

**¡Claro!**

...con tu participación

**Aire Limpio**

Programa  
para el Valle de Toluca  
1997 - 2000



*Lic. César Camacho Quiroz*  
Gobernador del Estado de México

*M. en C. Julia Carabias Lillo*  
Secretaria de Medio Ambiente,  
Recursos Naturales y Pesca

*QFB Martha Garcíarivas Palmeros*  
Secretaria de Ecología del Gobierno  
del Estado de México

*Ing. Gabriel Quadri de la Torre*  
Presidente del Instituto Nacional de  
Ecología

Lic. Armando Garduño Pérez  
Presidente Municipal de Toluca

Lic. Silvia Mondragón Fiesco  
Presidenta Municipal de Metepec

C. Mario Reyes García  
Presidente Municipal de Lerma

Dr. Martín Prócoro Jiménez García  
Presidente de San Mateo Atenco

Ing. José Jaimes García  
Presidente Municipal de Zinacantepec

Número de autorización por el Comité Editorial  
de la Administración Pública Estatal: **A212/1/022/97**

Primera Edición: Junio de 1997

© **Gobierno del Estado de México**

Secretaría de Ecología  
Lerdo Poniente No 300, Puerta 359  
2° Piso, Col. Centro  
Palacio de Gobierno  
50000 Toluca, Edo. de México.

© **Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales  
y Pesca**

Instituto Nacional de Ecología  
Av. Revolución 1425, Col. Tlacopac San Angel  
Deleg. Alvaro Obregón  
01040 México, D.F.

Impreso y Hecho en México

## **CONTENIDO**

Presentación.....	9
Introducción .....	13
1. Características Generales de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	17
1.1. Delimitación del ámbito territorial de aplicación del Programa .....	17
1.2. Características físicas.....	18
1.3. Recursos naturales .....	19
1.4. Aspectos socioeconómicos.....	22
1.5. Proceso de metropolización.....	24
2. Diagnóstico de la Calidad del Aire .....	31
2.1 Definición, características y perspectivas .....	31
2.2 Red automática de monitoreo.....	43
2.3 Condiciones meteorológicas.....	46
2.4 Comportamiento de los contaminantes.....	52
2.5 Conclusiones.....	57
3. Inventario de Emisiones.....	61
3.1 Generalidades .....	61
3.2 Importancia del inventario de emisiones.....	70
3.3 Inventario de emisiones de la ZMVT.....	71
4. Fundamentación del Programa.....	89
4.1 Marco jurídico.....	89
4.2 Marco normativo .....	93
4.3 Marco programático.....	95
5. Antecedentes sobre Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	103
5.1 Marco de actuación .....	103
5.2 Programa Estatal de Protección al Ambiente.....	104
5.3 Principales acciones realizadas .....	105
5.4 Acciones recientes.....	106

6.	Desarrollo del Programa .....	109
6.1	Objetivo general .....	109
6.2	Meta general .....	109
6.3	Estrategias .....	109
6.4	Subprogramas .....	110
	I. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Transporte .....	111
	II. Prevención y control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Industrial. ....	117
	III. Prevención y Control de la Contaminación Originada por Fuentes no Convencionales .....	123
	IV. Planeación Metropolitana e Instrumentos de Política Ambiental .....	129
	V. Participación Social .....	137
	VI. Actividades de Apoyo .....	143
7.	Instrumentación del Programa .....	149
	Subprograma I. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Transporte.....	151
	Subprograma II. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Industrial .....	152
	Subprograma III. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por Fuentes no Convencionales.....	153
	Subprograma IV. Planeación Metropolitana e Instrumentos de Política Ambiental.....	154
	Subprograma V. Participación Social .....	155
	Subprograma VI. Actividades de Apoyo .....	156
8.	Bibliografía.....	161
9.	Glosario de Términos.....	167

## **ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS**

Tabla 1.1	Áreas naturales protegidas de la ZMVT .....	20
Tabla 1.2	Densidad poblacional de los municipios de la ZMVT.....	22
Tabla 1.3	Incremento absoluto en la población de la ZMVT.....	22
Tabla 1.4	Actividades económicas en los municipios que integran a la ZMVT .....	24
Tabla 1.5	Proyecciones de población, extensión territorial y parque vehicular para la ZMVT .....	26
Tabla 2.1	Muertes ocurridas durante episodios de contaminación atmosférica en diferentes ciudades del mundo .....	32
Tabla 2.2	Puntos de quiebre del IMECA.....	39
Tabla 2.3	Ecuaciones de transformación.....	40
Tabla 2.4	Efectos de la contaminación sobre la salud y recomendaciones para evitarlos .....	40
Tabla 2.5	Valores normados para contaminantes.....	42
Tabla 2.6	Localización de las estaciones de monitoreo de la RAMA-T .....	43
Tabla 2.7	Parámetros analizados en cada estación remota.....	44
Tabla 2.8	Técnicas de análisis de los contaminantes .....	45
Tabla 2.9	Radiación solar recibida en la Ciudad de Toluca durante 1996.....	48
Tabla 2.10	Fenómenos especiales característicos de la ZMVT .....	51
Tabla 2.11	Número de días fuera de norma, datos ordenados por contaminante y por año .....	56
Tabla 2.12	Porcentaje de días dentro de los intervalos IMECA.....	56
Tabla 3.1	Consumo energético por sectores, porcentajes respecto al consumo total anual .....	61
Tabla 3.2	Comparación de especificaciones y valores típicos de las gasolinas mexicanas y norteamericanas sin plomo.....	63
Tabla 3.3	Composición de la gasolina con plomo, distribuida en las zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca .....	67
Tabla 3.4	Especificaciones del diesel mexicano con bajo contenido de azufre.....	67
Tabla 3.5	Inventario de emisiones de la ZMVT 1996 (ton/año) .....	71
Tabla 3.6	Inventario de emisiones 1996 ZMVT (porcentaje en peso por contaminante) .....	71
Tabla 3.7	Inventario de emisiones desagregado ZMVT 1996 (ton/año) ....	72
Tabla 3.8	Inventario de emisiones en peso por contaminante ZMVT 1996 (porcentaje) .....	73
Tabla 3.9	Industrias de la ZMVT .....	77
Tabla 3.10	Ordenación de empresas de la ZMVT según volumen de emisión de NOx y HC (ton/año) .....	78

Tabla 3.11	Ordenación de empresas de la ZMVT según volumen de emisiones totales de partículas, SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> y HC (ton/año) .....	79
Tabla 3.12	Vialidades primarias de la ZMVT .....	82
Tabla 3.13	Parque vehicular .....	83
Tabla 3.14	Consumo de combustible m <sup>3</sup> /año .....	83
Figura 1.1	Ubicación geográfica de la ZMVT .....	17
Figura 1.2	Sección transversal de la ZMVT .....	19
Figura 2.1	Estaciones remotas de la RAMA-T .....	44
Figura 2.2	Rosa de vientos anual.....	49
Figura 2.3	Campo de vientos en invierno .....	50
Figura 2.4	Campo de vientos en verano.....	51
Figura 3.1	Comparación de la calidad típica de gasolina sin plomo mexicana con estándares internacionales .....	64
Figura 3.2	Especificaciones y calidad típica del Diesel Sin .....	68
Gráfica 1.1	Usos del suelo en la ZMVT.....	21
Gráfica 1.2	Incremento poblacional en la ZMVT (1950-1995).....	23
Gráfica 1.3	Escenarios de crecimiento poblacional para la ZMVT .....	27
Gráfica 1.4	Escenarios de crecimiento vehicular para la ZMVT.....	28
Gráfica 1.5	Escenarios de crecimiento territorial para la ZMVT .....	28
Gráfica 2.1	Condiciones del cielo en la Ciudad de Toluca en el período 1951-1980.....	46
Gráfica 2.2	Inversión térmica característica de Toluca, caso del 20 de marzo de 1996, 07:00 hr .....	47
Gráfica 2.3	Radiación solar global media en Toluca (1996).....	48
Gráfica 2.4	Máximos mensuales de ozono .....	52
Gráfica 2.5	Máximos mensuales de bióxido de nitrógeno.....	53
Gráfica 2.6	Máximos mensuales de partículas suspendidas totales .....	54
Gráfica 2.7	Máximos mensuales de monóxido de carbono .....	54
Gráfica 2.8	Máximos mensuales de bióxido de azufre .....	55
Gráfica 2.9	Valores IMECA durante el período 1994-1996.....	56
Gráfica 3.1	Evolución del consumo de gasolina y diesel en la ZMVT .....	62
Gráfica 3.2	Contribución a las emisiones totales por sector .....	74
Gráfica 3.3	Contribución a las emisiones de partículas por sector.....	74
Gráfica 3.4	Contribución a las emisiones de óxidos de nitrógeno por sector.....	75
Gráfica 3.5	Contribución anual en óxidos de nitrógeno por tipo de fuente ...	75
Gráfica 3.6	Contribución a las emisiones de hidrocarburos por sector .....	76
Gráfica 3.7	Contribución anual en hidrocarburos por tipo de fuente .....	76
Gráfica 3.8	Contribución de las industrias a las emisiones de HC y NO <sub>x</sub> ....	79
Gráfica 3.9	Contribución anual en hidrocarburos del sector servicios.....	80
Gráfica 3.10	Emisiones por tipo de vehículo .....	84
Gráfica 3.11	Emisiones de vehículos particulares en relación con la velocidad.....	84

# PRESENTACIÓN





## **PRESENTACIÓN**

*Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000* surge como respuesta a la necesidad expresada por la ciudadanía de contener el progresivo deterioro de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), resultado del acelerado proceso de industrialización, urbanización y concentración poblacional experimentado en la región a partir de los años setenta.

Este Programa se origina como una iniciativa del Gobierno del Estado de México, para cumplir con los requisitos marcados en las normas de calidad del aire establecidas por la Federación. Su elaboración es resultado del trabajo conjunto de la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP, las autoridades municipales y de otras dependencias estatales y federales. Recoge también aportaciones de los sectores académico, empresarial y no gubernamental de la ZMVT.

El Programa incorpora proyectos y acciones para revertir el deterioro de la calidad del aire de la ZMVT, pues aún cuando no se han presentado episodios de contingencia ambiental, si se han rebasado las normas de calidad del aire durante algunos días de los tres últimos años y con una tendencia a aumentar sobre todo en 1996. Aunque todavía no se alcanzan niveles críticos, es necesario instrumentar medidas correctivas que, aplicadas a tiempo, pueden resultar relativamente económicas y factibles, ya que de otra manera, el costo tanto económico como social sería muy alto.

Este instrumento consta de seis subprogramas integrados por 45 proyectos que incluyen 185 acciones específicas.

Los subprogramas considerados son los siguientes:

- I. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Generada por el Sector Transporte.
- II. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Generada por el Sector Industrial.
- III. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes No Convencionales.
- IV. Planeación Metropolitana e Instrumentos de Política Ambiental.
- V. Participación Ciudadana.
- VI. Actividades de Apoyo.

El conjunto de acciones y proyectos contemplados en el Programa permite abordar la solución de la problemática de la contaminación atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca desde una perspectiva integral que incluye los aspectos tecnológicos, educativos y de investigación, de participación ciudadana, de planeación y de carácter jurídico normativo, de tal forma que se contribuye en el establecimiento de las bases para el desarrollo sustentable de esta región del Estado de México.

