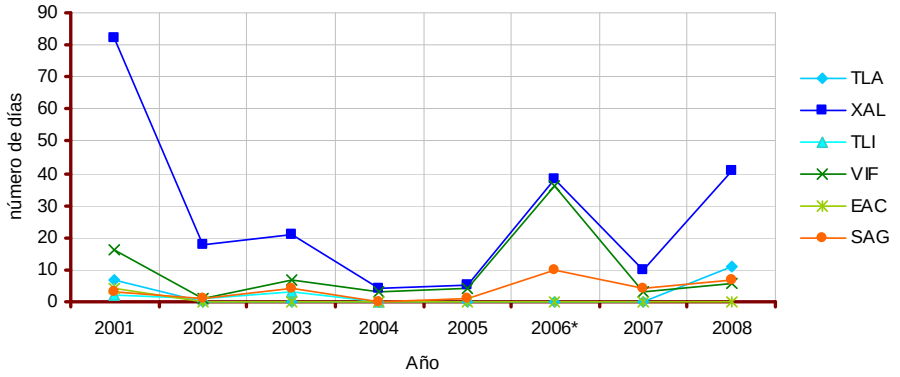
El mayor número de días en que se rebasa la norma de calidad del aire de este contaminante se presenta en la estación XAL, de 20 a 80 días se ha superado la norma. Resulta notorio el año 2006, en el cual dos estaciones, XAL y VIF registraron, respectivamente, 38 y 36 días por arriba de la norma, la cual, como se comentó, se hizo más estricta (véase cuadro 4.18 y gráfica 4.12).

Número de días que superan la norma de PM_{10} en la ZMVCT por estación Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.18**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tlalnepantla	TLA	7	-	-	-	-	-	-	11
Xalostoc	XAL	82	18	21	4	5	38	10	41
Tultitlán	TLI	2	1	3	-	ND	ND	ND	ND
Villa de las Flores	VIF	16	1	7	3	4	36	3	6
Enep Acatlán	EAC	4	-	-	-	-	-	-	-
San Agustín	SAG	3	1	4	-	1	10	4	7

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.12. Número de días que superan la norma de PM_{10} en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.18

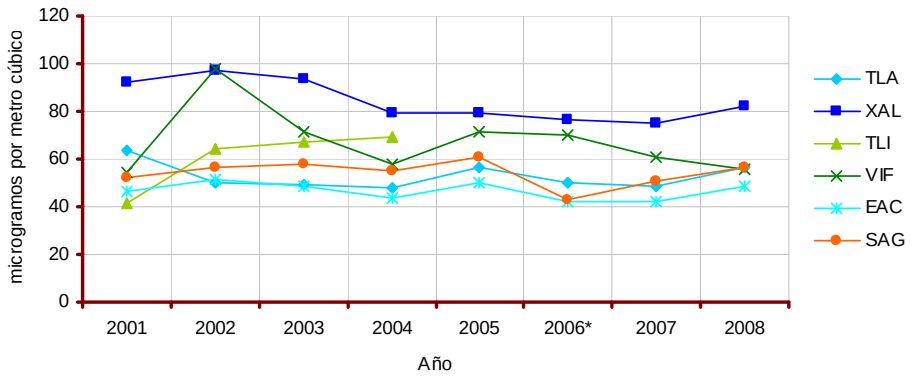
La estación XAL se caracteriza por presentar los promedios más altos de los máximos diarios de partículas, con promedios desde 75 µg/m³ hasta 92 µg/m³ y con una tendencia ligeramente a la baja. Le sigue en importancia la estación VIF con promedios de 55 µg/m³ a 98 µg/m³. Las estaciones restantes tienen un comportamiento estable, sin cambios importantes en su tendencia, excepto TLI, que desde 2001 hasta el 2004 su comportamiento fue a la alza (véase cuadro 4.19 y gráfica 4.13).

Promedio anual de los máximos diarios de PM_{10} en la ZMVCT por estación (2001-2008) **Cuadro 4.19**
Microgramos por metro cúbico (µg/m³)

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tlalnepantla	TLA	63	50	49	48	56	50	49	57
Xalostoc	XAL	92	97	94	79	79	76	75	82
Tultitlán	TLI	41	64	67	69	ND	ND	ND	ND
Villa de las Flores	VIF	55	98	71	58	72	70	60	56
Enep Acatlán	EAC	47	52	49	43	50	42	42	49
San Agustín	SAG	52	56	58	55	61	43	51	57

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.13. Promedio anual de los máximos diarios de PM_{10} en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.19

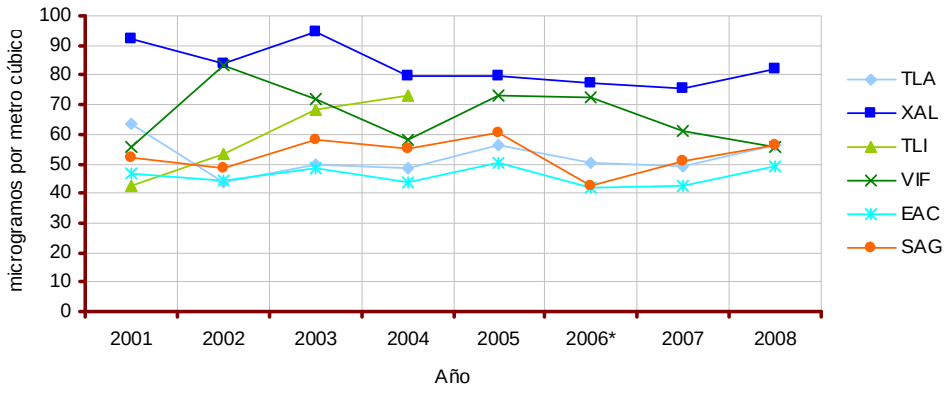
En el cuadro 4.20 y en la gráfica 4.14 se muestran los promedios anuales de PM_{10} por estación para el periodo 2001-2008. Nuevamente la estación XAL presenta los promedios más altos que van de 76 µg/m³ a 94 µg/m³. De las seis estaciones sólo EAC ha cumplido la norma anual de 50 µg/m³.

Promedio anual de la concentración de PM_{10} en la ZMVT por estación (2001-2008)
Microgramos por metro cúbico (µg/m³) — **Cuadro 4.20**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Tlalnepantla	TLA	63	44	50	49	56	50	49	56
Xalostoc	XAL	92	84	94	79	80	77	76	82
Tultitlán	TLI	42	53	68	73	ND	ND	ND	ND
Villa de las Flores	VIF	56	83	72	58	73	72	61	56
Enep Acatlán	EAC	46	44	49	43	50	42	43	49
San Agustín	SAG	52	49	58	55	61	42	51	57

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.14. Promedio anual de la concentración de PM_{10} en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.20

- *Bióxido de nitrógeno (NO_2)*

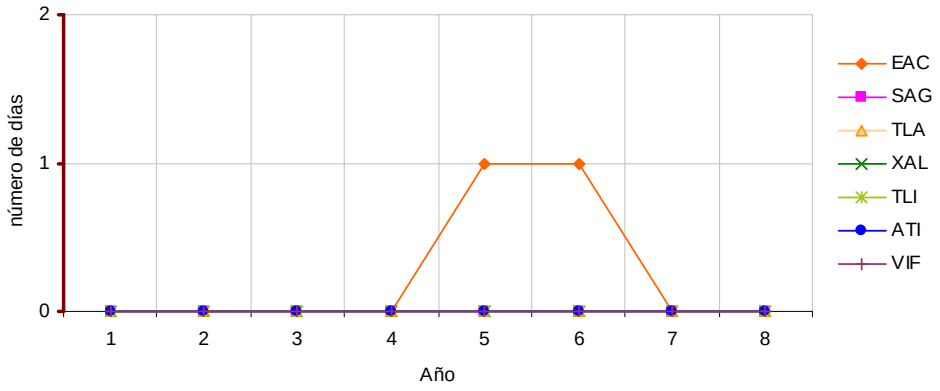
Durante el periodo 2001-2008, este contaminante únicamente ha presentado dos rebases a la norma, uno en 2005 y otro en 2006, ambos en la estación EAC (cuadro 4.21 y gráfica 4.15).

Número de días que superan la norma de NO_2 en la ZMVCT por estación
Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.21**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	-	-	-	-	1	1	-	-
San Agustín	SAG	-	-	-	-	-	-	-	-
Tlalnepantla	TLA	-	-	-	-	-	-	-	-
Xalostoc	XAL	-	-	-	-	-	-	-	-
Tultitlán	TLI	-	-	-	-	-	-	-	-
Atizapán	ATI	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa de las Flores	VIF	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.15. Número de días que superan la norma de NO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.21

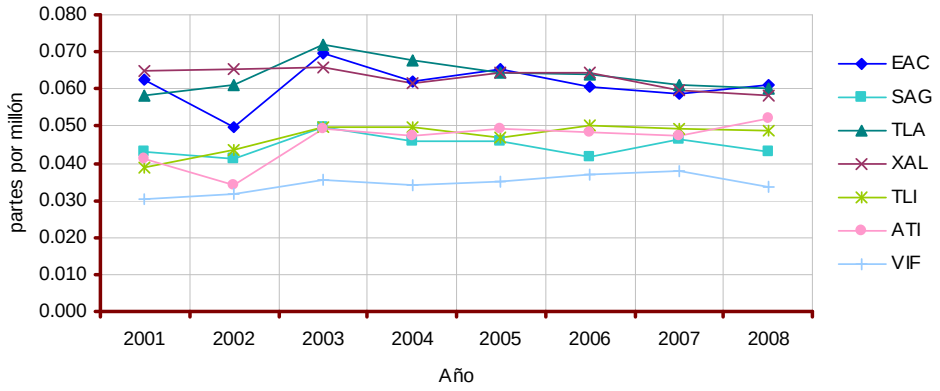
En la mayoría de las estaciones el promedio de los máximos diarios del NO_2 se ha mantenido con una tendencia estable, excepto las estaciones ATI y TLI, las cuales muestran una tendencia a la alza. Los promedios más altos se registran en las estaciones EAC, XAL y TLA, con valores alrededor de 0.060 ppm (cuadro 4.22 y gráfica 4.16).

Promedio anual de los máximos diarios de NO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) — **Cuadro 4.22**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	0.063	0.050	0.070	0.062	0.065	0.061	0.059	0.061
San Agustín	SAG	0.043	0.041	0.050	0.046	0.046	0.042	0.047	0.043
Tlalnepantla	TLA	0.058	0.061	0.072	0.068	0.064	0.064	0.061	0.060
Xalostoc	XAL	0.065	0.066	0.066	0.062	0.064	0.064	0.060	0.058
Tultitlán	TLI	0.039	0.043	0.050	0.050	0.047	0.050	0.049	0.049
Atizapán	ATI	0.041	0.034	0.049	0.048	0.049	0.048	0.047	0.052
Villa de las Flores	VIF	0.030	0.032	0.036	0.034	0.035	0.037	0.038	0.034

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.16. Promedio anual de los máximos diarios de NO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.22

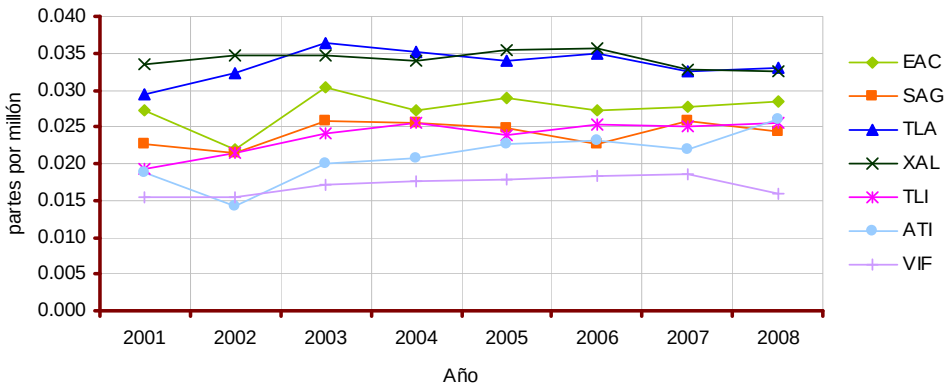
En cuanto al promedio anual de NO_2, los más altos se presentan en las estaciones TLA y XAL, mientras que los más bajos en VIF. La tendencia en cada una de las estaciones es relativamente estable, no obstante, en las estaciones ATI y TLI el comportamiento de este contaminante es ascendente (cuadro 4.23 y gráfica 4.17).