# INTRODUCCIÓN



## ***INTRODUCCIÓN***

Las tendencias actuales de desarrollo urbano y social indican que para el próximo siglo la mitad de la población mundial se concentrará en grandes ciudades, dadas las ventajas y oportunidades de desarrollo económico, empleo, educación, cultura, comunicación, transporte, dotación de servicios, etc., que ofrecen a sus habitantes.

Nuestro país no es la excepción, puesto que en la actualidad aproximadamente el 30% de la población nacional se concentra en las grandes ciudades como México, Guadalajara, Monterrey y Puebla. Estas ciudades se han constituido en grandes polos de desarrollo económico, lo que ha traído como consecuencia una creciente concentración de población proveniente sobre todo de las zonas rurales, atraídos por las mayores oportunidades de empleo.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), donde se asienta la capital del Estado de México, se ha convertido en un polo de desarrollo económico, sobre todo a partir de la década de los setenta. Su cercanía con la capital del país ha propiciado el establecimiento de grandes industrias en la ciudad de Toluca y en los municipios que la rodean. Esta situación ha contribuido a acelerar el proceso de metropolización con los municipios de Metepec, Lerma, Zinacantan, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y Xonacatlán.

El incremento en las actividades productivas y la concentración de una población creciente ha traído como consecuencia un aumento en las necesidades de transporte, tanto público como privado, ocasionando un mayor consumo de combustibles y por lo tanto una mayor generación de contaminantes atmosféricos.

Esta situación es particularmente preocupante para el caso de la ZMVT, dado que se localiza a una altitud sobre el nivel del mar superior a la de la propia Ciudad de México, lo que ocasiona una menor eficiencia en los procesos de combustión interna en los vehículos automotores y en los procesos industriales y por lo tanto, una mayor generación de contaminantes.

Por fortuna, la ZMVT no presenta condiciones tan desfavorables para la dispersión de contaminantes como las que se tienen en el Valle de México; tampoco se presentan niveles de contaminación atmosférica tan elevados como los que se registran en las ciudades de México y Guadalajara. Sin embargo, no debemos esperar a que la calidad del aire de la ZMVT se convierta en una situación crítica, para iniciar con la aplicación de políticas y programas para combatir la contaminación.

Es por ello que la Secretaría de Ecología en coordinación con el Instituto Nacional de Ecología y otras autoridades federales, estatales y municipales, ha desarrollado este Programa como un instrumento de planeación estratégica que permita el mejoramiento sustancial de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. En la medida en que se vayan cumpliendo progresivamente las normas de calidad del aire, se alcanzará el objetivo último de este programa, que es proteger la salud de la población de los habitantes del Valle de Toluca.

Los retos que se plantean en el Programa son grandes, por lo que se requiere que las autoridades federales, estatales y municipales asuman sus respectivos compromisos para el logro del objetivo principal.

El Programa ha pasado por un extenso proceso de concertación con las autoridades de los tres órdenes de gobierno y con los sectores académico, no gubernamental y privado.

Así el Programa se inserta en el marco de la transición hacia el desarrollo sustentable, como un instrumento de política que apoya la gestión ambiental del Gobierno del Estado de México.

**CARACTERÍSTICAS  
GENERALES DE LA ZONA  
METROPOLITANA DEL VALLE  
DE TOLUCA**

**1**





# 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA

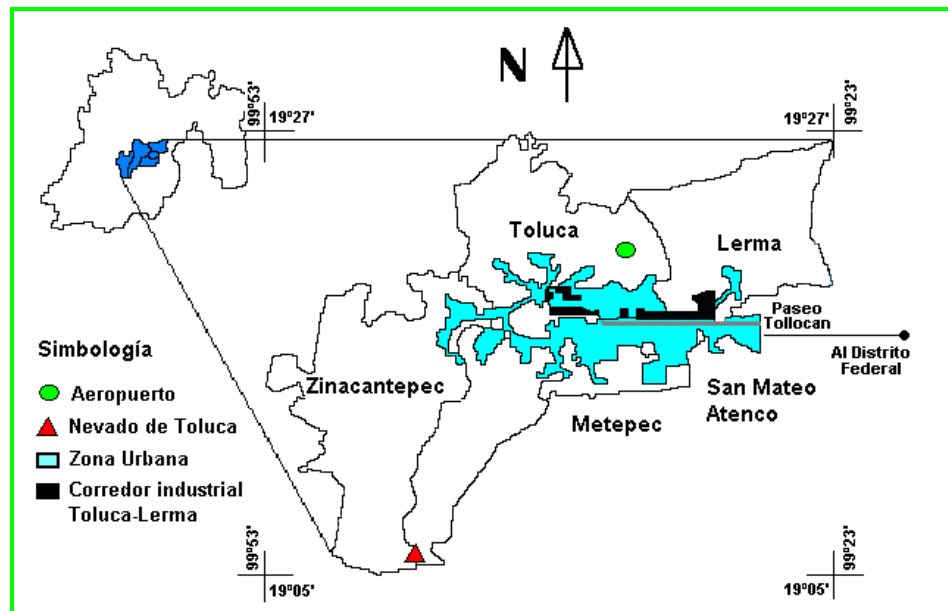
## 1.1 Delimitación del ámbito territorial de aplicación del Programa

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) comprende siete municipios. Sin embargo sólo cinco de ellos interactúan y contribuyen de manera significativa al problema de la contaminación atmosférica, por lo que se considera como ámbito de aplicación del Programa el área urbana conformada por los municipios de Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec.

La extensión territorial de los cinco municipios considerados para la aplicación del Programa es aproximadamente de 1,035.8 km<sup>2</sup>, que corresponde al 4.6% de la superficie total del territorio estatal, si bien el área urbana actual ocupa 150 Km<sup>2</sup>.

La ZMVT se encuentra ubicada entre los paralelos 19°05' y 19°27' latitud norte y los meridianos 99°23' y 99°53' longitud oeste, como se puede apreciar en la Figura 1.1

Figura 1.1. Ubicación geográfica de la ZMVT



La ZMVT se localiza a una altura de 2,660 msnm y está rodeado por la Sierra de las Cruces, que separa a los Valles de Toluca y México, y se asienta en la región identificada como Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma (Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago), la cual cuenta con grandes recursos hídricos, siendo el Río Lerma el más importante por su longitud y caudal.

## **1.2 Características físicas**

En la ZMVT se presentan tres tipos de clima: templado, semifrío y frío. El primero predomina en la mayor parte del Valle, el segundo se presenta en parte de los Municipios de Zinacantepec, Toluca y Lerma, y el tercero se registra en la porción suroeste de los municipios de Toluca y Zinacantepec.

El territorio estatal y por consiguiente la ZMVT, se encuentra en la zona de influencia de los vientos alisios, que soplan con mayor intensidad en primavera y verano. Estos flujos tienen una dirección predominante del este y noreste pero en otoño e invierno se debilitan predominando vientos provenientes del sur.

La circulación de los sistemas de vientos no sólo se modifica con el transcurso de las estaciones sino también en función del relieve, razón por la cual, su dirección y frecuencia es muy compleja y variada. La Sierra de las Cruces y la Sierra Nevada ambas con orientación norte-sur, impiden que los alisios penetren con facilidad hacia los valles; por su parte el volcán Xinantécatl (Nevado de Toluca) obstaculiza considerablemente a los vientos que llegan por el sur, desviando su curso y haciendo que penetren al Valle por el sureste y suroeste.

En la Figura 1.2, se presenta un diagrama de corte del Valle, en el que se resumen los datos de suelo, vegetación, edafología y topografía.

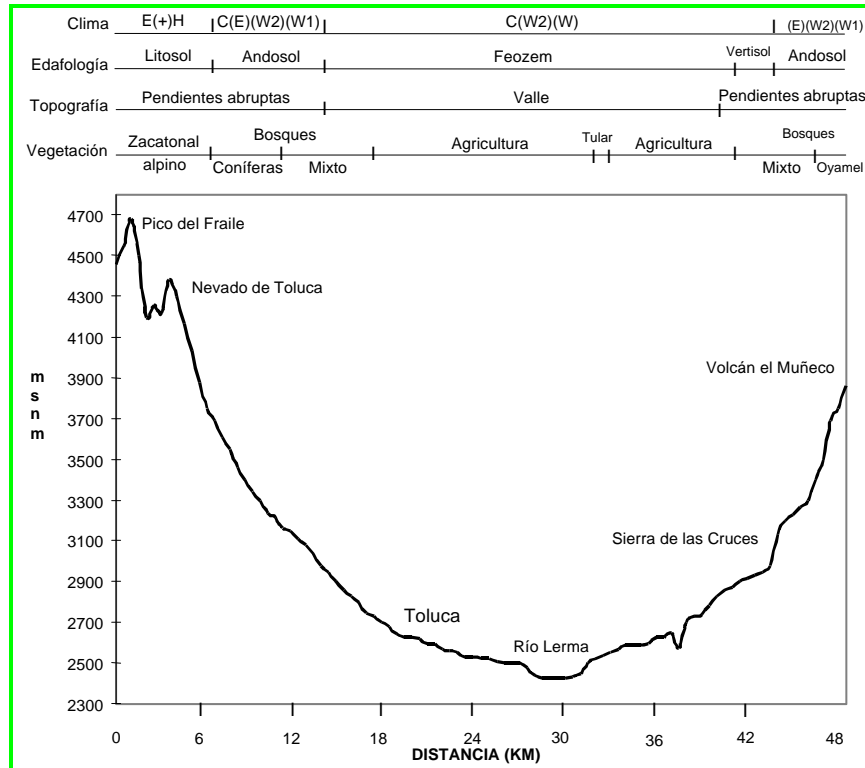
Dada su posición geográfica, la región se encuentra bajo la influencia de sistemas meteorológicos tropicales en verano y sistemas extratropicales en invierno, situación que es típica de la región central del país.

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

Con respecto al invierno, los sistemas más importantes son el desplazamiento de frentes fríos y masas de aire polar. Sin embargo, por su altitud, la ZMVT es afectada únicamente cuando estos fenómenos son intensos y la velocidad de la masa de aire frío es suficiente para rebasar la Sierra Madre Oriental. Asimismo, es en ésta época cuando se presentan con mayor frecuencia sistemas atmosféricos

ricos que provocan condiciones desfavorables para la dispersión de contaminantes y que son denominados sistemas anticiclónicos, localizados principalmente en los niveles medios y superiores de la atmósfera.

**Figura 1.2. Sección transversal de la ZMVT**



Fuente: Dirección de Diagnóstico Ambiental, Secretaría de Ecología del Estado de México, 1997.

### 1.3 Recursos naturales

En la región en la que se asienta la ZMVT se encuentran ubicadas 6 áreas naturales protegidas, cuya superficie comprende parte de las circunscripciones territoriales de los municipios que integran la ZMVT. En la Tabla 1.1 se describen las características generales de estas áreas.

La problemática que enfrentan estas áreas naturales protegidas se centra básicamente en los siguientes aspectos: asentamientos humanos, actividades agropecuarias, incendios, sobrepastoreo, tala, cacería furtiva, turismo no controlado, motociclismo a campo traviesa y presencia de comercio semifijo y ambulante.

La superficie municipal protegida bajo las categorías señaladas en la Tabla 1.1 es la siguiente:

- Lerma: 83.9 km<sup>2</sup> (37.53% del territorio municipal)
- Metepec: 0.21 km<sup>2</sup> (0.3% del territorio municipal)
- Toluca: 87.14 km<sup>2</sup> (20.74% del territorio municipal)
- Zinacantepec: 201.6 km<sup>2</sup> (65.20% del territorio municipal).