Promedio anual de la concentración de NO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) — **Cuadro 4.23**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	0.027	0.022	0.030	0.027	0.029	0.027	0.028	0.028
San Agustín	SAG	0.023	0.022	0.026	0.025	0.025	0.023	0.026	0.024
Tlalnepantla	TLA	0.029	0.032	0.036	0.035	0.034	0.035	0.033	0.033
Xalostoc	XAL	0.034	0.035	0.035	0.034	0.035	0.036	0.033	0.033
Tultitlán	TLI	0.019	0.021	0.024	0.025	0.024	0.025	0.025	0.026
Atizapán	ATI	0.019	0.014	0.020	0.021	0.023	0.023	0.022	0.026
Villa de las Flores	VIF	0.016	0.016	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018	0.016

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.17. Promedio anual de la concentración de NO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.23

- *Bióxido de azufre (SO_2)*

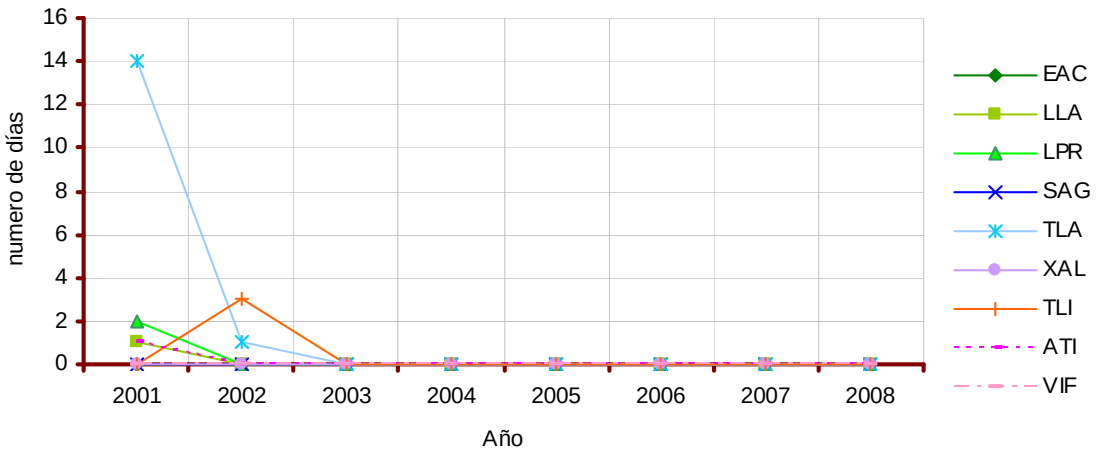
Durante el 2001 y 2002 el SO_2 rebasó ocasionalmente la norma horaria. El mayor registro lo tuvo la estación TLA con 14 días durante el 2001 (cuadro 4.24 y gráfica 4.18).

Número de días que superan la norma de SO_2 en la ZMVCT por estación
Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.24**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlan	EAC	-	-	-	-	-	-	-	-
Los Laureles	LLA	1	-	-	-	-	-	-	-
La Presa	LPR	2	-	-	-	-	-	-	-
San Agustín	SAG	-	-	-	-	-	-	-	-
Tlalnepantla	TLA	14	1	-	-	-	-	-	-
Xalostoc	XAL	-	-	-	-	-	-	-	-
Tultitlán	TLI	-	3	-	-	-	-	-	-
Atizapán	ATI	1	-	-	-	-	-	-	-
Villa de las Flores	VIF	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.18. Número de días que superan la norma de SO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.24

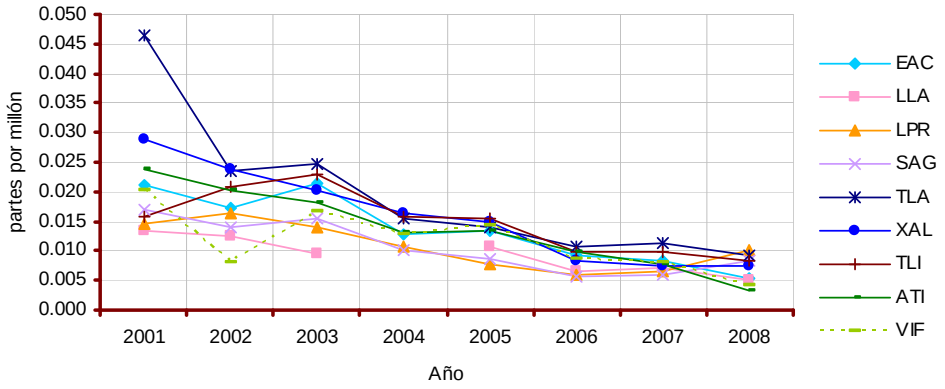
El promedio anual de los máximos diarios del SO_2 muestra en las nueve estaciones una clara tendencia a la baja, así por ejemplo, durante el periodo de referencia, en la estación TLA el promedio pasó de 0.046 ppm a 0.009 ppm. Al 2008 todas las estaciones están por debajo de 0.011 ppm (cuadro 4.25 y gráfica 4.19).

Promedio anual de los máximos diarios de SO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008) **Cuadro 4.25**
Partes por millón (ppm)

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlan	EAC	0.021	0.017	0.021	0.013	0.013	0.009	0.008	0.005
Los Laureles	LLA	0.013	0.012	0.010	ND	0.011	0.007	0.007	0.005
La Presa	LPR	0.014	0.016	0.014	0.011	0.008	0.006	0.006	0.010
San Agustín	SAG	0.017	0.014	0.015	0.010	0.009	0.006	0.006	0.008
Tlalnepantla	TLA	0.046	0.023	0.025	0.015	0.014	0.011	0.011	0.009
Xalostoc	XAL	0.029	0.024	0.020	0.016	0.015	0.008	0.007	0.007
Tultitlán	TLI	0.016	0.021	0.023	0.016	0.016	0.010	0.010	0.008
Atizapán	ATI	0.024	0.020	0.018	0.013	0.013	0.010	0.008	0.003
Villa de las Flores	VIF	0.020	0.008	0.017	0.013	0.014	0.009	0.008	0.004

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.19. Promedio anual de los máximos diarios de SO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.25

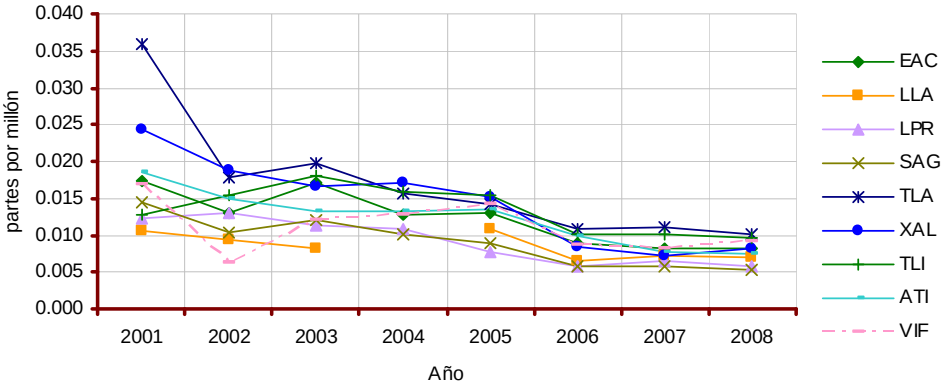
Para el promedio anual de SO_2, también hay una tendencia a la baja, estabilizándose a partir del 2006. Sólamente la estación TLA violó la norma anual de 0.03 ppm en el 2001 (cuadro4.26 y gráfica 4.20).

Promedio anual de la concentración de SO_2 en la ZMVT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) **Cuadro 4.26**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlan	EAC	0.017	0.013	0.017	0.013	0.013	0.009	0.008	0.008
Los Laureles	LLA	0.011	0.009	0.008	ND	0.011	0.006	0.007	0.007
La Presa	LPR	0.012	0.013	0.011	0.011	0.008	0.006	0.007	0.006
San Agustín	SAG	0.014	0.010	0.012	0.010	0.009	0.006	0.006	0.005
Tlalnepantla	TLA	0.036	0.018	0.020	0.016	0.014	0.011	0.011	0.010
Xalostoc	XAL	0.024	0.019	0.017	0.017	0.015	0.008	0.007	0.008
Tultitlán	TLI	0.013	0.015	0.018	0.016	0.016	0.010	0.010	0.010
Atizapán	ATI	0.019	0.015	0.013	0.013	0.014	0.010	0.008	0.007
Villa de las Flores	VIF	0.017	0.006	0.012	0.013	0.014	0.009	0.008	0.009

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.20. Promedio anual de la concentración de SO_2 en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.26

- *Monóxido de carbono (CO)*

Durante el periodo 2001-2008, el CO no ha presentado rebases a la norma (cuadro 4.27).

Número de días que superan la norma de CO en la ZMVCT por estación Del 2001 al 2008 — **Cuadro 4.27**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	-	-	-	-	-	-	-	-
Tlalnepantla	TLA	-	-	-	-	-	-	-	-
Xalostoc	XAL	-	-	-	-	-	-	-	-
Tultitlán	TLI	-	-	-	-	-	-	-	-
Atizapán	ATI	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa de las Flores	VIF	-	-	-	-	-	-	-	-
San Agustín	SAG	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

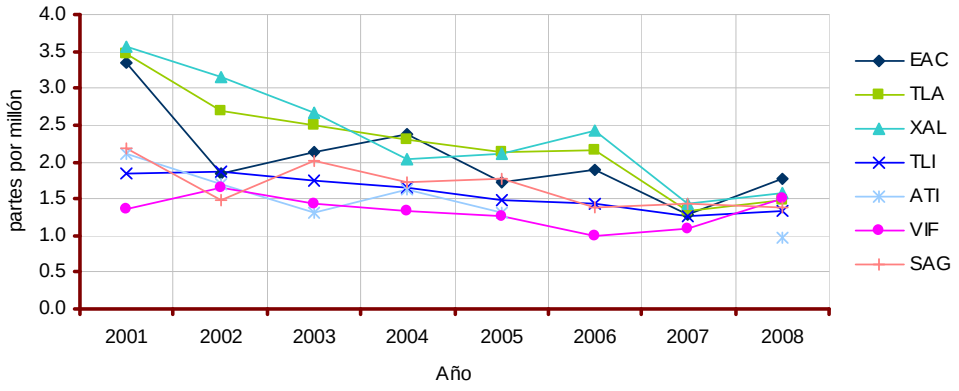
Como se puede observar en el cuadro 4.28 y gráfica 4.21, el promedio anual de los máximos diarios de CO tienen una tendencia a la baja, siendo ésta mucho más marcada en las estaciones XAL y TLA.

Promedio anual de los máximos diarios de CO en la ZMVCT por estación (2001-2008) Partes por millón (ppm) — **Cuadro 4.28**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	3.3	1.8	2.1	2.4	1.7	1.9	1.3	1.8
Tlalnepantla	TLA	3.5	2.7	2.5	2.3	2.1	2.1	1.3	1.5
Xalostoc	XAL	3.6	3.2	2.7	2.0	2.1	2.4	1.4	1.6
Tultitlán	TLI	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3
Atizapán	ATI	2.1	1.7	1.3	1.6	1.3	ND	ND	1.0
Villa de las Flores	VIF	1.4	1.6	1.4	1.3	1.3	1.0	1.1	1.5
San Agustín	SAG	2.2	1.5	2.0	1.7	1.8	1.4	1.4	1.4

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.21. Promedio anual de los máximos diarios de CO en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.28

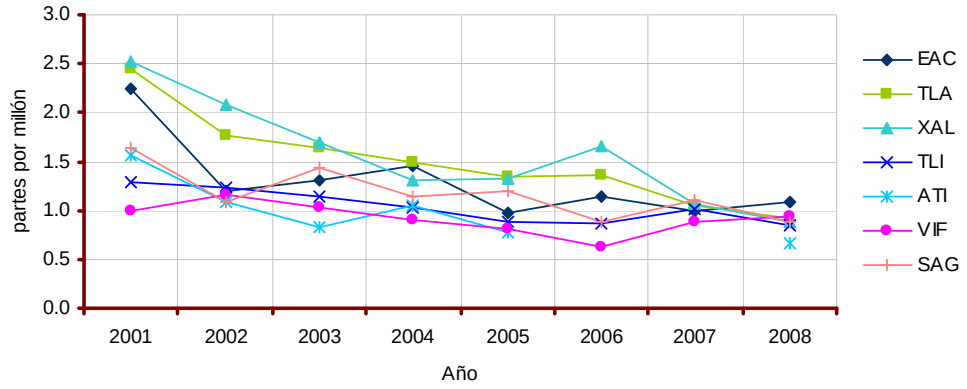
El promedio anual del CO también presenta una tendencia a la baja en la mayoría de las estaciones de monitoreo. La estación VIF es la que tiene una tendencia más estable. Las estaciones XAL, TLA y EAC, son las que muestran la tendencia descendente más marcada que el resto de las estaciones (cuadro 4.29 y gráfica 4.22).

Promedio anual de la concentración de CO en la ZMVT por estación (2001-2008)
Partes por millón (ppm) **Cuadro 4.29**

Estación	Clave	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Enep Acatlán	EAC	2.2	1.2	1.3	1.5	1.0	1.1	1.0	1.1
Tlalnepantla	TLA	2.4	1.8	1.6	1.5	1.3	1.4	1.0	0.9
Xalostoc	XAL	2.5	2.1	1.7	1.3	1.3	1.7	1.1	0.9
Tultitlán	TLI	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8
Atizapán	ATI	1.6	1.1	0.8	1.0	0.8	ND	ND	0.7
Villa de las Flores	VIF	1.0	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	0.9	0.9
San Agustín	SAG	1.6	1.1	1.4	1.1	1.2	0.9	1.1	0.9

ND: no determinado
Fuente: Departamento de Diagnóstico con datos del SIMAT

Gráfica 4.22. Promedio anual de la concentración de CO en la ZMVCT por estación (2001-2008)



Fuente: Cuadro 4.29

4.2.3. Monitoreo en otros lugares de la entidad

La SMAGEM brinda apoyo a los municipios mexiquense respecto al monitoreo de contaminantes en puntos específicos y de acuerdo con sus necesidades, mediante una unidad móvil de monitoreo. Los estudios comprenden por ejemplo, la región hortícola-florícola, en el sur de la entidad; los municipios de la cuenca Río San Juan, en el norte; y monitoreos especiales en la zona oriente con motivo de las exhalaciones del volcán Popocatépetl. En el cuadro 4.30 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos desde 1997 al 2007 y del cual destacan los municipios de Huixquilucan y Aculco en los cuales se ha duplicado o hasta triplicado el valor de la norma de PM_{10}, en otros municipios se ha rebasado la norma de O_3 hasta en 38% como en los casos de Ocoyoac y Huixquilucan, y llama la atención el caso de Temascalcingo en donde se registró un valor de 215 puntos IMECA de NO_2.

Campañas de monitoreo en distintos municipios, 1997-2007 **Cuadro 4.30**
Puntos IMECA, valores máximos

Año	Municipio	Contaminante				
		PM_{10}	O_3	NO_2	SO_2	CO
1997	Almoloya de Juárez	86	88	34	6	NE
1997	Amecameca	54	102	25	10	NE
1997	Calimaya	92	79	16	5	NE
1997	Coatepec Harinas	NE	NE	21	4	44
1997	Ixtapan de la Sal	NE	55	12	5	NE
1997	Ozumba	40	NE	NE	NE	NE
1997	Rayón	NE	82	17	8	NE
1997	Temascalcingo	73	43	215	NE	45
1997	Tenancingo	NE	33	16	6	NE
1997	Tonatico	NE	54	10	4	NE
1997	Villa Guerrero	NE	49	7	14	NE
1997	Zumpahuacán	NE	65	17	4	NE
1998	Acambay	126	93	93	13	24
1998	Aculco	316	85	24	11	44
1998	Jilotepec	52	80	25	24	NE
1998	Ocoyoacac	NE	138	29	17	19
1998	Polotitlán	156	103	90	18	24
1998	Temoaya	39	73	43	8	NE
1998	Timilpan	NE	73	98	NE	NE
2001	Lerma	44	107	25	15	37
2001	Xonacatlán	24	113	23	16	17
2002	Jocotitlán	98	91	79	20	21
2002	Zinacantepec	34	129	28	7	31
2003	Valle de Chalco	116	120	34	55	27
2004	Apaxco	94	105	NE	30	17
2004	Zumpango	71	81	17	20	21
2005	Atizapán de Zaragoza	118	84	31	72	55
2006	Atizapán de Zaragoza	137	87	41	38	60
2006	Huehuetoca	67	79	NE	31	NE
2006	Huixquilucan	263	137	48	18	43
2007	Tultepec	129	97	22	40	39

NE: no estimado
Fuente: DGPCCA, Departamento de Monitoreo

4.3. Contingencias Ambientales Atmosféricas

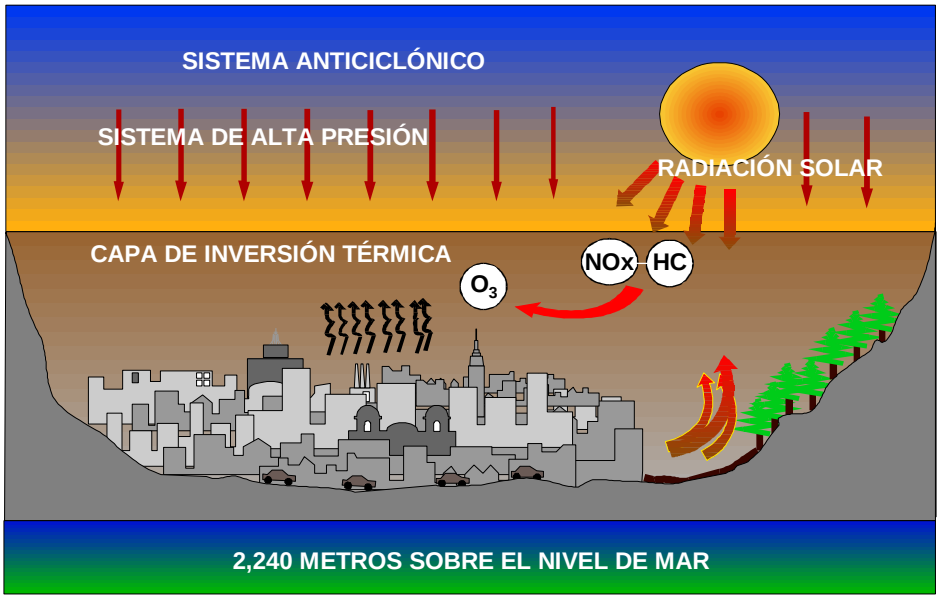
Una *contingencia ambiental atmosférica* es la situación de riesgo, de carácter eventual y transitoria, declarada por las autoridades ambientales cuando la concentración de contaminantes en el aire ambiente alcanza niveles dañinos para la salud de la población, ello debido a actividades humanas o fenómenos naturales.

Durante una contingencia los síntomas que presenta la salud de la población guardan una clara correlación con el aumento de los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos. Los síntomas comúnmente observados son disnea, (dificultad para respirar) cefalea (dolor de cabeza) conjuntivitis (irritación de los ojos), irritación de las mucosas respiratorias y tos.

Cuando la contingencia ambiental dura veinticuatro horas o más, la evaluación de la sintomatología indica efectos importantes en la salud debidos, en parte, al fenómeno sinérgico de los efectos producidos por los contaminantes acumulados el día anterior.

Factores físicos y climáticos que afectan la calidad del aire en la ZMVM **Cuadro 4.31**

- Altitud de 2 240 msnm: procesos de combustión menos eficientes.
- Entorno montañoso: barrera natural para la circulación del viento.
- Intensa radiación solar: generación de contaminantes fotoquímicos.
- Inversiones térmicas: acumulación de los contaminantes.
- Sistemas anticiclónicos: estabilidad atmosférica.



- *Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas*

Ante situaciones de contingencia ambiental, desde 1988 se aplica el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCA) en 18 municipios conurbados del Estado de México y las 16 delegaciones del DF. Este programa es un instrumento de respuesta rápida ante una situación de riesgo derivada de condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión de contaminantes y representa un recurso inmediato para prevenir costos y daños mayores a la salud de la población.

Los objetivos de este programa son:

- Evitar la exposición de la población, en especial, niños, ancianos y enfermos a niveles de contaminación que representen un riesgo para su salud.
- Instrumentar acciones para la disminución gradual de las emisiones contaminantes de las principales fuentes precursoras de O_3 y partículas PM_{10}.
- Disminuir gradualmente la emisión de contaminantes en las principales fuentes: industrias y vehículos.

Al paso del tiempo el PCA ha tenido varias modificaciones, desde la incursión de las partículas PM_{10}, la disminución de los criterios de activación y desactivación del programa, hasta la participación de vehículos con placas extranjeras y de otras entidades del país. El PCA más reciente fue publicado en la *Gaceta del Gobierno* el 30 de junio de 2008 y su Manual de Aplicación, el 23 de octubre del mismo año.

En el cuadro 4.32 se indica la frecuencia de activación del PCA desde 1988 hasta 2008. Cabe recordar que una contingencia por O_3 se aplica en toda la ZMVM, mientras que las de PM_{10} han sido de tipo regional.

Frecuencia de activación del PCA (1988-2008) **Cuadro 4.32**

Fase	Contaminante	
	Ozono	Partículas PM_{10}
Precontingencia	158	1
Contingencia fase I	39	4 [a/]
Contingencia fase II	5	0

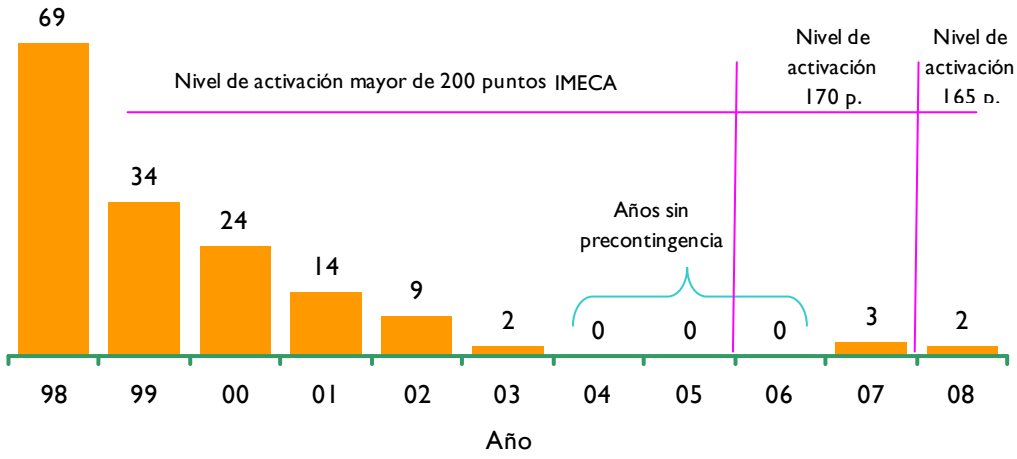
[a/] Corresponden a contingencias regionales
Fuente: DGPCCA

4.3.1. Precontingencia ambiental

Se define *precontingencia* ambiental como la "situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes cuando la concentración de contaminantes en el aire ambiente alcance niveles potencialmente dañinos a la salud de la población más vulnerable tales como niños, ancianos y enfermos de vías respiratorias" (SMAGEM, 2008).

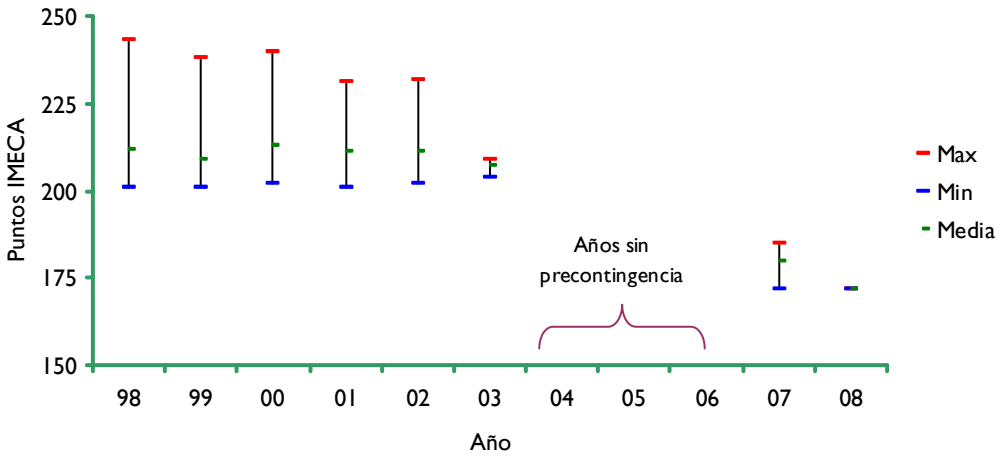
En las gráficas 4.23 y 4.24 se muestra la frecuencia y valores de activación de precontingencia por ozono, de 1998 a 2008. En ambas gráficas destaca una tendencia descendente, a pesar de que los criterios de activación se han vuelto más estrictos, lo cual refleja una mejoría en la calidad del aire.

Gráfica 4.23. Frecuencia de activación de la fase de precontingencia por ozono (1998-2008)



Fuente: DGPCCA

Gráfica 4.24. Valores de activación de la fase de precontingencia por ozono (1998-2008)



Fuente: DGPCCA

4.3.2 Contingencia ambiental

Hasta antes de 1998, el PCA se activaba de forma discrecional, es decir, las autoridades ambientales podían activar o no el programa si consideraban que habían condiciones favorables para la dispersión de los contaminantes. Fue hasta 1998 cuando en el PCA se incluyeron criterios a partir de los cuales se establece la activación inmediata de las acciones preventivas y correctivas, evitando con ello la discrecionalidad. Con el paso del tiempo, tales criterios se han vuelto más estrictos.

En sus inicios, la fase I de contingencia por O_3 se activaba al sobrepasar los 250 puntos IMECA, actualmente el valor criterio es de 195, pero a partir de julio del 2009 irá disminuyendo 5 puntos anualmente, hasta llegar, en el 2011, a 180 puntos (cuadro 4.33).