**Tabla 1.1. Áreas naturales protegidas de la ZMVT**

---

1. Parque Otomí-Mexica:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 105,875 ha</li><li>• Categoría: Parque estatal ecológico y recreativo</li><li>• Municipios: Incluye 17 municipios entre los que se encuentra Lerma</li></ul>
2. Parque Nevado de Toluca	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 51,000 ha,</li><li>• Categoría: Parque Nacional</li><li>• Municipios: Incluye 9 municipios entre los que se encuentran Toluca y Zinacantepec</li></ul>
3. Sierra Morelos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 1,255.1 ha</li><li>• Categoría: Parque Estatal</li><li>• Municipio: Toluca</li></ul>
4. Parque Insurgente Miguel Hidalgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 1,760 ha</li><li>• Categoría: Parque Nacional</li><li>• Municipios: Ocoyoacac y Lerma</li></ul>
5. Parque El Calvario	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 21.17 ha</li><li>• Categoría: Parque municipal de recreación popular</li><li>• Municipio: Metepec</li></ul>
6. Parque Alameda Poniente San José de la Pila*	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie decretada: 102.7 ha</li><li>• Categoría: Parque Estatal</li><li>• Municipio: Toluca</li></ul>

---

Fuente: Atlas Hidrológico de la Cuenca del Río Lerma, 1993

\* Fuente: H. Ayuntamiento de Toluca.

Como se puede apreciar, el municipio de Zinacantepec cuenta con una importante superficie protegida, seguido de Lerma y Toluca. Aunque las áreas mencionadas no están integradas a la zona urbana, su manejo y protección deben considerarse dentro de los programas ambientales y de planeación metropolitana en función del aporte de oxígeno que realicen, así como del control de los procesos erosivos de las áreas que rodean a la ZMVT.

1. Características Generales de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca

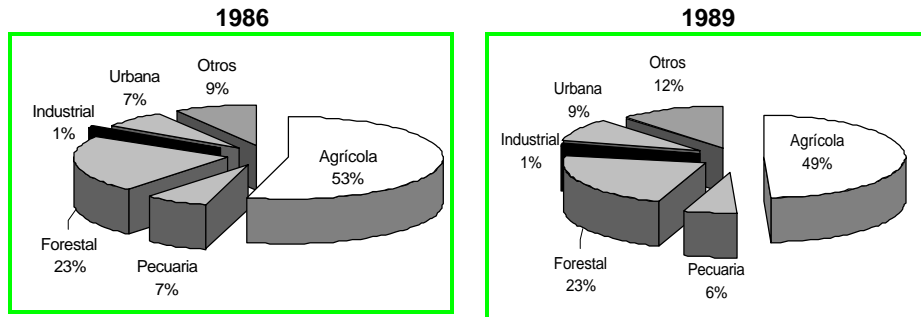
En el resto del territorio de la ZMVT, la vegetación predominante está determinada por las actividades agrícolas que se desarrollan, principalmente el cultivo de maíz y frijol; sin embargo, en las partes altas de los municipios de Lerma, Toluca y Zinacantepec es posible encontrar bosques de pino, encino, oyamel y junípero.

De acuerdo con los datos proporcionados por el Ayuntamiento de Toluca, en lo que se refiere a áreas verdes urbanas éste municipio cuenta con una superficie de áreas verdes de 310 ha incluyendo parques municipales, jardines públicos, vialidades, andadores, camellones, paseos, glorietas, plazas, etc.; destacando el Paseo Tollocan y la Calzada Pacífico, los cuales tienen un número importante de individuos de sauce llorón. Considerando la población de este municipio (cerca de 565 mil habitantes) se tiene una proporción de áreas verdes urbanas de 5.5 m<sup>2</sup>/hab, lo que implica un déficit de 7 m<sup>2</sup>/hab con respecto a la norma internacional, la cual establece como superficie mínima óptima 12.5 m<sup>2</sup>/hab. En los municipios restantes no se ha cuantificado la superficie de áreas verdes urbanas.

**Usos del suelo**

Los usos del suelo que se presentan en la ZMVT son los que normalmente se encuentran en comunidades rurales en vías de transformarse en zonas urbanas. En ellas se identifican superficies agrícolas, industriales y urbanas. La tendencia general es la disminución de la superficie destinada a actividades agrícolas y el incremento en la superficie ocupada por zonas urbanas e industriales. Entre los años de 1986 y 1989 la superficie de suelo urbano-industrial en la ZMVT alcanzó las 10,520 ha. Lo que representa el 10% de la superficie total de los municipios que la conforman. Esta situación se ilustra en la Gráfica 1.1.

**Gráfica 1.1. Usos del suelo en la ZMVT (porciento de la superficie)**



Fuente: Atlas Ecológicos de la Cuenca Hidrológica del Río Lerma, 1993.

El municipio de San Mateo Atenco presentó un incremento significativo en la superficie destinada a usos urbanos entre 1986 y 1989 de 324%. Este municipio tiene una actividad económica intensa principalmente en la industria del calza-

do; su planta industrial no se concentra en una área definida, ya que la mayoría de las empresas son talleres pequeños o locales de empresas familiares dispersos en el área urbana. A su vez, como se aprecia en la Tabla 1.2, misma que incluye en la columna de extensión a las vialidades, los asentamientos irregulares y otros factores más de superficie, San Mateo Atenco es el municipio que presenta una mayor densidad poblacional seguido por Metepec y Toluca.

**Tabla 1.2. Densidad poblacional de los municipios de la ZMVT**

Municipio	Población 1995 (habitantes)	Extensión (km <sup>2</sup> )	Densidad demográfica (hab/km <sup>2</sup> )
Lerma	81,195	223.5	363
Metepec	178,096	70.4	2,529
San Mateo Atenco	54,089	12.5	4,300
Toluca	564,476	420.1	1,343
Zinacantepec	105,566	309.1	341
<b>TOTAL</b>	<b>983,422</b>	<b>1,035.8</b>	

Fuente: Resultados definitivos tabulados básicos del conteo de población y vivienda 1995. Estado de México, INEGI, 1996.

#### 1.4. Aspectos socioeconómicos

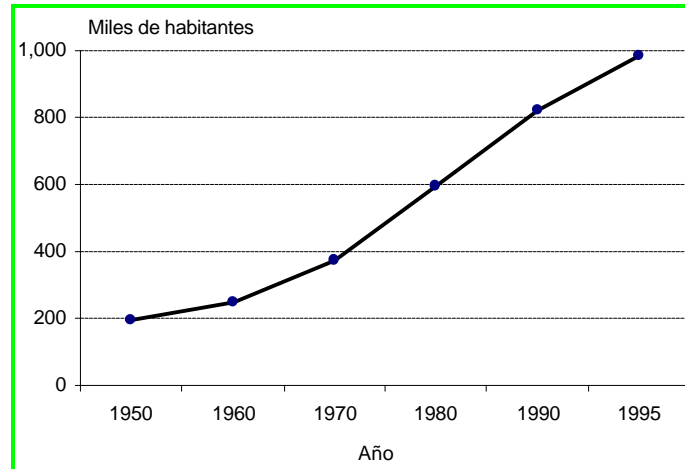
La ZMVT cuenta aproximadamente con un millón de habitantes, lo que representa el 8.5% de la población estatal. Por lo que está considerada como una de las ciudades de tamaño medio más importantes del país y en breve se incorporará, dentro del Sistema Urbano Nacional, en el rango de las grandes ciudades, las cuales tienen más de un millón de habitantes. En la Tabla 1.3 y en la Gráfica 1.2 se muestra el incremento en la población de los municipios que integran la ZMVT desde 1950 hasta 1995.

**Tabla 1.3. Incremento absoluto en la población de la ZMVT**

Municipio	1950	1960	1970	1980	1990	1995
Lerma	23,623	27,814	36,071	57,219	67,131	81,192
Metepec	17,247	18,914	31,724	83,030	140,300	178,096
San Mateo Atenco	9,224	11,987	18,140	33,719	41,943	54,089
Toluca	115,019	156,033	239,261	357,071	487,630	564,476
Zinacantepec	26,080	31,716	44,139	60,239	83,197	105,566
<b>Total ZMVT</b>	<b>193,143</b>	<b>246,464</b>	<b>371,305</b>	<b>593,258</b>	<b>822,191</b>	<b>983,422</b>

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, y 1990; Resultados Definitivos Tabulados Básicos del Conteo de Población y Vivienda 1995. Estado de México, INEGI, 1996

**Gráfica 1.2. Incremento poblacional en la ZMVT**



En términos generales se observa que la población de la ZMVT se quintuplicó de 1950 a 1995. En la Tabla 1.3 se puede apreciar que el municipio de Toluca concentra la mayor parte de la población de la ZMVT (57%). La Ciudad de Toluca, como capital del Estado, es la sede del Poder Ejecutivo Estatal, razón por la cual se concentran en ella la mayor parte de las actividades políticas, sociales y económicas. Su cercanía con la capital del país la convirtió en lugar propicio para el establecimiento de industrias manufactureras cuyas oficinas corporativas se ubican en el Valle México. La ZMVT ha experimentado una transformación paulatina de las actividades económicas, pasando de ser una economía rural a una economía industrial y de servicios. En 1990 su producto interno bruto (PIB) fue de alrededor de 12.5 millones de pesos, lo que representa el 18% del PIB estatal y el 2% del PIB nacional.

Históricamente, las actividades productivas de la ZMVT se enfocaban principalmente a la agricultura y sólo una pequeña parte de la economía se basaba en actividades comerciales y de servicios. A partir de la década de los setenta, se produce un acelerado crecimiento económico, no sólo en la entidad sino en todo el país, debido a la generación de nuevas tecnologías, al aumento en la demanda de productos manufacturados y a la dinámica internacional dominada por una economía de mercado.

La ZMVT constituye la segunda concentración económico demográfica de la entidad, siendo sus principales actividades la industria (que representa el 59.75% del PIB de la ZMVT), el comercio y los servicios, los cuales se distribuyen de la siguiente forma: el municipio de Toluca se ha consolidado como el eje de comercio y servicios de la región; en Lerma se desarrolla principalmente la industria pesada; Metepec y Zinacantepec se centran principalmente en el desarrollo inmobiliario residencial y San Mateo Atenco en la industria pequeña y el comercio.

La abundancia de fuentes de empleo en los parques industriales así como en el área de prestación de servicios, ha ocasionado que habitantes de diversas poblaciones del Estado de México, de Michoacán e incluso del Distrito Federal, emigren a esta zona en busca de oportunidades de empleo para mejorar su nivel de vida.

En la Tabla 1.4 se presenta la cantidad de empleados que absorbe cada sector productivo en los municipios que integran la ZMVT. En ella se puede observar la importancia de Toluca en la contratación de personal dentro de los tres sectores secundario y terciario.

**Tabla 1.4. Actividades económicas en los municipios que integran la ZMVT**

Municipio	Número de empleados en los sectores productivos (PEA)		
	I	II	III
Lerma	2,158	9,161	6,092
Metepec	1,546	15,616	24,219
San Mateo Atenco	526	6,518	3,974
Toluca	5,650	48,753	86,336
Zinacantepec	4,139	8,367	7,984
<b>Total</b>	<b>14,019</b>	<b>88,415</b>	<b>128,605</b>

FUENTE: XI Censo General de Población y Vivienda 1990, INEGI

- I. Actividades agropecuarias.
- II. Actividades industriales y de transformación.
- III. Prestación de servicios profesionales y técnicos, comercialización de bienes generados en las actividades del sector II.