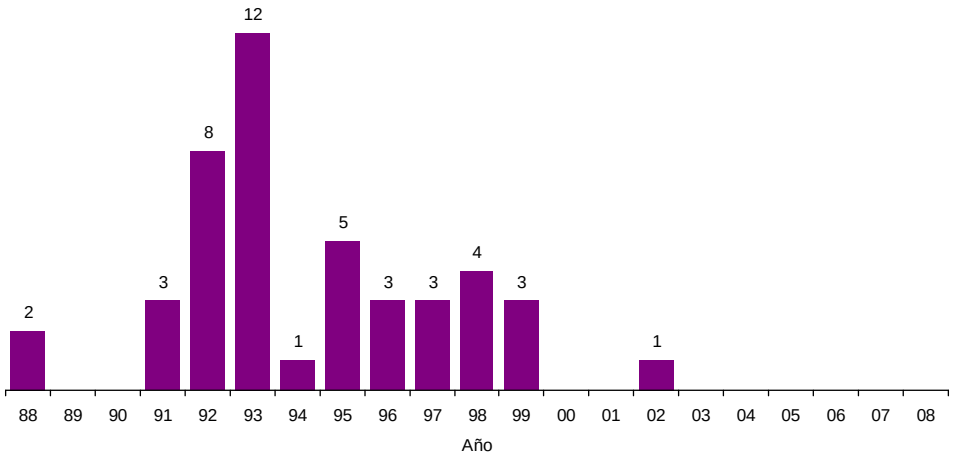
Reducción de los criterios de activación y suspensión del PCA **Cuadro 4.33**

Año de vigencia	Activación				Suspensión			
	Fase I		Fase II		Fase I		Fase II	
	O_3	PM_{10}	O_3	PM_{10}	O_3	PM_{10}	O_3	PM_{10}
1988 / 98	> 250							
1998 / 99	> 240	> 175	> 300	> 300	< 180	< 150	< 180	< 150
1999 / 2006	> 240	> 175	> 300	> 250	< 180	< 150	< 180	< 150
2006 / 08	> 200	> 175	> 250	> 250	< 160	< 150	< 160	< 150
2008 / 09	> 195	> 175	> 245	> 245	< 150	< 150	< 150	< 150
2009 / 10	> 190	> 175	> 240	> 240	< 150	< 150	< 150	< 150
2010 / 11	> 185	> 175	> 235	> 235	< 150	< 150	< 150	< 150
2011…	> 180	> 175	> 230	> 230	< 150	< 150	< 150	< 150

Simbología: (>) mayor de…puntos IMECA; (<) menor de…puntos IMECA
Fuente: Proaire (1996); SEGEM (1998 y 1999), SMAGEM (2006 y 2008)

La gráfica 4.25 muestra el número de veces que se ha activado la fase de contingencia por O_3 desde 1988 hasta 2008. Como se mencionó anteriormente, hasta mediados de 1998 el PCA se aplicaba discrecionalmente, por lo que el número de contingencias puede superar los 37 eventos registrados en 1998 a 1997; también se observa que en 1989 y 1990 no se registran episodios de contingencia. Desde 2003 y hasta 2008 no ha sido necesaria la aplicación de dicha fase, pero sí la de precontingencia en cinco ocasiones.

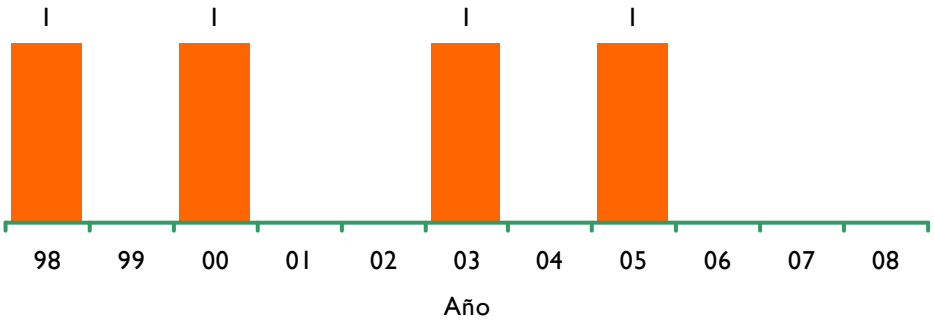
Gráfica 4.25. Frecuencia de activación de la fase de contingencia por ozono (1988-2008)



Fuente: DGPCCA

Respecto a las partículas PM_{10}, su inclusión en el PCA se dio a partir de 1998, motivada principalmente por la cantidad de emisiones provenientes de los incendios forestales. Cabe aclarar que las contingencias declaradas son de carácter regional, es decir, sólo aplican en determinada región de la zona metropolitana donde se registran los valores más altos de este contaminante. Del 2006 al 2008 no ha sido necesaria la activación de la fase I o II, pero sí la de precontingencia en una sola ocasión (gráfica 4.26).

Gráfica 4.26. Frecuencia de activación de la fase de contingencia por partículas PM_{10} (1998-2008)



Fuente: DGPCCA

5. Respuesta: Gestión para Mejorar la Calidad del Aire

Considerar al establecimiento de normatividad y programas de calidad del aire como indicadores ha sido un punto polémico en el desarrollo de indicadores ambientales de respuesta, ya que no se cuenta con la información suficiente para cuantificar su impacto en la solución de la problemática de la contaminación atmosférica (SEMARNAT, 2000). Sin embargo, es importante recalcar que tanto la normatividad como los programas representan instrumentos para la realización de acciones, ya sean preventivas o correctivas. Las estrategias de la política ambiental se fundamentan en el marco jurídico que a continuación se describe.

5.1. Marco jurídico-normativo

Sobre normatividad ambiental, se cuenta con varios instrumentos jurídicos, tanto del ámbito federal como estatal, que permiten prevenir y controlar la contaminación atmosférica. Entre ellos están:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica
- Reglamento de la LGEEPA para la Prevención y Control de la Contaminación Generada por los Vehículos Automotores que circulan por el Distrito Federal y los Municipios de su Zona Conurbada
- Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México
- Código para la Biodiversidad del Estado de México
- Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México

Respecto al control y regulación de las emisiones contaminantes, existen actualmente 38 normas oficiales mexicanas (NOM) para los siguientes temas:

- Fuentes fijas, 14
- Fuentes móviles, 11
- Calidad del aire ambiente, 7
- Monitoreo ambiental de la calidad del aire, 5
- Especificación de la calidad de los combustibles, 1

Todas estas NOM tienen como objetivo proteger la salud de la población y de los ecosistemas, regulando la calidad del aire de las cuencas atmosféricas por medio del establecimiento de límites de emisión de los contaminantes. Entre los atributos considerados para las NOM, se busca que sean de aplicación generalizada, que establezcan límites basados en las características de los ecosistemas

receptores y que abran una amplia gama de posibilidades para que se den cambios tecnológicos con un beneficio ambiental y a la vez para las actividades productivas.

En los cuadros 5.1 al 5.4, se enlistan las NOM vigentes, su descripción y la fecha de publicación en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF).

Normas referentes a fuentes fijas **Cuadro 5.1**

Norma	Descripción	Publicación
NOM-039-SEMARNAT-1993	Establece los límites máximos permisibles de la emisión de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico	22.10.1993
NOM-040-SEMARNAT-2002	Fabricación de cemento hidráulico-niveles máximos de emisión a la atmósfera	18.12.2002 Mod. 20.04.2004
NOM-043-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas	22.10.1993
NOM-046-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión de SO_2, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecilbencensulfónico en fuentes fijas	22.10.1993
NOM-075-SEMARNAT- 1995	Niveles máximos permisibles de emisión de COV provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo	26.12.1995
NOM-085-SEMARNAT-1994	Niveles máximos permisibles de emisión de humos, PST, SO_2 y NO_X. Requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como niveles máximos permisibles de emisión de SO_2 en los equipos de calentamiento directo por combustión	02.12.1994 Modificada 11.12.1997
NOM-092-SEMARNAT-1995	Requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México	06.09.1995
NOM-093-SEMARNAT-1995	Método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo	06.09.1995
NOM-097-SEMARNAT-1995	Límites máximos permisibles de emisión de material particulado y NO_X en los procesos de fabricación de vidrio en el país	01.02.2006
NOM-105-SEMARNAT-1997	Niveles máximos permisibles de emisiones de PST y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa	02.04.1998
NOM-121-SEMARNAT-1995	Límites máximos permisibles de emisión de COV provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios, carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones	14.07.1998
NOM-123-SEMARNAT-1999	Contenido máximo permisible de COV, en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos	14.06.1999
NOM-137-SEMARNAT-2003	Contaminación atmosférica plantas tandard dotas de gas y condensados amargos control de emisiones de compuestos de azufre	30.05.2003
NOM-148-SEMARNAT-2006	Contaminación atmosférica refinerías de petróleo recuperación de azufre	28.11.2007

Normas referentes a fuentes móviles		Cuadro 5.2
Norma	**Descripción**	**Publicación**
NOM-041-SEMARNAT-2006	Límites máximos de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos a gasolina en circulación	06.03.2007
NOM-042-SEMARNAT-2003	Límites máximos de emisión de HC, CO, NO_X y partículas provenientes del escape de los vehículos nuevos con peso bruto vehicular menor de 3 857 kg, que usan gasolina, gas LP, gas natural y diesel, así como de las emisiones de HC evaporativos provenientes del sistema de combustible de tales vehículos	07.09.2005
NOM-044-SEMARNAT-2006	Límites máximos de emisión de HC totales, HC no metano, CO, NO_X, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos a diesel, utilizados en vehículos nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kg	12.10.2006
NOM-045-SEMARNAT-2006	Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos a diesel en circulación	13.09.2007
NOM-047-SEMARNAT-1999	Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos en circulación	10.05.2000
NOM-048-SEMARNAT-1993	Niveles máximos de emisión de HC, CO y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación	22.10.1993
NOM-049-SEMARNAT-1993	Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación	22.10.1993
NOM-050-SEMARNAT-1993	Niveles máximos de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos en circulación que usan gas LP, gas natural u otros combustibles	22.10.1993
NOM-076-SEMARNAT- 1995	Niveles máximos de emisión de HC no quemados, CO y NO_X provenientes del escape, así como de HC evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas LP, gas natural utilizados para la propulsión de vehículos con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kg, nuevos en planta	26.12.1995
NOM-077-SEMARNAT- 1995	Procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos a diesel en circulación	13.11.1995
NOM-080-SEMARNAT-1994	Límites máximos de emisión de ruido provenientes del escape de vehículos, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición	13.01.1995

Normas referentes a calidad del aire ambiente		Cuadro 5.3
Norma	**Descripción**	**Publicación**
NOM-020-SSA1-1993	Valor normado para la concentración de ozono (O_3)	23.12.1994 Mod. 30.10.2002
NOM-021-SSA1-1993	Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO)	23.12.1994
NOM-022-SSA1-1993	Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO_2)	23.12.1994
NOM-023-SSA1-1993	Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2)	23.12.1994
NOM-024-SSA1-1993	Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (PST)	23.12.1994, Mod. 25.09.2005
NOM-025-SSA1-1993	Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas PM_{10} y partícula $PM_{2.5}$	25.09.2005
NOM-026-SSA1-1993	Valor normado para la concentración de plomo (Pb)	23.12.1994

Normas para el monitoreo ambiental: método de medición y calibración de equipo para la determinación de las concentraciones de contaminantes		Cuadro 5.4
Norma	**Descripción**	**Publicación**
NOM-034-SEMARNAT-1993	Determinación de la concentración de CO en el aire ambiente	Todas publicadas el 18.10.1993 en el DOF
NOM-035-SEMARNAT-1993	Determinación de la concentración de PST en el aire ambiente	
NOM-036-SEMARNAT-1993	Determinación de la concentración de O_3 en el aire ambiente	
NOM-037-SEMARNAT-1993	Determinación de la concentración de NO_2 en el aire ambiente	
NOM-038-SEMARNAT-1993	Determinación de la concentración de SO_2 en el aire ambiente	

Además de las NOM también existen las normas mexicanas (NMX), las cuales son lineamientos que establecen especificaciones, métodos de prueba o directrices aplicables a un proceso, actividad u operación. Actualmente, existen 22 normas sobre métodos de prueba de contaminantes atmosféricos, las cuales pueden ser consultadas en el siguiente vínculo: Compendio de estadísticas ambientales 2006, atmósfera, marco normativo de contaminantes atmosféricos:
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio06/Reportes/D3_ATMOSFERA/D3_Aire_01/D3_R_AIRE01_03.htm

Por otra parte, el Código Administrativo del Estado de México faculta a las dependencias del Poder Ejecutivo Estatal a expedir normas técnicas, las cuales son disposiciones administrativas aplicables en el territorio estatal, consistentes en regulaciones técnicas, directrices, características y prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, establecimiento, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación. La SMAGEM ha emitido a la fecha diversas normas técnicas estatales ambientales (NTEA) relativas al índice metropolitano de calidad del aire y a los sistemas de recuperación de vapores en gasolineras ubicadas en la ZMVCT. Dichas NTEA fueron publicadas en la *Gaceta del Gobierno* del Estado de México en la fecha indicada en el cuadro 5.5.

Normas técnicas estatales sobre contaminación atmosférica		Cuadro 5.5
Norma	**Descripción**	**Publicación**
NTEA-004-SMA-DS-2006	Especificaciones de protección ambiental para las etapas de selección del sitio, construcción y remodelación de estaciones de servicio en territorio del Estado de México	02.10.2006
NTEA-007-SMA-DS-2006	Requisitos para elaborar el índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA)	05.06.2007

5.2. Programas de Gestión de la Calidad del Aire

Los Proaires, constituyen uno de los principales instrumentos de la política ambiental para revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades del país. Éstos incorporan medidas para el abatimiento y control de las emisiones de contaminantes y se fundamentan en la relación existente entre la emisión de los contaminantes por las fuentes generadoras y el impacto que ocasionan en la calidad del aire y sobre la salud de las personas. El propósito fundamental de la elaboración de un Proaire es la reducción de las emisiones de las principales fuentes de contaminación y, con ello, prevenir futuras contingencias que provoquen cualquier deterioro ambiental y de salud a la población.

5.2.1. Programas aplicados en la ZMVM

Aunque ya desde 1971 iniciaron los primeros esfuerzos para atender la problemática de la contaminación atmosférica en la ZMVM (véase cuadro 5.6), no fue sino hasta 1990 cuando se comenzaron a instrumentar eficazmente diversos programas para mejorar la calidad del aire, los cuales han cumplido sus objetivos y propuestas en distintos grados. A continuación se brinda una síntesis de las acciones más importantes emprendidas en cada uno de ellos.

Cronología de acciones relevantes en la gestión ambiental del aire 1958-1989 **Cuadro 5.6**

Año	Evento:
1958	• La Secretaría de Salubridad y Asistencia, a través de la Dirección de Higiene Industrial, realiza el Muestreo y Análisis de Gases en la Atmósfera. En esta investigación se detecta la presencia del ciclo fotoquímico del O_3 en la Ciudad de México.
1960	• Primeras investigaciones respecto a calidad de aire: - Estudio del depósito de polvo por gravedad en la Ciudad de México (1960) - Concentraciones atmosféricas de CO y CO_2 en la Ciudad de México (1960) - Contaminación atmosférica causada por el uso de productos de petróleo en la Cd. México (1963)
1966	• Integración de la primera red de monitoreo atmosférico con 4 estaciones (Tlalnepantla, aeropuerto, centro y Tacuba) con equipos para medir SO_2, partículas suspendidas y polvo sedimentable.
1967	• Operación de la Red Panamericana de Muestreo Normalizado a nivel nacional, con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud. En la Ciudad de México se instalan 14 estaciones para medir SO_2, partículas suspendidas y polvo sedimentable. Esta red concluye su operación en diciembre de 1972.
1969	• Inauguración de la Línea 1 del Metro en su tramo Zaragoza-Chapultepec, con 16 estaciones y 12.6 km.
1971	• Promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (DOF, 23 de marzo). • Expedición del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos (DOF, 17 de septiembre). • Formación de la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco.
1972	• Creación, en la Secretaría de Salubridad y Asistencia, de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (DOF, 29 enero). • Reforestación de la ZMVM "Plan Verde" (DOF, 7 de marzo). • Acuerdo que fija las bases a las que se sujetarán la fabricación de equipos y dispositivos para prevenir y controlar la contaminación ambiental (DOF, 14 de julio). • Decreto que señala el otorgamiento de estímulos, ayudas y facilidades a empresas que se establezcan en zonas no industrializadas. Descentralización Industrial (DOF, 20 de julio). • Acuerdo que concede a los industriales nacionales los subsidios que procedan en razón de los equipos y aditamentos que importen con el objeto de evitar, controlar o abatir la contaminación causada por la emisión de humos y polvos (DOF, 14 de agosto). • Adquisición de 22 equipos de alto volumen para medir partículas y reforzar los equipos para medir gases contaminantes en 14 estaciones existentes en la Ciudad de México.
1974	• Instalación de la Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico del Valle de México con 15 estaciones automáticas (Red Philips). Funcionó hasta 1976.
1976	• Elaboración del Plan Maestro del Metro, el Plan de Vialidad y el Sistema de Transporte de Superficie, constituido éste último por autobuses, trolebuses y automóviles de alquiler. • Decreto que fija los límites permisibles de emisiones de los gases de escape de los vehículos automotores nuevos que usan gasolina como combustible (DOF, 29 de octubre).
1977	• Desarrollo del Índice mexicano de la calidad del aire (IMEXCA) basado en el *Pollutant Standard Index* (PSI) de los Estados Unidos de América.
1978	• Creación de la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental (DOF, 25 de agosto).
1979	• Programa Coordinado para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PCMCA) 1979-1982.

Continuación…

1981	• Programa Nacional de Ecología Urbana. • Programa Nacional de Desarrollo Ecológico de los Asentamientos Humanos. • Decreto que establece los estímulos fiscales para el fomento de la actividad preventiva de la contaminación ambiental (DOF, 23 marzo).
1982	• Creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). • Promulgación de la Ley Federal de Protección al Ambiente (DOF, 11 de enero), la cual abroga la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971. • Fundación del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (DOF, 14 de enero). • Acuerdo que establece los lineamientos para determinar el criterio que servirá de base para evaluar la calidad del aire en un determinado momento (DOF, 29 de noviembre).
1984	• Programa Nacional de Ecología 1984-1988. • Programa de obras y acciones del Proyecto Texcoco. • Iniciación del sistema de monitoreo denominado Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) con 25 estaciones, 19 en el DF y 6 en el Estado de México.
1985	• Creación de la Comisión Nacional de Ecología (DOF, 18 abril). • Establecimiento del Índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA).
1986	• Decreto que establece las medidas para controlar la contaminación ambiental en la ZMVM (DOF, 14 de febrero). • Programa de emergencia por episodios de la contaminación del aire en la ZMVM.
1987	• Programa "100 Acciones Necesarias Contra la Contaminación". • Programa Invernal: corrimiento de horarios en los planteles de educación elemental, verificación y diagnóstico de unidades fijas y móviles, paro de vehículos gubernamentales en mal estado, entre otros. • Sustitución gradual de combustóleo por gas natural en termoeléctricas del Valle de México.
1988	• Promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 28 de enero), la cual abroga la Ley Federal de Protección al Ambiente de 1982. • Creación de la Comisión Estatal de Ecología del Estado de México (18 de febrero). • Expedición de las normas técnicas ecológicas sobre niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes de vehículos automotores (DOF, 6 de junio y 19 de octubre). • Programa obligatorio de verificación de automóviles para los modelos 1976-1982. • Conclusión de la Línea 7 El Rosario-Tacuba. La red del Metro llega a 140.4 km y 125 estaciones.
1989	• Lineamientos del Programa Nacional de Conservación Ecológica y Protección al Ambiente 1989-1994 • Plan de contingencias ambientales por contaminación atmosférica en la ZMVM. • Elaboración del primer inventario de emisiones de la ZMVM. • Aplicación del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria. • Iniciación del programa voluntario "Un día sin auto".

Fuente: DGPCCA; SIMAT (2009); SEGOB, Diario Oficial de la Federación, varios años; STCM (s/a); SETRAVI (s/a)

- *Programa Integral de Lucha contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1990-1995*

De 1990 a 1995, la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, instrumentó el Programa Integral de Lucha Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (PICCA), el cual actuó en cinco líneas estratégicas:

1. Investigación local, educación ambiental y participación ciudadana.
2. Una mejor calidad ambiental de los combustibles.
3. Más y mejor transporte colectivo y un transporte individual limpio.
4. Modernización de la industria, incluyendo el control de sus emisiones contaminantes.
5. Reestructuración ambiental del Valle de México.

Con las medidas del PICCA se lograron mejoras sustanciales en la calidad del aire, principalmente respecto al plomo (Pb) y al SO_2. Desde 1992 se logró que la concentración de estos contaminantes se mantuviera por debajo de la norma y que el CO sólo rebasara la norma en un porcentaje reducido de días.

En lo referente a proyectos de investigación y de formación educativa, se pudo ampliar la base científica del conocimiento del problema e informar a la comunidad educativa. En el terreno del transporte, el PICCA se enfocó en la ampliación de la infraestructura de algunos medios masivos. Entre las medidas tecnológicas destacan por su magnitud en costos y reducción de emisiones las relativas a la sustitución de combustóleo por gas natural, a la elaboración de diesel con bajo contenido de azufre, al suministro de gasolina Magna Sin y a la introducción de convertidores catalíticos en vehículos nuevos (cuadro 5.7).

Principales acciones realizadas en el PICCA 1990-1995 **Cuadro 5.7**

Mejoramiento de la calidad de los combustibles

- ✓ Formulación de gasolinas con compuestos de menor reactividad fotoquímica.
- ✓ Publicación de la NOM-086-ECOL-1994, que establece la calidad de los combustibles que se consumen en el país, y particularmente en la ZMVM.
- ✓ Introducción de diesel para uso vehicular con bajo contenido de azufre (0.05 %), denominado Diesel Sin.
- ✓ Introducción de combustóleo con un contenido de azufre menor de 1 %.
- ✓ Adición de éter metil terbutílico (MTBE) y éter metil teramílico (TAME) a las gasolinas para optimizar la combustión y disminuir las emisiones de HC y CO, así como mejorar su índice de octano.
- ✓ Introducción de la gasolina sin plomo Magna Sin para satisfacer los requerimientos de los nuevos automotores 1991 y posteriores equipados con convertidor catalítico.
- ✓ Introducción de las gasolinas oxigenadas Nova y Extra, con 5 % en volumen de MTBE.
- ✓ Reducción de 92 % del contenido de plomo en la gasolina Nova.

Modernización de tecnología de producción e instalación de control de emisiones industriales

- ✓ Clausura de la refinería "18 de Marzo".
- ✓ Instalación de techos flotantes en 47 tanques de almacenamiento de combustible en las terminales Azcapotzalco, Añil, Barranca del Muerto y San Juan Ixhuatepec.
- ✓ Publicación de las normas NOM-092-ECOL-1995 y NOM-093-ECOL995, que establecen la obligatoriedad de la instalación de los sistemas de recuperación de vapores.
- ✓ Eliminación del uso de combustóleo en el Valle de México, es sustituido por gasóleo industrial, el cual contiene un máximo de 2 % de azufre.
- ✓ Empleo de gas natural en las dos termoeléctricas de la ZMVM: Jorge Luque y Valle de México.
- ✓ Alrededor de 365 industrias comenzaron a utilizar gas natural para lo cual se integraron a la Red Metropolitana de Distribución de Gas Natural.
- ✓ Reducción del contenido de plomo en pinturas, barnices, tintes, esmaltes y lacas.
- ✓ Utilización de pintura sin plomo y a base de agua para fines de vialidad y mobiliario urbano.
- ✓ Eliminación del plomo en latas de alimentos, útiles escolares y juguetes.
- ✓ Programa de Verificación Obligatoria de Emisiones Industriales. Se realizaron más de 9 mil inspecciones industriales.
- ✓ Incorporación de equipos de control para partículas.

Continuación…

Racionalización y reestructuración del sistema de transporte urbano
✓ Instalación de convertidores catalíticos en vehículos particulares a gasolina, modelo 1991.
✓ Instalación de convertidores catalíticos en 47 066 taxis y 9 742 microbuses, modelos 1991.
✓ Introducción de convertidores catalíticos de tres vías a partir de vehículos modelo1993
✓ Inauguración de las líneas A Pantitlán-La Paz y 8 Garibaldi-Constitución de 1917, con lo cual la red del Metro llega a 178 km y 154 estaciones.
✓ Consolidación del Sistema de Transporte Eléctrico (tren ligero y trolebuses).
✓ Construcción de pasos a desnivel, obras viales interurbanas y adecuaciones viales.
✓ El programa Hoy No Circula se vuelve permanente y obligatorio.
✓ Desaparecen los centros-taller de verificación y se sustituyen por los *macrocentros* de verificación. La infraestructura instalada en éstos permite realizar las pruebas dinámicas mediante el uso de un dinamómetro el cual simula las cargas a las que está sometido un vehículo en circulación.
✓ Programa para el Uso de Gas LP y Gas Natural Comprimido (GNC) en el Autotransporte Público y Concecionado. Conversión al uso de gas LP de más de 27 mil vehículos de carga y pasajeros.
✓ Aplicación semestral del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria a vehículos a gasolina, diesel y gas LP.
✓ Renovación de la flota de la Ruta 100 con 3 500 unidades de baja emisión de contaminantes.
✓ Incorporación de 4 071 motores nuevos para los autobuses Ruta 100.
✓ Pavimentación de calles en una superficie equivalente a 1.7 millones de metros cuadrados.
Rescate y recuperación de áreas ecológicas frágiles y deterioradas
✓ Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM. Se dividió en cinco áreas: reforestación urbana en el DF, reforestación urbano-agrícola en el Estado de México, recuperación ecológica de las sierras Santa Catarina y Guadalupe. Dicho programa logró la plantación de 41.6 millones de árboles de 1990-1994.
✓ Expropiación de 4 368 hectáreas para la formación del "cinturón verde" y de áreas naturales protegidas.
Investigación, salud y educación ecológica
✓ Desarrollo del Estudio Global de la Calidad del Aire (EGCA) con la participación del Laboratorio Nacional de los Alamos de EE. UU, el IMP, SEDESOL, DDF, Estado de México, CFE y la Secretaría de Salud.
✓ Se realizó el proyecto de investigación sobre partículas suspendidas.
✓ Ampliación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. En 1992, se añaden 7 estaciones, ampliándose de esta manera de 25 a 32 estaciones.
✓ Establecimiento del Sistema de Vigilancia e Investigación Epidemiológica.
✓ Publicación de las normas oficiales mexicanas para evaluar la calidad del aire ambiente respecto a O_3, CO, SO_2, NO_2, PST, PM_{10} y Pb.

Fuente: INE (1994); CMPCCAVM (1995); Proaire (1996)

- *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (Proaire II)*

En marzo de 1996 se presentó a la opinión pública el Proaire II, el cual vino a dar continuidad al PICCA. Este programa fue instrumentado por la Comisión Ambiental Metropolitana, conformada por el ex Departamento del Distrito Federal, el Gobierno del Estado de México, la ex Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y la Secretaría de Salud, con la participación del sector privado y académico.