Como se observa en la tabla anterior, los municipios de Metepec y Toluca cuentan con una pequeña proporción de su población dedicada a la agricultura y una mayor participación en las actividades terciarias. Por su parte, los Municipios de Lerma, Zinacantepec y San Mateo Atenco dedican una cantidad importante de su fuerza laboral a las actividades secundarias. Sin embargo, la mayor parte de la PEA de estos municipios se traslada hacia la zona industrial de Lerma-Toluca, en donde se ubican los centros de trabajo.

## 1.5 Proceso de metropolización

La metropolización es un proceso que se está generalizando en las grandes ciudades o polos de desarrollo de nuestro país, la cual consiste en la expansión urbana simultánea de una ciudad núcleo y de sus ciudades colindantes hasta formar una unidad metropolitana.



En lo que actualmente constituye la ZMVT, el proceso de metropolización registrado en las últimas décadas ha sido el resultado de la interacción de varios factores, entre los que destacan:

- la expansión de las áreas urbanas localizadas en las cabeceras municipales de Lerma, San Mateo Atenco, Metepec y Zinacantepec, en dirección a la ciudad de Toluca, debida principalmente al crecimiento de la población, tanto residente como inmigrante de zonas rurales y urbanas.
- la integración de nuevas áreas urbano-industriales, sobre todo a lo largo del Paseo Tollocan.
- la transformación de suelos agrícolas en áreas urbanas debido a la mayor demanda de espacios para asentamientos habitacionales, industriales y comerciales.

### **Vinculación entre las Zonas Metropolitanas de los Valles de Toluca y México**

Uno de los factores determinantes para el crecimiento urbano de la ZMVT lo constituye el hecho de que su actividad industrial esté dirigida a satisfacer las necesidades de ambas zonas metropolitanas, lo cual ha sido el resultado de factores tales como:

- Su mutua proximidad y las vías de comunicación, principalmente la Autopista México-Toluca y el Aeropuerto Internacional de Toluca.
- La complementación de sus actividades productivas.
- Las grandes ventajas comerciales que ofrece la proximidad al mercado más grande del país.
- El vigoroso proceso de desarrollo económico de la Zona Poniente de la Ciudad de México, (Delegaciones Miguel Hidalgo y Cuajimalpa) y los municipios conurbados del Estado de México (Naucalpan y Huixquilucan).
- El crecimiento en importancia de la planta industrial de la ZMVT, que ha sido receptora de modernas plantas fabriles, cuyas oficinas matrices, se ubican en la Ciudad de México.
- El continuo crecimiento en tamaño, del propio mercado de la Zona Metropolitana del Valle de México.

### **Escenarios a futuro**

La ZMVT continuará enfrentando el reto de su propio crecimiento demográfico y de la satisfacción futura que en materia de vivienda, servicios, empleo, etc., demandará su incremento poblacional, sea natural o migratorio. Por ello es necesaria la presentación de posibles escenarios que permitan prevenir impactos ambientales. Con este fin se presentan tres proyecciones de crecimiento a partir de 1995, fecha del último conteo oficial de población y vivienda del INEGI. Estas proyecciones son resultado de la aplicación de tasas de crecimiento variables de acuerdo al escenario del que se trate; por ejemplo, tasas decrecientes en el caso del escenario de ten-

dencia baja, tasa de comportamiento histórico-tendencial en el caso del escenario medio y de tasas ascendentes como en el caso de la proyección alta. A su vez los resultados obtenidos sirven como parámetro para comprender el comportamiento de la población en los próximos 25 años, (Tabla 1.5).

Con la finalidad de realizar el análisis de los datos obtenidos en las proyecciones, se eligió al escenario medio por tener los resultados más equilibrados de comportamiento de acuerdo a la dinámica histórica, utilizando fórmulas de cálculo poblacional y de tasas de crecimiento empleadas por el Consejo Nacional de Población.

**Tabla 1.5. Proyecciones de población, extensión territorial y parque vehicular para la ZMVT**

<i>Tendencia de crecimiento baja</i>						
<b>Año</b>	<b>Población total (hab.)</b>	<b>Incremento poblacional (hab.)</b>	<b>Incremento territorial (ha)*</b>	<b>Incremento en viviendas**</b>	<b>Vehículos totales ***</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
1995	983,419				210,561	15,100
1997	1,047,364	63,945	984	12,789	317,383	16,084
2000	1,151,163	103,999	1,597	20,760	348,837	17,681
2005	1,328,047	176,884	2,721	35,376	402,438	20,402
2010	1,509,907	181,860	2,799	36,372	457,547	23,200
2020	1,895,424	385,517	5,931	77,103	574,371	29,131
<i>Tendencia de crecimiento media</i>						
1995	983,419				210,561	15,100
1997	1,051,428	68,009	1,046	13,602	318,615	16,146
2000	1,162,361	110,933	1,707	22,187	352,231	17,853
2005	1,360,628	198,267	3,050	39,653	412,312	20,903
2010	1,577,340	216,712	3,334	43,342	477,982	24,237
2020	2,099,322	521,982	8,030	104,396	636,158	32,268
<i>Tendencia de crecimiento alta</i>						
1995	983,419				210,561	15,100
1997	1,055,499	72,080	1,109	14,416	319,848	16,209
2000	1,173,646	118,147	1,818	23,629	355,650	18,027
2005	1,414,242	240,596	3,701	48,119	428,558	21,728
2010	1,712,385	298,143	4,587	59,629	518,905	26,315
2020	2,510,048	797,663	12,272	159,533	760,621	38,587

\* Densidad promedio de 65 hab/ha

\*\* Media de 5 hab por vivienda

\*\*\* Media de 3.3 hab por vehículo particular

Fuente: Dirección General de Planeación Ambiental, Secretaría de Ecología del Estado de México 1997.

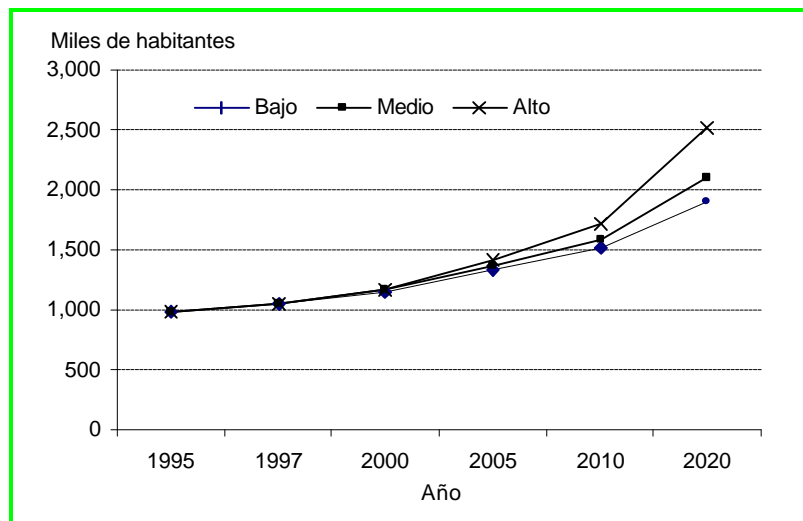
De acuerdo con este escenario, la población será de 2,099,322 de habitantes en el año 2020, lo que representa 1,115,903 habitantes más que los registrados en 1995 en la ZMVT. Este crecimiento se verá reflejado en la expansión territorial de la ZMVT, que de 15,000 ha que ocupaba en 1995 aumentará a 32,267 ha para el año 2020.

Frente a este escenario resulta fácil imaginar las consecuencias ambientales que representaría un crecimiento de tal magnitud, sobre todo si se considera que habrá un incremento en el número de vehículos automotores para satisfacer las necesidades de transporte de la metrópoli (más de 630 mil vehículos para el año 2020) y que también habrá un incremento en las actividades industriales, principalmente en el ramo de la construcción (más de 220 mil viviendas de aquí al 2020).

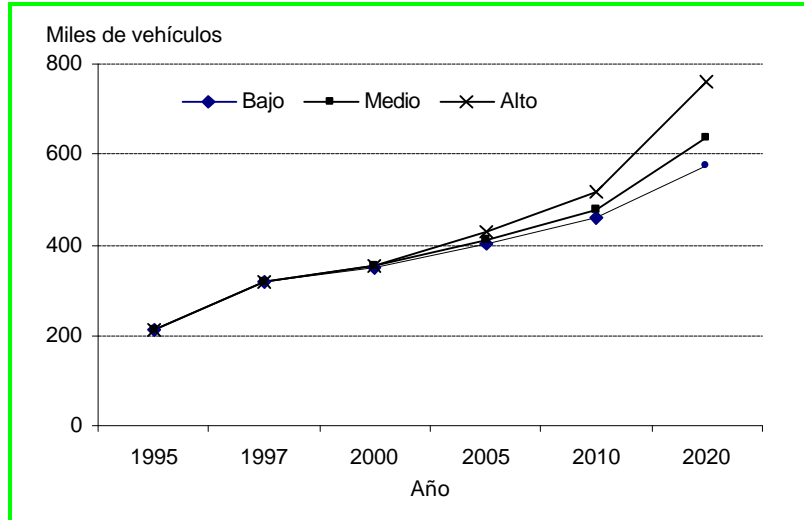
Con este panorama, resulta indispensable contar con un instrumento que permita prever y regular el futuro desenvolvimiento que tendrá la ZMVT en materia de calidad del aire, el cual requiere de la acción coordinada entre entidades del gobierno, de la sociedad y de los particulares con el fin de que el recurso aire mantenga, en la medida de lo posible, los criterios de calidad establecidos en las normas vigentes la mayor parte de días al año.

Las Gráficas 1.3, 1.4 y 1.5 ilustran las proyecciones de población, superficie territorial y número de vehículos, las cuales fueron obtenidas a partir de los datos aportados por la tabla 1.5 considerando las tendencias de crecimiento medio.

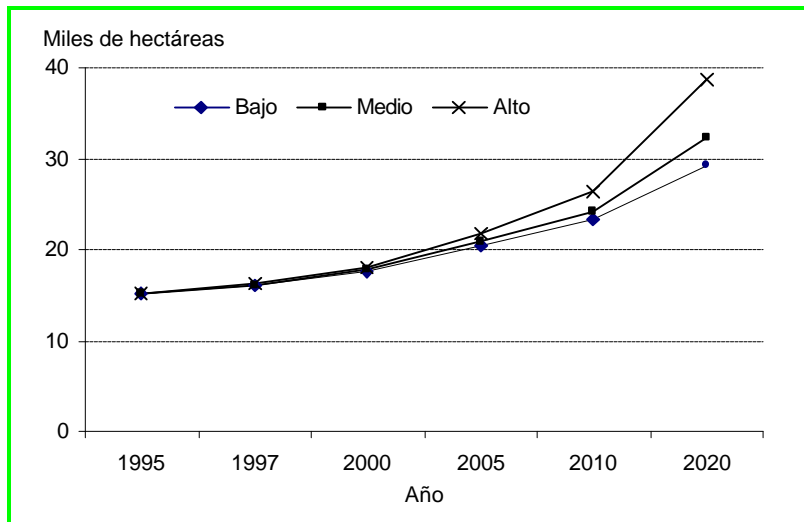
**Gráfica 1.3. Escenarios de crecimiento poblacional para la ZMVT**



**Gráfica 1.4. Escenarios de crecimiento vehicular para la ZMVT**



**Gráfica 1.5. Escenarios de crecimiento territorial para la ZMVT**



# DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

**2**



## **2. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE**

### **2.1 Definición, características y perspectivas**

Puede definirse a la contaminación del aire como: “La presencia en la atmósfera de uno o más elementos, en cantidad suficiente, de características o permanencia tales que causen efectos indeseables en el ser humano, las plantas, la vida animal o las construcciones y monumentos, o que interfieran con el esparcimiento del ser humano. Estos elementos pueden ser polvo, emanaciones, olores, humos o vapor” (Bishop). Por su parte, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define a la contaminación como: “La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico”.

A pesar de que mucha gente asocia el origen de la contaminación del aire con el crecimiento industrial, el fenómeno no necesariamente está ligado de manera exclusiva a las actividades humanas. El humo, la ceniza y los gases pueden originarse en erupciones o en incendios naturales; hidrocarburos como los terpenos, se pueden originar a partir de las hojas de las plantas; asimismo, las esporas de los hongos y los microorganismos que se encuentran suspendidos en el aire son también contaminantes naturales. Sin embargo, salvo en contados casos, la contaminación por fuentes naturales no ocasiona problemas que pongan en riesgo la salud humana. La dificultad se presenta cuando las actividades humanas causan problemas de contaminación de tal magnitud que algunas regiones de la tierra sean consideradas riesgosas para la existencia de ciertas especies o para la salud de los individuos.

La contaminación atmosférica no es un problema exclusivo de México, sino que es un fenómeno mundial. Tampoco es un problema reciente, ya que tiene su origen desde las primeras décadas del siglo veinte. En la Tabla 2.1 se presentan algunos episodios graves de contaminación registrados a nivel mundial. En ella se anota el número aproximado de muertes relacionadas con la contaminación ambiental.

Estos episodios tienen como características comunes el haberse dado bajo condiciones de ventilación y dispersión muy desfavorables, produciéndose un incremento extraordinario en las concentraciones de contaminantes y su persistencia durante varios días. Por ejemplo, en los episodios de Londres las concentraciones de partículas suspendidas totales alcanzaron una magnitud de hasta 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 2.1. Muertes ocurridas durante episodios de contaminación atmosférica en diferentes ciudades del mundo**

Fecha	Ciudad	Muertes
Diciembre de 1930	Valle Meuse, Bélgica	63
Octubre de 1948	Donora, EU	17
Nov 26 a Dic 1 de 1948	Londres, Inglaterra	750
5 al 9 de diciembre de 1952	Londres, Inglaterra	4,000
3 al 6 de enero de 1956	Londres, Inglaterra	1,000
2 al 5 de diciembre de 1957	Londres, Inglaterra	750
26 al 31 de enero de 1959	Londres, Inglaterra	225
5 al 10 de diciembre de 1962	Londres, Inglaterra	700
7 al 22 de enero de 1963	Londres, Inglaterra	700
Ene 9 a Feb 12 de 1963	Nueva York, EU	300

Fuente: US EPA (1968). Air Quality Criteria, Staff Report, Subcommittee on Air and Water Pollution, 1968.

### Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación de origen humano se clasifican en cuatro grupos principales, según Peavy (1986):

- *Transporte*: vehículos de motor, aviones, trenes, barcos y el consecuente manejo de los combustibles que utilizan.
- *Combustión estacionaria*: hogares, comercios, energía industrial, incluyendo termoeléctricas.
- *Procesos industriales*: químicos, metalúrgicos, refinerías, papeleras, etc.
- *Otras*: quemas agrícolas, basureros, incendios, fugas, derrames, etc.

### Clasificación de los contaminantes

Por su origen, los contaminantes pueden clasificarse como primarios o secundarios. Los *contaminantes primarios* son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos, monóxido de carbono, entre otros). Los *contaminantes secundarios* se forman en la atmósfera por reacciones fotoquímicas, por hidrólisis o por oxidación (ozono, nitrato de peroxiacetilo, etc.).

Por el estado de la materia en el que se encuentran se clasifican como partículas o como gases. Las *partículas* son sólidos y líquidos finamente divididos que pueden sedimentar, incluyen polvo, humo y cenizas. Los *gases* que incluyen también a los vapores, muchas veces son invisibles y a veces no se detectan



con el sentido del olfato. Algunos de los contaminante gaseosos más comunes son el monóxido de carbono, el bióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre.

A diferencia de las partículas, los gases no sedimentan sino que tienden a permanecer en la atmósfera, a transformarse en compuestos más simples o más complejos o a formar parte de los ciclos biogeoquímicos.

### *Ozono (O<sub>3</sub>)*

El ozono (O<sub>3</sub>), es el principal oxidante fotoquímico presente en la atmósfera, además del nitrato de peroxiacetilo, los alquil nitratos y otros compuestos más. En la naturaleza el ozono forma parte integrante de la composición química de la estratósfera, cumpliendo con la importante función de proteger a la superficie de la tierra de los rayos ultravioleta provenientes de la radiación solar. Sin embargo la presencia del ozono en la capa baja de la atmósfera (llamada tropósfera), donde se desarrolla la vida de la mayoría de los organismos se debe a la transformación que sufren los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno por medio de reacciones fotoquímicas.

A pesar de que el ozono es un contaminante muy inestable, que se destruye con la misma facilidad con que se forma, por breve que sea su permanencia, se ha demostrado, a través de una gran cantidad de estudios, que es un agente irritante para el sistema respiratorio, que produce tos, flema, dolor al respirar e inflamación en el tejido pulmonar, reduciendo la capacidad de respuesta del mismo a agentes extraños. Además, reduce la capacidad respiratoria, (aunque este puede ser un efecto reversible), disminuye también la capacidad mucociliar, lo que debilita las defensas naturales del aparato respiratorio. Por otra parte, se ha demostrado que las enfermedades respiratorias son más frecuentes en niños expuestos al ozono. Asimismo, se ha observado que durante episodios de contingencia ambiental con altas concentraciones de ozono, existe un incremento notable en el ausentismo escolar en niños a nivel preescolar y primaria (Romieu et al, 1995).

Gong (1987) considera que en personas saludables el ozono también causa problemas, pues hace que la respiración sea más difícil durante el trabajo y el ejercicio y causa irritación respiratoria general. Además puede marcar con una cicatriz los pulmones y causarles daño permanente. Se piensa que los síntomas de irritación tienden a desaparecer cuando se presentan exposiciones repetitivas al ozono. Sin embargo esta "atenuación de la respuesta" no es algo positivo, ya que el hecho de que no haya reacciones obvias a la exposición, no significa que el cuerpo se ha adaptado al mismo. Existen evidencias que muestran que la lesión pulmonar continúa aun durante la atenuación.

Un problema importante en la contaminación por ozono es el hecho de que los pulmones no terminan su desarrollo sino hasta que el individuo ha cumplido 18 años. Por consiguiente, los pulmones aún no desarrollados sufren un daño temprano que puede aumentar el riesgo de contraer una enfermedad respiratoria en la vida adulta.

#### *Partículas (PST y PM10)*

Dependiendo de su tamaño, las partículas pueden flotar o sedimentar. Las partículas que se mantienen flotando se conocen como partículas suspendidas totales o PST.

Las partículas cuyo diámetro es menor o igual a 10  $\mu\text{m}$  se conocen como partículas de fracción respirable o PM10, las cuales pueden estar formadas por aerosoles, polvos, metales, productos de combustión, o bien microorganismos como protozoarios, bacterias, virus, hongos y polen que pueden causar diferentes tipos de enfermedades. Cuando las partículas son inhaladas no siempre son expulsadas por los sistemas de defensa del organismo, causando problemas en el sistema respiratorio. Las partículas PM2.5 son aún menores ya que tienen un diámetro menor o igual a 2.5  $\mu\text{m}$  y un 40% de ellas son retenidas en los bronquios y en los alvéolos. La fracción PM2.5 no es emitida directamente a la atmósfera sino que se forma en ésta como producto de reacciones fotoquímicas y procesos físicos. Dichas partículas son objeto de investigación para determinar su concentración y caracterización físico-química en la atmósfera, ya que actualmente se discute su incorporación en la normatividad como contaminante criterio.

Las partículas mayores pueden ser eliminadas por los sistemas naturales de defensa, pero eso no es razón para no considerarlas como contaminantes, ya que por sus características son el indicador más evidente de un ambiente contaminado.

La contaminación por partículas puede causar, a corto y a largo plazo, disminución de la función pulmonar, lo cual contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y a la muerte prematura. Se estima que el riesgo de morir prematuramente aumenta en 2-8% por cada incremento de 50  $\mu\text{g}$  de PM10. Los riesgos asociados con partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta (Comisión Ambiental Metropolitana, 1996).

En México, la Secretaría de Salud ha observado un exceso de mortalidad asociada a niveles elevados de contaminación por PST, en especial en la población mayor a 65 años. Estudios realizados en el Distrito Federal muestran que las partículas PM10 se asocian con una mayor presencia de síntomas respiratorios, así como con el desarrollo de crisis asmáticas (Comisión Ambiental Metropolitana, 1996).

Algunas de las acciones que dan origen a la contaminación por partículas son la destrucción de la vegetación, que a su vez causa la erosión del suelo; los incendios, principalmente en las épocas de sequía; algunos procesos industriales que generan gran cantidad de polvos, y actividades humanas que requieren la quema de combustibles como carbón, leña y derivados del petróleo. La inadecuada disposición de la basura y el fecalismo al aire libre también son emisores importantes de microorganismos, quistes, esporas, polen, etc., que pueden estar adheridos al polvo. Tomando en cuenta lo anterior, es necesario atacar estos problemas directamente para disminuir la contaminación de partículas suspendidas.

### *Plomo (Pb)*

El plomo no sólo se descarga al medio de manera natural, como por ejemplo en la erosión del suelo o en emanaciones volcánicas, sino también por fuentes antropogénicas. En este último caso, durante su extracción, fundición, refinación, el procesamiento de minerales no ferrosos y la combustión de combustibles fósiles, siendo este último punto la principal fuente de emisiones ya que, el aumento de la concentración de plomo en la atmósfera se debe principalmente a la introducción de compuestos orgánicos de plomo, usados como aditivos antidetonantes para gasolina.

El plomo que se origina a partir de los combustibles de automóviles se asocia con partículas igual o menores a 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Estas partículas pueden alcanzar fácilmente la región interior del pulmón, donde el plomo se encuentra disponible para introducirse en el torrente sanguíneo. Una vez en la sangre, se distribuye en todos los tejidos y órganos del cuerpo, llegándose a almacenar en los huesos, hígado, corteza y médula renales. Los principales sistemas del cuerpo humano que se ven afectados por la intoxicación con plomo son el hematopoyético, el renal, el nervioso central y el sistema nervioso periférico.

La intoxicación crónica se presenta por la absorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. La intoxicación aguda suele resultar de la inhalación de tetraetilo de plomo el cual es altamente volátil y liposoluble. Los síntomas de intoxicación aguda pueden ser: diarrea, cólico, náuseas, vómito, lasitud, insomnio, convulsiones y dolor de cabeza. Existen pruebas de que los niños con niveles elevados de plomo en la sangre tienen un desarrollo mental restringido y una incidencia mayor de alteraciones en su comportamiento; los efectos se atribuyen a la inhibición irreversible del desarrollo del sistema nervioso.

El plomo atmosférico tiene una gran importancia debido a que es una fuente de exposición por inhalación para los seres vivos y, al igual que otros contaminantes, llega a otras regiones por la acción del viento depositándose en el suelo, en el agua y en la vegetación.