El objetivo principal fue alcanzar menores niveles de contaminación y reducir el número de contingencias anuales como resultado del abatimiento de 50 % de las emisiones de HC, 40 % de NO_X y 45 % de partículas suspendidas de origen antropogénico, así como reducir 75 % la probabilidad de ocurrencia de contingencias. El programa formuló 94 medidas específicas dentro de cuatro metas:

I. Industria limpia

II. Vehículos limpios

III. Nuevo orden urbano y transporte limpio

IV. Recuperación ecológica

Entre las estrategias planteadas están el mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria, los servicios y vehículos automotores; el mejoramiento y sustitución de energéticos, la oferta amplia de transporte público seguro y eficiente; la integración de políticas metropolitanas, la aplicación de incentivos económicos, el refuerzo de la inspección y vigilancia industrial y vehicular; e información y educación ambientales y participación social.

Con la instrumentación del Proaire II, a lo largo de la década de los noventa hubo un avance en la reducción y contención de los niveles de contaminación atmosférica, a pesar del continuo crecimiento de la población, del número de vehículos y del ritmo de actividad de la metrópoli. De esta forma, las concentraciones de Pb en el aire se redujeron en más de 98 % en comparación con los niveles prevalecientes en 1988; los niveles de SO_2 son ahora muy bajos comparados con la norma; los niveles de CO se han reducido significativamente, aunque aún constituyen un riesgo a la salud en las zonas de mayor tránsito vehicular; y con relación al O_3, se consiguió reducir el promedio anual de los máximos diarios, pasando de 170 a 145 puntos IMECA, durante el periodo 1996-2000.

Entre los principales logros se encuentra lo relacionado con el sector que mayor contribución tiene a la contaminación de al aire: el trasporte, además de la aplicación de una normatividad más estrictas para combustibles industriales, la actualización del programa Hoy No Circula y del Programa de Verificación Vehicular, la revisión del Programa de Contingencia Ambientales, la vigilancia e información epidemiológica y la recuperación de suelos erosionados (cuadro 5.8).

Principales acciones realizadas en el Proaire 1995-2000 **Cuadro 5.8**

Industria limpia

- ✓ Actualización de la NOM-085-ECOL-1994. Se aplican niveles de emisión más estrictos para NO_X, SO_2 y partículas en la industria.
- ✓ Publicación de la NOM-123-ECOL-1998, que establece el contenido máximo de COV en la fabricación de pinturas de secado al aire libre base solvente para uso doméstico.
- ✓ Promoción y regulación de las instalaciones de distribución y uso de gas natural en establecimientos industriales y de servicio.
- ✓ En el Programa de Contingencias Ambientales de 1998 se establecen mecanismos mediante los cuales las industrias pueden exentar el programa, en caso de contingencia.
- ✓ Programa de Autorregulación y Auditoría Ambiental en la Industria. Se crea el sello *Industria Limpia*, otorgado por la PROFEPA.
- ✓ Las termoeléctricas Valle de México y "Jorge Luque" reducen sus operaciones 50 % y 23 %, respectivamente, en los casos de contingencia ambiental atmosférica.
- ✓ Instrumentación de la Fase II del Programa de Recuperación de Vapores en Estaciones de Servicio.
- ✓ Promoción de la extensión arancelaria de los equipos anticontaminantes de importación.
- ✓ Se presenta el primer Informe Nacional de Emisiones Transferencia de Contaminantes (1999).
- ✓ Creación del Centro Mexicano para la Producción más Limpia, con sede en el Instituto Politécnico Nacional.

Continuación…

Vehículos limpios

- ✓ Aplicación de un sobreprecio de tres centavos por litro a la gasolina Nova y de un centavo a la gasolina Magna Sin para incrementar los recursos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México.
- ✓ Entra al mercado la gasolina Magna reformulada, la cual no contienen plomo.
- ✓ A finales de 1996 se comercializa la gasolina Premium, la cual posee un índice de octano mayor que la gasolina Magna reformulada.
- ✓ De noviembre de 1995 a octubre de 1966 se suspende el impuesto sobre vehículos nuevos (ISAN) como incentivo para la renovación vehicular.
- ✓ Publicación del acuerdo para la exención del Programa Hoy No Circula. Asimismo, comienzan a utilizarse los hologramas de verificación Cero, Uno y Dos.
- ✓ El contenido de azufre en el Diesel Sin pasa de 400 ppm a 300 ppm.
- ✓ Niveles más estrictos de emisión de los vehículos en circulación mediante la revisión periódica de la NOM-041-ECOL-1996.
- ✓ Evaluación del Programa de Fomento al Desarrollo e Introducción de Vehículos Híbridos y Eléctricos.
- ✓ Homologación del proceso de verificación entre el Estado de México y el DF. Se crean los *verificentros*, únicos centros autorizados y reconocidos para otorgar los certificados de verificación.
- ✓ Suspensión de la venta de la gasolina con plomo Nova Plus en toda la ZMVM (1997).
- ✓ Firma el convenio marco para el uso de gas natural en unidades de trasporte público de pasajeros.
- ✓ Se comienza a otorgar el holograma Doble Cero para exentar la verificación hasta por dos años (1999).

Nuevo orden urbano y transporte limpio

- ✓ Implementación del Programa de Autorización y Placa Metropolitana.
- ✓ Presentación de la Estrategia Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- ✓ Presentación del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México.
- ✓ Publicación del Programa General de Desarrollo del Distrito Federal y del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.
- ✓ Entra en funcionamiento la Línea B, Buenavista-Ciudad Azteca. La red del metro llega a 201 km y 175 estaciones.
- ✓ Actualización de las normas oficiales mexicanas de calidad de aire respecto a O_3 y PM_{10}.
- ✓ Construcción de vialidades interurbanas con lo cual se mejoran las condiciones de tránsito.

Recuperación ecológica

- ✓ Elaboración de los planes de manejo para distintas áreas naturales protegidas, entre ellas, la Sierra de Guadalupe.
- ✓ Estabilización de salitres de carbonato de sodio en el ex lago de Texcoco.
- ✓ Presentación del Programa Metropolitano de Recursos Naturales.
- ✓ El GEM puso en marcha los programas "Creación de áreas verdes urbanas" y "Manejo de áreas naturales" los cuales sustituyeron al Programa de Reforestación Urbano-Agrícola en 28 municipios.
- ✓ En la zona federal del ex lago de Texcoco se pusieron en operación sistemas de control hidráulico y dos plantas de tratamiento, se reforestaron 500 hectáreas y se dio mantenimiento a 200 hectáreas de cortinas rompevientos.

Fuente: DGPCCA (2000); CAM (s/a)

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

Con el propósito de continuar avanzando en el mejoramiento de la calidad del aire de la ZMVM, en febrero de 2002, la CAM presentó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (Proaire III), el cual consiste en 89 acciones a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo.

Este programa da continuidad al antes publicado para el periodo 1995-2000 y tiene como objetivo principal alcanzar menores niveles de contaminación reduciendo las emisiones y como consecuencia la concentración de contaminantes. Entre las metas específicas se plantea, en el caso del O_3, aumentar el

número de días que las concentraciones estén dentro del límite establecido por la norma, eliminar las concentraciones superiores a 200 IMECA y reducir el número de días en que las concentraciones se encuentren en el intervalo de 101 a 200 IMECA. Para las PM_{10}, se pretende aumentar el número de días en que las concentraciones diarias se encuentren dentro del límite establecido por la norma y reducir el promedio anual de las concentraciones de este contaminante. Se plantea también eliminar las concentraciones de CO que excedan nueve partes por millón (promedio de ocho horas), así como reducir su concentración actual. En el caso del SO_2, las metas consisten en reducir las concentraciones promedios diario y anual, así como evitar la ocurrencia de picos extraordinarios asociados con el uso indebido de combustibles de alto contenido de azufre.

Para alcanzar estas metas, el programa planea la reducción de emisiones. Esta reducción se enfoca a partículas (provenientes de vehículos automotores a gasolina y diesel, polvo de calles y carreteras, aplicación de impermeabilizantes, etc.), NO_X (generados principalmente en los procesos de combustión), COV (provenientes del uso de combustibles y productos orgánicos en los sectores del transporte, la industria, servicios y doméstico) y SO_2 (generado por la combustión en vehículos e industria).

El programa consta de 89 medidas que involucran al transporte, industria, servicios, protección de la salud, conservación de recursos naturales, educación ambiental y fortalecimiento institucional (cuadro 5.9).

Principales acciones realizadas en el Proaire 2002-2010 (avances al 2008) **Cuadro 5.9**

Vehículos y transporte

- ✓ Publicación de la NOM-042-SEMARNAT-2003 la cual alude a los límites de emisiones contaminantes para vehículos nuevos denominados TIER 2.
- ✓ Actualización de la norma oficial mexicana que regula las especificaciones de los combustibles fósiles (NOM-086-SEMARNAT-2003). Dicha norma plantea una reducción paulatina del contenido de azufre en las gasolinas, necesaria para los vehículos de última generación.
- ✓ A partir del 2001 se separa el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria para que los vehículos sólo pudieran verificar en la entidad donde están emplacados.
- ✓ Dentro del Programa Integral de Emisiones Contaminantes (PIREC) se estable la obligación de sustituir el convertidor catalítico dependiendo de su estado físico y no cada 5 años como anteriormente se hacía.
- ✓ Inicia la operación del Metrobús sobre el corredor de Insurgentes con 102 autobuses articulados.
- ✓ Entra en operación el tren suburbano Buenavista-Cuautitlán, con una demanda inicial de 320 mil pasajeros por día y 21 km de recorrido.
- ✓ Se extiende el programa Hoy No Circula a los días sábado "HNC sabatino".
- ✓ Renovación de 1 279 unidades de la RTP, con tecnología de control de emisiones EPA98.
- ✓ Se realizan obras viales como el segundo piso en Periférico Sur y diversos distribuidores viales.
- ✓ Impulso del uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad a través de la construcción inicial de 90 km de ciclopistas, distribuidos en 5 rutas.

Industria

- ✓ Implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en la ZMVM
- ✓ Verificación e inspección industrial, de las cuales 39 % tiene que ver con aire.
- ✓ Se concluyó la primera parte de la repotenciación de la unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México.
- ✓ En las unidades 3 y 4 de la termoeléctrica "Jorge Luque" se instalaron sistemas de control automático de combustión, equipos para baja emisión de NO_X y equipo de monitoreo continuo.

Continuación…

Servicios

- ✓ La CAM y la CANALAVA desarrollan un manual sobre buenas prácticas de operación para el manejo ambiental en las tintorerías de lavado en seco. Asimismo, revisan opciones para el otorgamiento de créditos a los establecimientos que utilizan percloroetileno en su proceso.
- ✓ Se publica la NTEA-002-SEGEM-AE-2004, la cual regula la exploración, explotación y transporte de materiales pétreos en el Estado de México.

Conservación de recursos naturales

- ✓ Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México y del Programa General
- ✓ de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal.
- ✓ En el Estado de México se decretan 22 parques estatales de los cuales 11 involucran a 12 municipios de la ZMVM. La superficie protegida comprende 85 805 ha.
- ✓ Se publican los planes de manejo para los siguientes parques estatales: Río San Lorenzo, Presa Guadalupe, Cerro de los Monos y Cerro el Faro.
- ✓ Puesta en marcha del programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en el Estado de México.
- ✓ Concluye el proyecto para mitigar la emisión de partículas suspendidas en 2 500 ha del ex lago de Texcoco.
- ✓ Continua el proyecto de recuperación de suelos en 1 200 ha de la subcuenca del Río de la Compañía.
- ✓ Se reforma la Ley Ambiental del Distrito Federal en la que se incluye la categoría de área natural protegida denominada *reserva ecológica comunitaria*.
- ✓ Se incrementa el superficie protegida de la Sierra de Santa Catarina, pasando de 576 ha a 748.75 ha.
- ✓ Se realiza el Inventario de Áreas Vedes Urbanas del DF, arrojando 128.3 km^2.
- ✓ Se decreta al Bosque de Chapultepec como *área de valor ambiental*.
- ✓ Se elaboran los Programas de Manejo Integral de los bosques de Chapultepec y de San Juan de Aragón.

Protección de la salud

- ✓ Ejecución del proyecto Vigilancia, Evaluación y Comunicación del Impacto de la Contaminación Atmosférica en la Salud de la Población de la ZMVM.
- ✓ Análisis de las bases de datos de contaminantes atmosféricos para el diseño y logística del Sistema de Vigilancia de Indicadores en Salud asociados a contaminantes atmosféricos.
- ✓ Elaboración del Sistema Alternativo de Vigilancia Epidemiológica para las Zonas Metropolitanas.
- ✓ Actualización del PCA, modificando los criterios de activación para mayor protección a la salud de la población.
- ✓ Revisión y actualización de las normas oficiales mexicanas de calidad del aire para O_3, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2

Educación ambiental

- ✓ Se realiza el 2° Encuentro Metropolitano de Educación Ambiental.
- ✓ La CAM efectúa una campaña de comunicación educativa en radio y televisión sobre agua y aire. Los resultados de ésta se publican en el libro Comunicación Educativa.
- ✓ El GEM firma un convenio con el PNUMA para crear un centro de capacitación ambiental.

Fortalecimiento Institucional

- ✓ La UNAM concluye el Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México.
- ✓ Se preparan los estudios Diseño de una estrategia de gestión de la calidad del aire en el Valle de México 2001-2010 y la segunda etapa Desarrollo de información científica y sistematización de metodologías de evaluación integrada de políticas y opciones para el mejoramiento de la calidad del aire.
- ✓ Inicia la campaña MILAGRO. La cual consiste en medir los contaminantes del aire en sitios dentro y fuera del Valle de México.
- ✓ Se actualiza en inventario de emisiones de la ZMVM para los años 2000 al 2006.
- ✓ El GEM y el GDF elaboran sus inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero.
- ✓ Se realiza una campaña para la medición de COV con la colaboración del CENICA y la UAM-Iztapalapa.
- ✓ El SIMAT instala la red de monitoreo para partículas $PM_{2.5}$ con 15 estaciones de medición; reactiva el Laboratorio de Análisis Ambiental con la instalación y puesta en marcha de los laboratorios de Gravimetría y Medición Atómica; e inicia la operación de tres estaciones nuevas: Iztacalco, Chalco y Acolman.

Fuente; Proaire (2002), CAM (2004), SMAGDF (2006); DGPCCA

5.2.2. Programas aplicados en la ZMVT

- *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*

A partir del Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999, surge Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000, el cual fue presentado a la opinión pública en junio de 1997. El programa se planeó como metas el abatimiento de 40 % de las emisiones de HC, 50 % de los NO_X y 40 % de las PM_{10} para el año 2000. Estuvo conformado por 45 medidas y 185 acciones específicas, distribuidas en 6 subprogramas:

I. Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por el sector transporte
II. Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por el sector industrial
III. Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por fuentes no convencionales
IV Planeación metropolitana e instrumentos de política ambiental
V Participación social
Vi. Actividades de apoyo

En el cuadro 5.10 se indica una síntesis de las principales acciones realizadas en dicho programa.

Principales acciones realizadas en Aire Limpio 1997-2000 **Cuadro 5.10**

Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por el sector transporte

- ✓ Homologación del Programa de Verificación Vehicular aplicado en la ZMVM, adoptando los límites establecidos en la NOM-041-ECOL-1997.
- ✓ Aplicación permanente del Programa Ostensiblemente Contaminante en los municipios de Toluca, Metepec y Lerma.
- ✓ Renovación de 2 147 unidades de transporte de pasajeros con una antigüedad mayor de ocho años.
- ✓ Reordenación de rutas de transporte y cambios de sentido, semaforización en 16 intersecciones, 22 400 metros de señalamiento horizontal y 1 500 tableros verticales en la zona centro de Toluca.
- ✓ Construcción de tres puentes sobre el Paseo Tollocan: Instituto Tecnológico, Bulevar Aeropuerto y Emiliano Zapata.
- ✓ Elaboración del Programa Vial y de Transporte de la ZMVT, con una cartera de 15 proyectos a desarrollar.
- ✓ En septiembre de 1997 se dejó de expender la gasolina con plomo Nova.

Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por el sector industrial

- ✓ Se aplicó de manera permanente un programa de inspección y vigilancia por cada uno de los órdenes de gobierno representados por la PROFEPA, la SEGEM y las áreas de medioambiente de los gobiernos municipales.
- ✓ La SEGEM realizó una estimación de la generación de HC generados durante el manejo y distribución de gas LP, así como por fugas de origen doméstico.
- ✓ En 1998 arrancó el programa de autorregulación y auditoría ambientales.
- ✓ Al igual que en la ZMVM, PEMEX puso a disposición combustible con bajo contenido de azufre: combustóleo con 4 % máximo de azufre en peso; diesel industrial, 5 %; y gasóleo, con 2 %.
- ✓ Se llevó a cabo la ampliación de la red de gas natural hacia las zonas industriales, comerciales y habitacionales de siete municipios metropolitanos del Valle de Toluca.
- ✓ La SEGEM, el INE, el ININ, la CONAE y el Instituto de Investigación y Fomento a las Artesanías del Estado de México realizaron una serie de estudios respecto al cambio de combustible, caracterización de contaminantes, incorporación de sistemas de control y la modernización de los hornos artesanales de tabique rojo.
- ✓ Se establecieron los criterios ambientales para la regularización de minas de explotación de materiales pétreos no consolidados (Gaceta del Gobierno, 25.04.1997)

Continuación…

Prevención y control de la contaminación atmosférica originada por fuentes no convencionales
✓ Se llevó a cabo la campaña permanente de vigilancia y combate de incendios forestales. Se realizó la capacitación de brigadistas, se efectuó la apertura y mantenimiento de brechas corta fuego, se desarrollaron campañas de comunicación y quemas controladas demostrativas.
✓ Se mantuvieron las campañas de reforestación urbana y se efectuaron trabajos de riego y saneamiento de plantaciones con plagas como la del desfoliador del sauce llorón.
Planeación metropolitana e instrumentos de política ambiental
✓ Se decreta la Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México (1997), la cual sustituyó a la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México (1991). El Reglamento de Prevención y Control de la Atmosférica se publicó el 19 de noviembre de 1998.
✓ Elaboración del Diagnóstico Ambiental de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.
✓ Preparación de los inventarios de emisiones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Toluca "Adolfo López Mateos", así como él de los hornos para la fabricación artesanal de tabique rojo.
✓ Elaboración del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. De este programa se derivaron la tipificación ecológica, el sistema estatal de áreas naturales protegidas, la carta de factibilidad ambiental y un modelo de ordenamiento ecológico.
✓ La SEGEM preparó una guía para la integración de los programas municipales de protección al ambiente.
✓ Actualización del Plan Regional Metropolitano de Toluca, el cual amplió su cobertura de siete a veintidós municipios, logrando con ello un enfoque integral territorial.
✓ Actualización de los Planes de Centro de Población Estratégicos de Lerma, Metepec, San Mateo Atenco y Zinacantepec.
✓ Incorporación de los reportes mensuales de la calidad del aire de la ZMVT a la página *web* de la SEGEM en Internet (1999).
✓ Realización de monitoreos especiales con la unidad móvil de la RAMA-T en las zonas industriales de Toluca, Lerma, Ocoyoacac y Zinacantepec con la finalidad de identificar zonas críticas.
Participación ciudadana
✓ A través del Programa de Inversión Estatal, se brindó apoyo a las organizaciones no gubernamentales que propusieran proyectos productivos, de desarrollo sustentable y de ecuación ambiental
✓ Distintas empresas, principalmente del corredor industrial Toluca-Lerma, se involucraron en actividades de reforestación y mantenimiento de áreas verdes, donación de contenedores de basura, dotación de abono, limpieza de avenidas y encalado de árboles.
✓ Suscripción del convenio de coordinación de acciones en materia ecológica con el Consejo de Industriales Ambientalistas de Estado de México, con la finalidad de conciliar el desarrollo industrial con la protección al ambiente.
✓ Fortalecimiento de los Consejos Municipales de Protección al Ambiente.
✓ Firma del convenio de coordinación para la atención de quejas y denuncias en materia ambiental mediante el sistema *Ecotel* con los cinco municipios metropolitanos del Valle de Toluca.
✓ Desarrollo de tres campañas de comunicación social para la difusión del programa Aire Limpio y sus acciones.

Fuente: DGPCCA (2003)

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

El Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 surge como una iniciativa para dar continuidad y reforzar las acciones emprendidas una década atrás. Este programa fue presentado en agosto de 2007 y tiene por objetivo revertir la tendencia ascendente del número de días en que se rebasa la norma de partículas PM_{10}, controlar los niveles de concentración de O_3 y mantener dentro de norma los restantes contaminantes criterio, mediante la aplicación de una serie de medidas de control y reducción de emisiones en fuentes fijas, móviles y naturales, con la finalidad de proteger la salud de los habitantes de la ZMVT, así como reducir los costos derivados por enfermedades respiratorias. Este programa está integrado por 27 medidas distribuidas en seis estrategias:

I. Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área
II. Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte
III. Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios
IV. Protección a la salud
V. Fomento a la educación ambiental
VI. Fortalecimiento de los instrumentos de gestión ambiental

Hasta hoy se tienen los siguientes avances (cuadro 5.11).

Principales acciones realizadas en Aire Limpio 2007-2011 (avance al 2008) Cuadro 5.11

Reducción de emisiones en fuentes naturales y de área

- ✓ Campañas de reforestación en la Marquesa y en Loma Bonita, paraje Los Pocitos (Ocoyoacac).

Reducción y control de emisiones en vehículos y transporte

- ✓ A partir de la publicación de la NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos, se reforzó el programa de verificación vehicular. Actualmente en la ZMVT operan doce verificentros.
- ✓ El INE realizó una campaña de medición remota de emisiones vehiculares con la finalidad de evaluar la aplicación del HNC en la ZMVM.
- ✓ Los proyectos de infraestructura vial en el valle de Toluca consisten en la construcción de los anillos concéntricos, cuyo proyecto está contemplado en el Plan de Ordenamiento Vial del Valle de Toluca, formando parte de estos anillos concéntricos, los puentes Juárez y Colón, el Libramiento sur de Metepec, el libramiento nororiente de Toluca, los cuales ya fueron construidos.

Reducción y control de emisiones en la industria, comercios y servicios

- ✓ De 2007 a 2008 se han inscrito al programa de autorregulación y auditoria ambiental siete nuevas empresas.
- ✓ Creación del Comité de Ordenamiento Ecológico Territorial de la ZMVT. Actualmente el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la ZMVT se encuentra en proceso de elaboración.

Protección a la salud

No se cuenta con información en este rubro.

Fomento a la educación ambiental

No se cuenta con información en este rubro.

Fortalecimiento de los instrumentos de gestión

- ✓ Actualización del inventario de emisiones de la ZMVM, año base 2004.
- ✓ Actualización del Plan de desarrollo municipal de Metepec.

Fuente: DGPCCA

- *Acciones de infraestructura vial*

En el marco del Plan de Desarrollo del Estado de México 2005-2011, el GEM, en coordinación con el gobierno federal y los ayuntamientos, ha realizado diversas obras viales y de infraestructura carretera las cuales contribuyen al desarrollo socioeconómico de la entidad y permite una adecuada movilidad de las personas, bienes y servicios, además, éstas coadyuvan a mejorar las condiciones del tránsito vehicular, con lo cual hay una disminución de las emisiones contaminantes a través del aumento de la velocidad de crucero. De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones (SCGEM, 2009) y la Junta de Caminos del Estado de México (JCEM, 2009), del 2006 al 2009 se han realizado las siguientes obras en la ZMVT:

- ✓ Construcción del libramiento Amomolulco-San José El Llanito (Lerma).
- ✓ Construcción del puente "Compromiso Lerma" (Lerma).
- ✓ Construcción del libramiento José María Morelos Bicentenario (Metepec).
- ✓ Modernización de la Avenida Tecnológico (Metepec).
- ✓ Pavimentación y ampliación de la Av. 2 de Abril, tramo Av. Juárez, Barrio San Lucas, a la Av. Tecnológico (San Mateo Atenco).
- ✓ Rehabilitación de la Av. Alfredo del Mazo (Toluca).
- ✓ Modernización de la carretera Tonatico a Toluca (Toluca).
- ✓ Pavimentación y adecuación geométrica de las avenidas Albert Einstein e Industria Química (zona industrial de Toluca).
- ✓ Rehabilitación del Paseo Tollocan en sus tramos Monumento Zapata-Puerta Tolotzin-Puente Avenida Juárez (Toluca y Lerma).
- ✓ Rehabilitación y acondicionamiento del circuito vial Cabecera Municipal-San Antonio Acahualco-Flores Magón-San Pedro Tejalpa (Zinacantepec).

Actualmente se encuentran en proceso de construcción:

- ➢ Rehabilitación de la Av. Estado de México, tramo Av. Tecnológico - San Gaspar Tlalhuelilpan (Metepec). Avance de 90 %.
- ➢ Bulevar Aeropuerto: Ampliación a 10 carriles, obras inducidas, liberación del derecho de vía y Construcción de paso superior vehicular en la lateral norte del Paseo Tollocan-Entrada Boulevard Aeropuerto (Toluca y Lerma). Avance de 79 %.
- ➢ Ampliación y rehabilitación de la calzada al Pacífico (Toluca y Zinacantepec). Avance 70 %.
- ➢ Construcción del Distribuidor Vial Tollocan - Aeropuerto y puentes vehiculares (Toluca y Lerma). Avance de 65 %.
- ➢ Construcción del Circuito metropolitano exterior de Toluca, tremo AV. Las Torres-Bulevar José María Morelos y Pavón (construcción de 14.3 km de 51.1 km). Avance de 28 %.
- ➢ Ampliación a cuatro carriles de la carretera Toluca-Naucalpan, tramo Bulevar Miguel Alemán-Xonacatlán. (El GEM participó con el proyecto por 4 millones de pesos. La obra está a cargo de la SCT con recursos federales). Avance de 6 %.
- ➢ Prolongación de Av. Tecnológico, 2.ª etapa (Metepec). Avance de 5 %.