### *Hidrocarburos (HC)*

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que en su estructura química contienen carbono e hidrógeno. Muchos componentes de la gasolina y otros derivados del petróleo son hidrocarburos los cuales, por procesos fotoquímicos, reaccionan con los óxidos de nitrógeno para formar nitrato de peroxiacetilo y ozono, entre otros compuestos.

Algunos tipos de hidrocarburos son tóxicos, otros no y muchos de ellos no representan un potencial significativo para afectar la salud en forma adversa; sin embargo, debido a que contribuyen a la formación de ozono, se consideran como contaminantes importantes.

Los hidrocarburos aromáticos son agentes cancerígenos potenciales. Existen estudios que indican que algunos de estos hidrocarburos se forman durante la combustión incompleta de casi cualquier material orgánico, incluyendo grasas, carnes, café, azúcar, hule y humo de cigarro.

Las fuentes antropogénicas de hidrocarburos pueden ser variadas. El transporte emite una gran cantidad de ellos, en tanto que el consumo de combustibles en fuentes estacionarias ocupa un lugar secundario. Por último se encuentran diversos procesos como las prácticas agrícolas y los tiraderos de basura que también contribuyen a la generación de estos contaminantes.

El transporte es considerado como la mayor fuente de emisión de hidrocarburos a la atmósfera debido a la combustión incompleta en los motores de los vehículos. Asimismo, las emisiones evaporativas en las maniobras de carga y descarga de combustible en gasolineras o en los grandes contenedores de almacenamiento contribuyen también a la emisión de hidrocarburos a la atmósfera.

### *Monóxido de Carbono (CO)*

El monóxido de carbono es un gas sin color, sin sabor y sin olor, químicamente inerte en condiciones normales que, en bajas concentraciones, no produce ningún daño; sin embargo, en concentraciones elevadas puede afectar seriamente el metabolismo respiratorio dada la alta afinidad de la hemoglobina por éste compuesto.

Las emisiones de CO en un área cerrada pueden causar la muerte por insuficiencia cardíaca o sofocación, ya que la absorción de CO se incrementa con la concentración en el ambiente, con el aumento del tiempo de exposición y con el incremento de la actividad física. La exposición a bajos niveles de CO, también puede causar daño a la salud cuando las personas están bajo medicación, consumen bebidas alcohólicas o se encuentran en lugares altos (Comisión Ambiental Metropolitana, 1996).

Se han realizado estudios que muestran que las concentraciones encontradas en microambientes como en las banquetas de calles de tráfico intenso, o en el interior de vehículos son mayores que las concentraciones detectadas en las estaciones de monitoreo. Es por ello que es difícil evaluar el nivel de exposición de una persona cuando camina o maneja en medio del tráfico intenso (Comisión Ambiental Metropolitana).

La fuente principal de emisión de monóxido de carbono la constituyen los transportes impulsados con motores de combustión interna. La disposición inadecuada de residuos sólidos (basura), es también una fuente importante, los procesos industriales y la generación de energía, aunque son fuentes emisoras, no emiten tanto monóxido de carbono como la primera.

#### *Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)*

El bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, no flamable y no explosivo, con un olor sofocante y es altamente soluble en el agua. Puede permanecer en la atmósfera entre 2 y 4 días. Durante este tiempo puede ser transportado a miles de kilómetros y formar ácido sulfúrico, el cual se precipita en alguna otra región lejos de su origen.

El ácido sulfúrico, el bióxido de azufre y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio. Incluso llegan a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.

En una atmósfera con partículas suspendidas el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el bióxido y el ácido sulfúrico paralizan 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. Se ha comprobado que el componente ácido de las partículas estuvo implicado en la mortalidad de los episodios registrados en Londres.

En las plantas, el SO<sub>2</sub> ocasiona daños irreversibles en los tejidos, sobre todo en días soleados. Por otro lado, el ácido sulfúrico ataca los materiales de construcción como el mármol, la cantera, la cal y el mortero. Muchos de los monumentos, edificios, esculturas e iglesias se han deteriorado por esta causa. El ácido sulfúrico también daña las telas como el algodón, el lino, el rayón y el nylon. Las bibliotecas también tienen problemas a causa de este compuesto ya que las hojas de los libros se tornan amarillas, por la mismo los artículos de piel se resecan y los metales se corroen.

La fuente principal de emisión de óxidos de azufre son los combustibles fósiles que contienen azufre. Por consiguiente, las fuentes fijas que consumen combustibles con alto contenido de azufre son la causa principal de la emisión de azufre a la atmósfera.

La contaminación del aire tiene efectos globales y regionales, es decir, no se restringe únicamente a las grandes ciudades. La lluvia ácida es un ejemplo y se origina cuando las emisiones de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno reaccionan con el vapor de agua y con ayuda de la luz solar se convierten en ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estos compuestos se depositan en la superficie de la tierra como aerosoles y partículas (deposición seca) o como lluvia, granizo y rocío (deposición húmeda). Los contaminantes pueden emitirse en un punto y permanecer ahí por días, hasta que el viento los arrastra grandes distancias y caen en áreas que pueden ser impactadas de acuerdo al grado de sensibilidad del ecosistema.

### *Óxidos de Nitrógeno (NOx)*

Los más importantes son el monóxido y el bióxido de nitrógeno. El bióxido puede formar ácido nítrico y ácido nitroso en presencia de agua. Ambos pueden precipitarse junto con la lluvia o combinarse con el amoníaco de la atmósfera para formar nitrato de amonio.

El óxido nítrico al igual que el monóxido de carbono, puede combinarse con la hemoglobina de la sangre reduciendo su capacidad de transporte de oxígeno.

El bióxido de nitrógeno irrita los alveolos pulmonares. Estudios de salud ocupacional muestran que este gas puede ser fatal a concentraciones elevadas. En contraste con el ozono, el NO<sub>2</sub> puede ser más abundante en interiores que en el exterior, esto se debe a que una fuente de este contaminante son las estufas de gas LP y los quemadores o calderas industriales que utilizan el mismo combustible.

Los óxidos de nitrógeno generan, junto con los hidrocarburos, contaminantes de tipo secundario, la llamada contaminación fotoquímica, cuyo principal componente es el ozono. Los óxidos de nitrógeno son producidos principalmente por los transportes y por el consumo de combustibles en la industria y en la generación de energía.

### **Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)**

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire es una unidad adimensional que permite comparar las magnitudes de los diversos contaminantes en una escala homogénea que va de cero a 500, el nivel de 100 puntos corresponde al valor de la norma oficial mexicana establecida para cada uno de los contaminantes.

El factor de ponderación que se utilizó para la creación del IMECA considera las normas de calidad del aire y los niveles de daño significativo, como base para determinar los efectos de la contaminación. Se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas. Estas funciones están basadas en el Pollutant Standard Index (PSI) de los Estados Unidos y por lo tanto, corresponden a los estándares primarios, los criterios de episodios y los niveles de daño significati-

## 2. Diagnóstico de la Calidad del Aire

vo de ese país. Los contaminantes seleccionados fueron el CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PST, PM10 y SO<sub>2</sub>. La función que define al IMECA se expresa así:

$$\text{IMECA} = \text{MAX} (I \text{ CO}, I \text{ O}_3, I \text{ NO}_2, I \text{ PST}, I \text{ PM10}, e I \text{ SO}_2)$$

Donde I es el subíndice individual de cada uno de los contaminantes. Estos subíndices se calculan utilizando funciones lineales segmentadas que se basan en los puntos de quiebre de los valores de la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Puntos de quiebre del IMECA**

IMECA	PST	PM10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
	24 hr µg/m <sup>3</sup>	24 hr µg/m <sup>3</sup>	24 hr ppm	1 hr ppm	8 hr ppm	1 hr ppm
100	260	150	0.13	0.21	11	0.11
200	546	350	0.35	0.66	22	0.23
300	627	420	0.56	1.1	31	0.35
400	864	510	0.78	1.6	41	0.48
500	1000	600	1.0	2.0	50	0.60

Fuente: Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1997.

La calidad del aire es buena cuando el valor del IMECA esta abajo de 50, de 51 a 100 es satisfactoria, de 101 a 200 es no satisfactoria, de 201 a 300 mala y de 301 a 500 se considera muy mala.

El IMECA reporta la concentración máxima del contaminante que se encuentre en mayor cantidad, basándose en los efectos umbrales a corto plazo y en los niveles de daño significativo. Cuando se elaboró por primera vez, se utilizaron los Criterios de Calidad del Aire publicados el 29 de noviembre de 1982. Las concentraciones para los valores de 200, 300 y 400 se determinaron dividiendo el intervalo entre el criterio de calidad del aire y el nivel de daño significativo en 4 partes iguales. Para PM10 se realizaron correlaciones en la determinación del punto de quiebre de las mediciones de partículas.

La sustitución de los Criterios de Calidad del Aire por las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del Aire, el 23 de diciembre de 1994, hizo que se actualizara el IMECA con los nuevos valores.

En la Tabla 2.3 se muestran las ecuaciones de transformación de las unidades de concentración de contaminantes a puntos IMECA, donde las abreviaturas de los contaminantes representan su concentración en ppm, excepto para PM10 y PST que se da en µg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 2.3. Ecuaciones de transformación**

Contaminante	0-100 IMECA	101-500 IMECA
CO	9.091 * CO	10.25 * (CO - 11) + 100
NO <sub>2</sub>	476.2 * NO <sub>2</sub>	223.4 * (NO <sub>2</sub> - 0.21) + 100
SO <sub>2</sub>	769.2 * SO <sub>2</sub>	459.8 * (SO <sub>2</sub> - 0.13) + 100
O <sub>3</sub>	909.1 * O <sub>3</sub>	816.3 * (O <sub>3</sub> - 0.11) + 100
PM10	0.6667 * PM10	0.8889 * (PM10 - 150) + 100
PST	0.384615 * PST	0.540540 * PST - 40.540541

**Tabla 2.4. Efectos de la contaminación sobre la salud y recomendaciones para evitarlos**

IMECA	Efectos sobre la salud	Medidas preventivas
0 a 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se presentan efectos negativos en la salud.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No es necesaria ninguna medida preventiva</li> </ul>
101 a 250	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación de la conjuntiva o dolor de cabeza.</li> <li>Se reactivan los síntomas de los enfermos del corazón o de los pulmones.</li> <li>Niños, ancianos y fumadores presentan trastornos del aparato respiratorio y cardiovascular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe evitar caminar en la calle por tiempos largos.</li> <li>No es recomendable realizar ejercicio físico al aire libre.</li> </ul>
251 a 350	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lactantes, ancianos y fumadores pueden presentar además de las molestias anteriores, alteraciones inflamatorias en el sistema respiratorio.</li> <li>El resto de la población puede presentar trastornos funcionales en el aparato respiratorio y cardiovascular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe evitar caminar en la calle por tiempos largos.</li> <li>No realizar ejercicio al aire libre.</li> <li>No fumar.</li> <li>Evitar cambios bruscos de temperatura.</li> <li>Disminuir el contacto con enfermos de las vías respiratorias.</li> </ul>
Más de 350	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los enfermos crónicos de los pulmones o del corazón reactivan sus padecimientos de base.</li> <li>Los lactantes, ancianos y fumadores pueden presentar alteraciones inflamatorias en su aparato respiratorio.</li> <li>El resto de la población puede presentar alteraciones inflamatorias en su aparato respiratorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingestión de jugos de frutas.</li> <li>Atención médica oportuna si se detecta alguna alteración.</li> <li>Mantenerse atento a las recomendaciones que emita el Sistema de Salud.</li> </ul>

Fuente: Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1997.



La Tabla 2.4 presenta una lista de los efectos en la salud a diferentes niveles IMECA junto con algunas recomendaciones que se sugieren para evitar un mayor daño. Se destaca de esta tabla que tanto los ancianos como los niños son los más afectados por los episodios de la contaminación.

### **Implicaciones globales de la contaminación**

#### *Destrucción de la capa de ozono*

La atmósfera se divide en varias capas. La que más nos interesa es la tropósfera, que llega a alcanzar poco más de 10 km sobre la superficie terrestre. Esta capa es muy importante por que en ella se desarrolla la vida. La estratósfera se extiende 40 km por encima de la tropósfera, en ella se encuentra una capa protectora de ozono que evita la entrada de los rayos ultravioleta del sol. Por esto la importancia de esta capa es significativa, ya que la radiación ultravioleta puede causar problemas en plantas y animales. La capa natural protectora de ozono se localiza entre 10 y 50 km sobre la superficie terrestre. Los clorofluorocarbonos (CFC's), usados como propelentes en los aerosoles y los freones empleados en refrigeración, liberan cloro que reacciona con el ozono de la estratósfera disminuyendo el espesor de la capa protectora de ozono.

#### *Efecto invernadero*

El consumo de combustibles fósiles y las prácticas de agricultura actuales, entre otras causas, han ocasionado que la cantidad de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se incremente a razón de 1.8 mg/m<sup>3</sup> al año, es decir, 2.3 billones de toneladas anuales. Este incremento va acompañado de un decremento equivalente de la cantidad de oxígeno atmosférico. Además, el CO<sub>2</sub> absorbe radiación infrarroja sin dejar escapar ésta energía, ocasionando un continuo calentamiento de la tierra, fenómeno que se conoce como efecto invernadero, el cual ocasiona un calentamiento general de la tierra.

### **Normas de calidad del aire**

El Gobierno Federal ha establecido normas para la protección de la salud en materia de contaminantes atmosféricos, con el objeto de proporcionar un margen adecuado de seguridad en la protección a salud de la población. Durante su diseño, no se tomaron en cuenta como factores determinantes los aspectos económicos y tecnológicos, ya que la decisión se debería basar en los efectos sobre la salud de la población. En la tabla 2.5 se presentan los valores que establece las normas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 23 de diciembre de 1994.

La exposición de los individuos a los contaminantes no siempre es igual a la concentración detectada en las estaciones de monitoreo. Este fenómeno es particularmente importante en los contaminantes que tienen un fuerte gradiente de concentración espacial, como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y el plomo.

El patrón de exposición de una persona a un contaminante depende de tres factores principales: el tiempo que una persona pasa en diferentes microambientes como la casa, la oficina, la calle o el microbús; la concentración del contaminante en cada microambiente; y la cantidad de aire que se inhala, la cual depende de la actividad realizada. Aunque en México no se dispone de información precisa, es necesario incluir los efectos que sobre una persona tiene la mezcla de diferentes contaminantes, la altura de la ciudad, el clima, la edad, etc.

**Tabla 2.5. Valores normados para contaminantes**

Contaminante	Límite exposición aguda		Límite exposición crónica (valor medio)	Norma
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Para protección de la salud de la población susceptible	
O <sub>3</sub>	0.11 ppm (1 hr)	1 vez cada 3 años	-	NOM-020-SSA-1994
SO <sub>2</sub>	0.13 ppm (24 hr)	1 vez al año	0.03 ppm anual	NOM-022-SSA-1994
NO <sub>2</sub>	0.21 ppm (1 hr)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA-1994
CO	11 ppm (8 hr)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA-1994
PST	260 µg/m <sup>3</sup> (24 hr)	1 vez al año	75 µg/m <sup>3</sup> anual	NOM-024-SSA-1994
PM10	150 µg/m <sup>3</sup> (24 hr)	1 vez al año	50 µg/m <sup>3</sup> anual	NOM-025-SSA-1994
Pb	-	-	1.5 µg/m <sup>3</sup> en 3 meses	NOM-026-SSA-1994

Fuente : Diario Oficial de la Federación, diciembre 1994.

Es necesario realizar estudios fundamentados en bases estadísticas sobre el efecto que tienen los contaminantes en la salud de los habitantes de la ZMVT. Los trabajos realizados a la fecha además de ser escasos, se han hecho en forma aislada. Adicionalmente, la carencia de recursos necesarios para desarrollar una infraestructura que permita la elaboración de estudios epidemiológicos y toxicológicos es otro factor que impide la evaluación sistemática de los posibles daños que la contaminación causa a la salud de la población.

## 2.2 Red automática de monitoreo

Para la formulación de programas adecuados de gestión de la calidad del aire, es necesario evaluar la cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera y por consiguiente es necesario llevar a cabo un monitoreo atmosférico.

Se define como monitoreo atmosférico al conjunto de actividades diseñadas para medir, analizar y procesar en forma continua la información sobre las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en la atmósfera, en un lugar y tiempo determinado.

**Tabla 2.6. Localización de las estaciones de monitoreo de la RAMA-T**

Estación	Localización
1. Oxtotitlán	Escuela Primaria Carmen Serdán Calle Lago Caimanero esq. Laguna de la Asunción, Col. Nueva Oxtotitlán Municipio: Toluca
2. Toluca Centro	Plaza España Av. Juárez Norte esq. Santos Degollado Municipio: Toluca
3. Metepec	Av. Metepec esq. Manzana Izcalli Cuauhtémoc V. Municipio: Metepec
4. San Lorenzo Tepaltitlán	Escuela Secundaria José Vasconcelos Av. Independencia No. 14 San Lorenzo Tepaltitlán Municipio: Toluca
5. San Mateo Atenco	Av. Hacienda de Tres Marías s/n Fracc. Santa Elena Municipio: San Mateo Atenco
6. Aeropuerto	Centro Nacional de Capacitación y Adiestramiento de la Cruz Roja Mexicana Bld. Miguel Alemán Municipio: Toluca
7. San Cristobal Huichochitán	Escuela Primaria Manuel Hinojosa Giles Calle Guadalupe Victoria, antiguo camino a la Magdalena San Cristóbal Huichochitán Municipio: Toluca

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Toluca (RAMA-T) funciona desde 1993 y está integrada por siete estaciones de monitoreo fijas, tres de las cuales están ubicadas en la zona norte, dos en la sur y dos en la parte central de la ZMVT. La infraestructura con la que cuenta la RAMA-T es la siguiente:

- Siete estaciones remotas
- Una red de líneas telefónicas
- Un Centro de Control
- Cinco estaciones de monitoreo manual
- Una Unidad Móvil de Monitoreo

La ubicación de las estaciones remotas se presenta en la Tabla 2.6. En el mapa de la Figura 2.1 se muestra la localización de las estaciones de monitoreo. Los contaminantes que se miden en cada estación y el número de monitores que tiene cada una de ellas se muestran en la Tabla 2.7. Los monitores son las unidades de análisis por contaminante.

Figura 2.1. Estaciones remotas de la RAMA-T

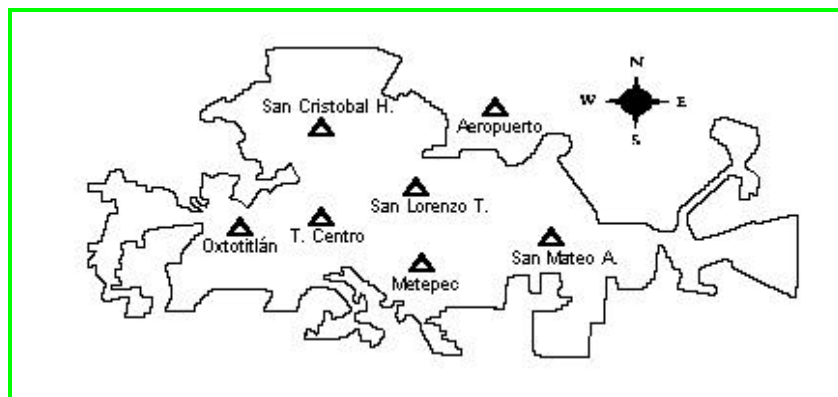


Tabla 2.7. Parámetros analizados en cada estación remota

Parámetro	Monitores	Estación No.						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Contaminante</i>								
Bióxido de azufre	7	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Partículas suspendidas totales	7	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Óxidos de nitrógeno	7	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Ozono	4	no	sí	sí	sí	no	sí	no
Hidrocarburos	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Monóxido de carbono	4	sí	sí	sí	sí	no	no	no
Plomo	2	no	sí	no	sí	no	no	no
<i>Meteorología</i>								
Velocidad del viento	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Dirección del viento	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Humedad relativa	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Temperatura	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Presión atmosférica	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Precipitación	2	no	sí	no	sí	no	no	no
Radiación solar	2	no	sí	no	sí	no	no	no

Todas las estaciones cuentan con un sistema de toma de muestras de aire, localizado en la parte superior de la cabina. La muestra se envía a los diferentes monitores en donde, de acuerdo a la técnica de análisis, se registran las con-

centraciones de contaminantes presentes en la atmósfera. En la Tabla 2.8 se presentan las técnicas de medición empleadas por la RAMA-T.

**Tabla 2.8. Técnicas de análisis de los contaminantes**

Contaminante	Técnica de medición
PST	Absorción de radiación beta
SO <sub>2</sub>	Fluorescencia pulsante en UV
NO <sub>x</sub>	Quimioluminiscencia
CO	Espectrometría de absorción en infrarrojo
O <sub>3</sub>	Espectrometría de absorción en infrarrojo
HC	Ionización de flama

### Centro de control

La estación remota de recepción de datos convierte la señal analógica de los sensores a una señal digital, le da un pretratamiento y transmite los datos a través de una línea telefónica conectada al Centro de Control. En este Centro se localiza un mapa sinóptico, el cual representa a la ZMVT. En la parte superior se encuentran dos visualizadores alfanuméricos en donde se indica el contaminante y la unidad de medida de éste. Cada estación de monitoreo presenta la información instantánea de cada contaminante en indicadores digitales de cuatro cifras, con tres indicadores de autocalibración de equipos, fallo de la comunicación y aviso de alarma en caso de avería de algún equipo. En cada estación es posible visualizar el contaminante que se desee o captar información de tipo cíclico de los contaminantes. Se cuenta con dos estaciones de trabajo que permiten obtener datos instantáneos de cada estación o de las siete estaciones simultáneamente. Las estaciones de trabajo integran el comportamiento gráfico de los contaminantes y permiten controlar y calibrar el equipo a distancia.

Este Centro, tiene las siguientes funciones:

- Comunicación con las estaciones remotas.
- Tratamiento de las señales.
- Generación del archivo histórico de la calidad del aire.
- Envío de instrucciones de autocalibración a las estaciones de monitoreo.
- Elaboración de informes y reportes de la calidad del aire.