- ◆ *Estudio de restricción a la circulación un día la semana al transporte de pasajeros (HNC).*

A finales de 2007 la Secretaría de Transporte (STGEM) promovió la aplicación de la restricción a la circulación un día a la semana al transporte público de pasajeros de la ZMVT, similar al HNC en la ZMVM, con el fin de reestructurar las rutas y modernizar las unidades, así como abatir los niveles de contaminación atmosférica. Fue así que la SMAGEM estimó la reducción de emisiones bajo cinco escenarios de aplicación. En el cuadro 5.12 se puede apreciar, por ejemplo, que la restricción al

trasporte de pasajeros representa una reducción de emisiones de 8.1 %, es decir, que diariamente se dejarían de emitir 165 toneladas de contaminantes; en tanto los autos particulares, 64 toneladas y los camiones de carga, 39 toneladas. Sin embargo, aplicando el HNC a toda la flota vehicular se dejarían de emitir 269 toneladas por día, lo que representa una reducción de 13.2 %.

Reducción de emisiones por la aplicación del HNC en la ZMVT según escenario **Cuadro 5.12**

Escenario	Total Vehículos	Total de emisión (tonelada/día)	Emisión aplicando el HNC (tonelada/día)	Vehículos que dejarían de circular diariamente	Reducción de emisiones (tonelada/día)	(%) de Reducción
Toda la flota vehicular	322 549	2 031.3	1 762.8	37 133	268.5	13.22 %
Autos particulares	242 443	653.1	589.2	23 725	63.9	3.15 %
Transporte de Carga	57 020	221.8	182.5	10 109	39.3	1.94 %
Servicio público	23 086	1 156.3	991.1	3 299	165.2	8.13 %
Público y Carga	80 106	1 378.1	1 173.6	13 407	204.5	10.07 %

Fuente: DGPCCA (2008b)

La SEMAGEM consideró pertinente realizar más estudios para conocer el impacto real de las emisiones de los vehículos automotores en la calidad del aire, ya que de los más de 322 mil vehículos que circulan diariamente, menos de 40 % realiza la verificación vehicular. Ante ello, durante el primer trimestre de 2009 el INE realizó un estudio de detección remota de emisiones en fuentes móviles. Hasta el corte del presente informe (junio), se estaban analizando los más de 46 mil vehículos muestreados en diferentes puntos de la ZMVT. Los resultados de este estudio podrán orientar la toma de decisión y determinar la viabilidad o no de aplicar el programa HNC en la ZMVT.

Pero ¿Por qué aplicar el HNC en la ZMVT?

En la ZMVT cada vez más los niveles de partículas PM_{10} y de O_3 rebasan con mayor frecuencia los límites máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas referentes a la calidad del aire ambiente, lo cual afecta la salud de la población, en especial, la de los niños y adultos mayores.

De acuerdo con el *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca 2004*, los vehículos automotores generan 99 % del CO, 88 % de los NO_X, 87 % del SO_2, 73 % de los COV, 68 % de las $PM_{2.5}$ y 25 % de las PM_{10}; por tanto, es necesario emprender las medidas para reducir tales emisiones, a fin de administrar mejor el recurso aire y de preservar los ecosistemas tanto urbanos como naturales.

A pesar de que la ZMVT no muestra los altos índices de contaminación que alguna vez tuvo la ZMVM durante la década de los noventa, lo que obligó a instrumentar el programa Hoy No Circula como una medida de emergencia, la restricción a la circulación en esta región debe considerarse como una medida preventiva ante el acelerado crecimiento del parque vehicular, el cual tan solo del año 2007 al 2009 pasó de 322 mil vehículos a 382 mil, esto es, un incremento de 16 %, lo cual conlleva a la saturación de vialidades, a mayor tráfico, a la disminución de la velocidad de crucero, y en consecuencia, al aumento del consumo de combustibles y de las emisiones contaminantes.

La Estrategia II del Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011 señala el fortalecimiento de los programas correspondientes a Verificación Vehicular y Vehículos Ostensiblemente Contaminantes y que la restricción vehicular puede contribuir no sólo al cumplimiento de las metas de dicho programa, sino también a la utilización de tecnologías más modernas para el control de emisiones vehiculares, a incentivar la renovación de la flota vehicular; a la agilización del tránsito, al desconcentrar vialidades y a incrementar la velocidad de traslado, reduciendo con ello las emisiones contaminantes. Además de significar ahorro en el consumo de combustibles fósiles que se traduce en dejar de emitir contaminantes dañinos para la salud humana, así como de gases de efecto invernadero, contribuyendo con la política de ahorro de energía.

No obstante, la implementación del HNC debe ir acompañada de una serie de medidas adicionales tales como mejora de la calidad de los combustibles, impulsar el transporte masivo de pasajeros de mediana y gran capacidad; incentivar vehículos de ultrabajas emisiones como los autos híbridos, o emisiones cero como los autos eléctricos; adecuaciones viales o de reingeniería vial, en suma, una serie de acciones que en su conjunto tengan un efecto sinérgico.

Referencias Bibliográficas

- CAM (s/a). *Evaluación de cierre del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*. Departamento del Distrito Federal. Informe técnico. México, DF.
- CAM (2004) *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la ZMVM-Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003*. Secretariado Técnico de la CAM. Informe Técnico. México.
- CMPCCAVM (1995). *Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México avances a octubre de 1985*. Informe técnico. Inédito.
- DGPCCA (2000). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México "Proaire" Acciones instrumentadas por la Comisión Ambiental Metropolitana de 1995 al 2000*. SEGEM. Informe técnico. Naucalpan de Juárez, México.
- DGPCCA (2003). *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000: reporte final y evaluación*. Informe Técnico. SEGEM. Estado de México.
- DGPCCA (2007a). Cuencas atmosféricas del Estado de México. SMAGEM. Informe técnico. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- DGPCCA (2007b). *Diagnóstico Ambiental de la Industria del Estado de México*. SMAGEM. Informe técnico. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- DGPCCA (2007c). *Inventario de emisiones a la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca 2004*. SMAGEM. Informe técnico. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- DGPCCA (2008a). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero estatal 2004*. SMAGEM. Informe técnico. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- DGPCCA (2008b). *Consideraciones para la restricción de la circulación un día a la semana aplicable a los vehículos de transporte de pasajeros y de carga en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*. SMAGEM. Informe técnico, versión 6. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- GEM (1993). *Atlas general del Estado de México, volumen III*. Secretaría de Finanzas y Planeación. México.
- GEM (2003). *Programa sectorial de mediano plazo 2003-2005*. Autor. México.
- GEM, SEMARNAP (1997). *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*. Autor. México.
- GEM, SEMARNAT (2007). *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 2007-2011*. Autor. México
- GDF (s/a). *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998*. SMAGDF. México, DF.
- GDF (s/a). *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2000*. SMAGDF. México, DF.
- GDF (s/a). *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002*. SMAGDF. México, DF.
- GDF (s/a). *Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004*. SMAGDF. México, DF.
- INE (1994). *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994*. SEDESOL. México, DF.
- INE (2006) *Inventario Nacional de Emisiones de México 1999*. INE-SEMARNAT. México, DF.
- INE (2007) *Tercer Almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas*. INE-SEMARNAT. México, DF:

- INEGI (2001) XII censo general de población y vivienda 2000, p*rincipales resultados por localidad*. [CD ROM] Autor. México.
- INEGI (2005). *Censos económicos 2004, resultados generales* y copia de archivos MEX_GEN0I.xls y MEX-GEN02.xls; obtenidos el 4 de agosto de 2005 en: INEGI: www.ingegi.gob.mx.
- INEGI (2006a) *Segundo conteo de población y vivienda 2005*. Autor. México.
- INEGI (2006b). *Anuario de estadísticas por entidad federativa, edición 2006*. Autor. México.
- INEGI (2007). *Síntesis metodológica de la estadística de vehículos de motor registrados en circulación*. Autor. México.
- INEGI (2008). *Anuario de estadísticas por entidad federativa, edición 2008*. Autor. México.
- INEGI (2009). Vehículos registrados por año de registro según clase de vehículo. Consulta interactiva de estadísticas. En: INEGI <http://www.inegi.org.mx> (18 de julio de 2007)
- INEGI y GEM (2008). *Anuario estadístico del Estado de México* [versión electrónica]. INEGI, México.
- JCEM (2009, 11 de mayo). Programa de inversión pública 2009, compromisos gubernamentales concluidos. En: <http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/jcem/obras/obrasgcon> (15 de mayo de 2009)
- Presidencia de la República (1986, 14 de febrero). Decreto por el que las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, procederán en el ejercicio de las atribuciones de su competencia y en la realización de los programas y actividades a su cargo, a ejecutar los ajustes o modificaciones conducentes a efecto de observar y dar pleno cumplimiento a las medidas previstas en este Ordenamiento. *Diario Oficial de la Federación*.
- Proaire (1996). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*. Departamento del Distrito Federal, GEM, SEMARNAP, SSA. México, DF.
- Proaire (2002). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*. GEM, GDF, SEMARNAT, SSA. México.
- SCGEM (2009, 23 de abril). Vialidades e infraestructura carretera. En: <http://www.edomex.gob.mx/portal/page/portal/secom/transporte> (28 de abril del 2009)
- SEGEM (1998, 30 de octubre). Acuerdo por el que se emite el programa para contingencias ambiéntales de los municipios conurbados de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Gaceta del Gobierno* (87), 8-12. (Gob. Edo. Méx.)
- SEGEM (1999, 22 de diciembre). Acuerdo por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se emite el programa para contingencias ambiéntales de los municipios conurbados de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Gaceta del Gobierno* (123), 1-20. (Gob. Edo. Méx.)
- SEGEM (2003). *Calidad del aire e inventario de emisiones en la zona metropolitana del valle de Toluca*. Segundo Congreso Estatal sobre Cambio Climático. Toluca, Estado de México, México.
- SEGEM (2005). *Inventario de emisiones a la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca 2000*. Autor, México.
- SEGOB. Diario Oficial de la Federación. Consulta por fecha (varios años). SEGOB: <http://dof.gob.mx/> (23-27 de marzo del 2009)
- SEMARNAT (2000). *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental*. Autor. México, DF.

- SETRAVI (s/a). Cinco siglos de transporte en la ciudad de México. En SETRAVI, reportajes: <http://www.setravi.df.gob.mx/reportajes/historia/historia.html> (27 de marzo de 2009)
- SIMAT (2009). Sistema de monitoreo atmosférico de la ciudad de México-Historia. En: SIMAT: <www.sma.df.gob.mx/simat2/index.php?opcion=10> (25de marzo de 2009)
- SMAGDF (2006). *Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal 2000-2006*. Autor. México, DF.
- SMAGEM (2006, 24 de noviembre). Acuerdo por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del acuerdo por el que se emite el Programa para Contingencias Ambientales de los Municipios Conurbados en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Gaceta del Gobierno* (44), 1-4. (Gob. Edo. Méx.)
- SMAGEM (2008, 30 de junio) Acuerdo por el que se emite el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en 18 Municipios Conurbados del Estado de México en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Gaceta del Gobierno* (123), 1-16. (Gob. Edo. Méx.)
- STCM (s/a) Cronología: Inauguraciones y ampliaciones en orden cronológico hasta 2000. En: Metro de la Ciudad de México: <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/cronologia.html> (25 de marzo de 2009).

Siglas y acrónimos

CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CANALAVA	Cámara Nacional de la Industria de Lavanderías
CENICA	Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental
CMPCCAVM	ex Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México
CONAE	ex Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
DF	Distrito Federal
DGPCCA	Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica
GDF	Gobierno del Distrito Federal
GEM	Gobierno del Estado de México
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
JCEM	Junta de Caminos del Estado de México
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RAMA-T	Red automática de monitoreo atmosférico de Toluca
SSA	Secretaría de Salud
SEGEM	ex Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAP	ex Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SETRAVI	Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal
SIMAT	Sistema de Monitoreo Atmosférico del Valle de México
STCM	Sistema de Transporte Colectivo Metro
STGEM	Secretaría de Transporte del Gobierno del Estado de México
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
SMAGDF	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
ZMVCT	Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

Símbolos, unidades y otros

CO	Monóxido de carbono
CO_2	Bióxido de carbono
CO_2 eqv	Bióxido de carbono equivalente
COT	Compuestos orgánicos totales
COV	Compuestos orgánicos volátiles
HC	Hidrocarburos
NO_X	Óxidos de nitrógeno
NO_2	Bióxido de nitrógeno
O_3	Ozono
SO_2	Bióxido de azufre
PM_{10}	Partículas menores de 10 micras
$PM_{2.5}$	Partículas menores de 2.5 micras
Pb	Plomo
PST	Partículas suspendidas totales
°C	Grados centígrados
Gg	Gigagramos = 1 tonelada métrica
km^2	Kilómetros cuadrados
mm	Milímetros
ppm	Partes por millón
msnm	Metros sobre el nivel medio del mar
NA	No aplica
NE	No estimado
ND	No determinado
NS	No significativo
s/a	Sin año de publicación

Créditos técnicos

Lic. Francisco Pablado Escamilla Báez
Encargado del Departamento de Diagnóstico

Lic. Gabriel Zavaleta Mondragón
Diagnóstico Ambiental

Geog. Juan Conrado Quezada García
Sistema de Información Geográfica

Para mayor información o comentarios favor de dirigirse a:

Dirección General de Prevención y
Control de la Contaminación Atmosférica
Vía Gustavo Baz Prada, no. 2160, piso 2
Viveros del Río, Tlalnepantla de Baz
Estado de México, C. P. 54060
Tel. 26 28 20 52 y 53 66 82 70

Otros trabajos disponibles en:
http://www.edomex.gob.mx/medioambiente/dependencias/dgpcca