### Unidad móvil de monitoreo

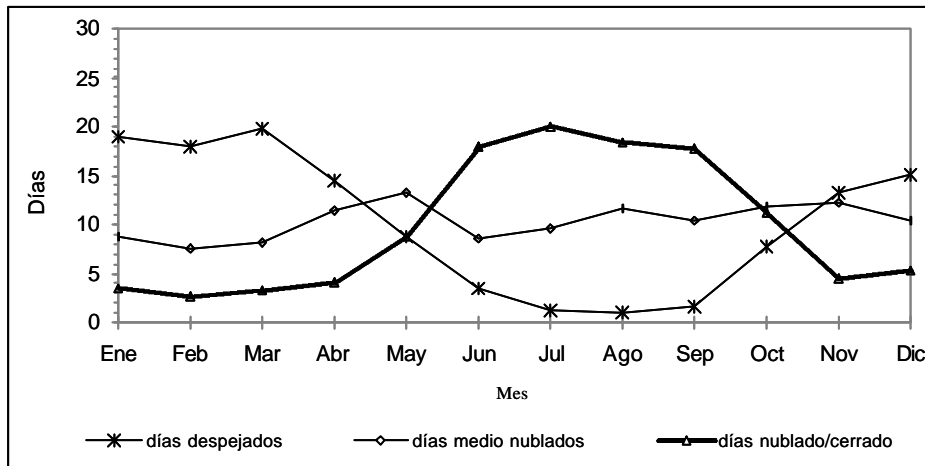
La RAMA-T cuenta con una Unidad Móvil de Monitoreo que realiza medidas puntuales de la contaminación. Con esta unidad es posible realizar estudios específicos en lugares remotos o donde no se cuenta con la cobertura de la Red Automática. Ha sido muy útil en el caso de incidentes naturales o accidentes. También con ella se auditan los datos de las estaciones remotas. La unidad es-

tá montada sobre un camión de 5 toneladas, cuenta con siete analizadores y seis sensores meteorológicos con una estación remota de adquisición de datos y una computadora portátil.

### 2.3 Condiciones meteorológicas

Los sistemas anticiclónicos provocan tiempo estable y seco, con frecuentes días despejados en la temporada invernal que, como se aprecia en la Gráfica 2.1, son los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, en los cuales la cantidad de días despejados es mayor a 15 por mes. Las condiciones pueden perdurar por varios días sobre la región, generando entonces inversiones térmicas intensas tanto en superficie como en altura. La principal característica de los sistemas anticiclónicos es que presentan circulación de vientos en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y para originar las inversiones térmicas, se deben localizar entre 3000 y 6000 metros sobre el nivel medio del mar.

Gráfica 2.1. Condiciones del cielo en la ciudad de Toluca en el período 1951-1980



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (Normales Climatológicas).

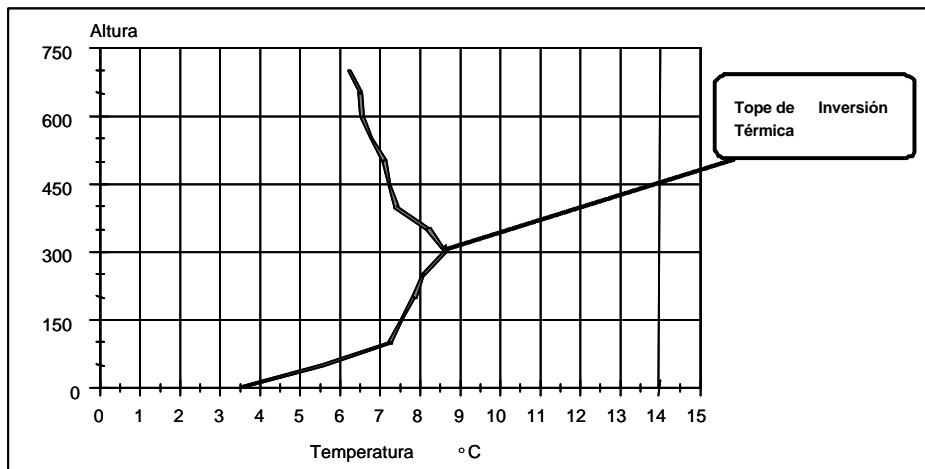
### Inversiones térmicas y radiación solar

La inversión térmica es un fenómeno natural, en el cual el aire frío y denso queda confinado entre las capas cercanas a la superficie, mientras que el aire más caliente y ligero se halla por encima. Debido a las bajas temperaturas de la ZMVT este fenómeno se acentúa en invierno, causando una reducción de la visibilidad por las mañanas.

## 2. Diagnóstico de la Calidad del Aire

Durante el mes de marzo de 1996, con apoyo de un globo cautivo, propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, se realizó una campaña de medición del perfil vertical atmosférico en Toluca, con la finalidad de encontrar la relación entre el fenómeno de inversión térmica y los niveles de contaminación. El análisis demostró una relación similar a la encontrada en el Valle de México, esto es, la inversión térmica es un factor importante mas no determinante en los niveles máximos de contaminación, ya que influyen también otros tipos de sistemas meteorológicos, como es el caso de un sistema anticiclónico sobre la región oriente y central del territorio. En el mismo estudio se detectó, el día 20 de marzo, una inversión térmica de 5.1°C de intensidad a las 7:00 horas. En donde el valor máximo de contaminación fue de 77 puntos IMECA. Este episodio fue causado por partículas suspendidas totales. En la Gráfica 2.2 se dan las características de altura, temperatura y el tope de la inversión térmica registrada ese día. Actualmente la RAMA-T no cuenta con equipo que suministre datos sobre el perfil vertical atmosférico.

**Gráfica 2.2. Inversión térmica característica de Toluca, caso del 20 de marzo de 1996, 07:00 hr**

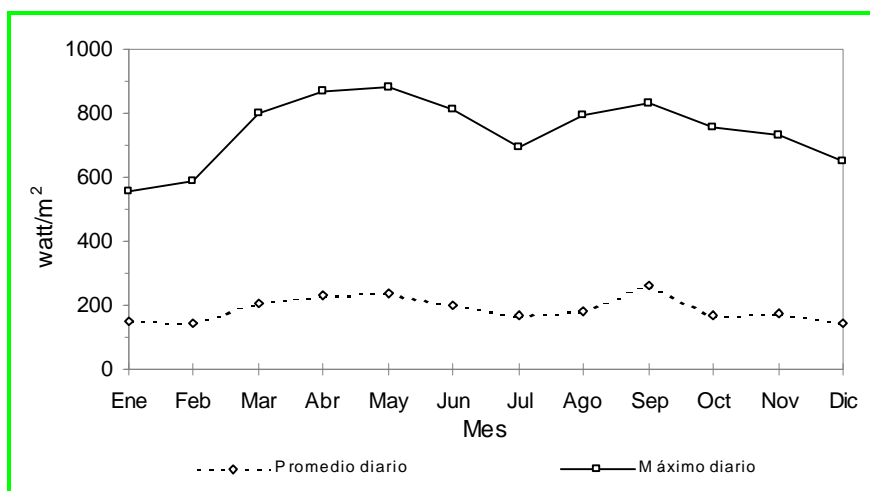


Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. (Medición del Perfil Atmosférico en Toluca).

En la ZMVT, la ventilación se ve favorecida la mayor parte del año, debido a que no se presentan barreras naturales importantes que impidan la circulación del viento. Sin embargo, se ha detectado que cuando un sistema anticiclónico afecta a la República Mexicana, se propician vientos débiles desde la superficie hasta las capas más alejadas, por lo que el viento no logra aumentar su velocidad en la superficie de forma oportuna y los contaminantes precursores de ozono se estancan, lo que, unido con los altos índices de radiación solar que se presentan en los días despejados sobre la región, ocasiona que se rebasen las normas establecidas para los contaminantes. Esta situación se relaciona en forma simultánea con episodios de alta contaminación en la ZMVM o Guadalajara y puede perdurar por varios días.

En la Gráfica 2.3 se muestra el comportamiento global de la radiación solar registrada durante 1996. Los datos corresponden a promedios mensuales de la radiación media diaria. En ella se observa que la mayor radiación promedio se recibe en el mes de septiembre, donde también se registra un máximo importante, mientras que la menor radiación se presentó en la temporada invernal. En la Tabla 2.9 se presentan los datos numéricos de esta gráfica.

**Gráfica 2.3. Radiación solar global media en Toluca (1996)**



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

**Tabla 2.9. Radiación solar recibida en la Ciudad de Toluca durante 1996 (watt/m<sup>2</sup>)**

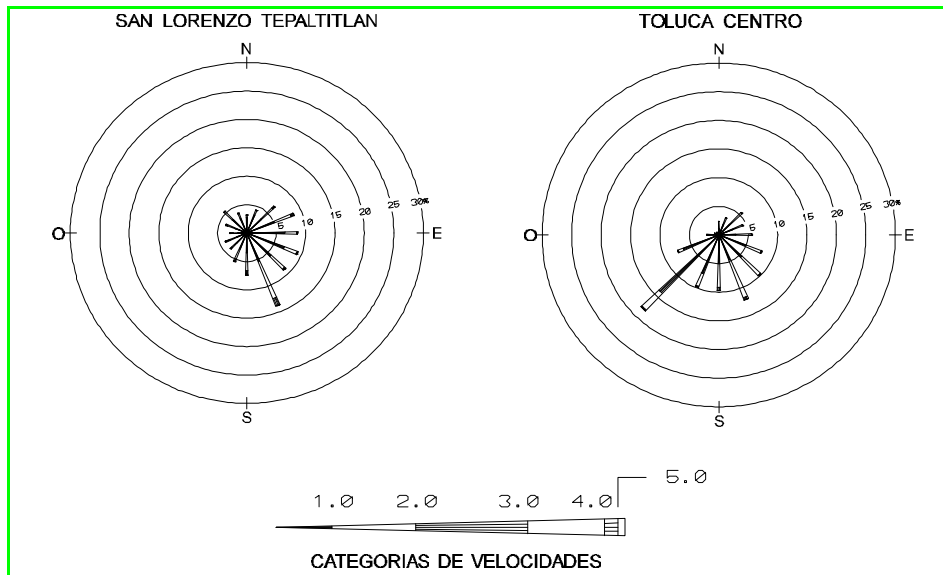
Mes	Promedio mensual	Promedio mensual de máximos
Ene	150.6	558.4
Feb	146.1	589.8
Mar	204.4	801.7
Abr	232.0	871.7
May	240.0	880.6
Jun	198.1	810.4
Jul	168.1	693.4
Ago	181.7	793.2
Sep	264.4	828.8
Oct	169.7	759.1
Nov	175.1	731.9
Dic	140.8	650.4



### Patrones de viento

En la ZMVT los vientos provienen predominantemente del sur, lo que favorece el transporte de los contaminantes hacia la región norte, provocando que esta área se vea afectada por el desplazamiento y el transporte de contaminantes generados en otras zonas. Por esta razón, en los tres años de monitoreo de la RAMA-T, la zona norte presentó las concentraciones de ozono más elevadas. En la Figura 2.2 se presentan las rosas de vientos anuales de dos estaciones de monitoreo.

**Figura 2.2. Rosa de vientos anual**



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico, de la ZMVT.

El campo de vientos en la ZMVT presenta dos comportamientos a lo largo del año, ambos mostrados en las Figuras 2.3 y 2.4, los comentarios siguientes se hacen con base en ellas.

#### *Invierno*

En invierno el viento sopla de sur a norte con una pequeña curvatura en el sentido de las manecillas del reloj. Por ello, las poblaciones que se encuentran al norte son afectadas por las emisiones a la atmósfera de la principal zona industrial localizada en el municipio de Lerma, éstas son: San Lorenzo Tepaltitlán, San Mateo Otzacatipán, La Trinidad y San Andrés Coexcontitlán; asimismo, las colonias o barrios afectados son San Nicolás Tolentino, San Miguel, Santa María y San Pedro Totoltepec, el Fraccionamiento Misiones, Girasoles, San Lorenzo, Las Fuentes y algunas otras cercanas a esta zona.

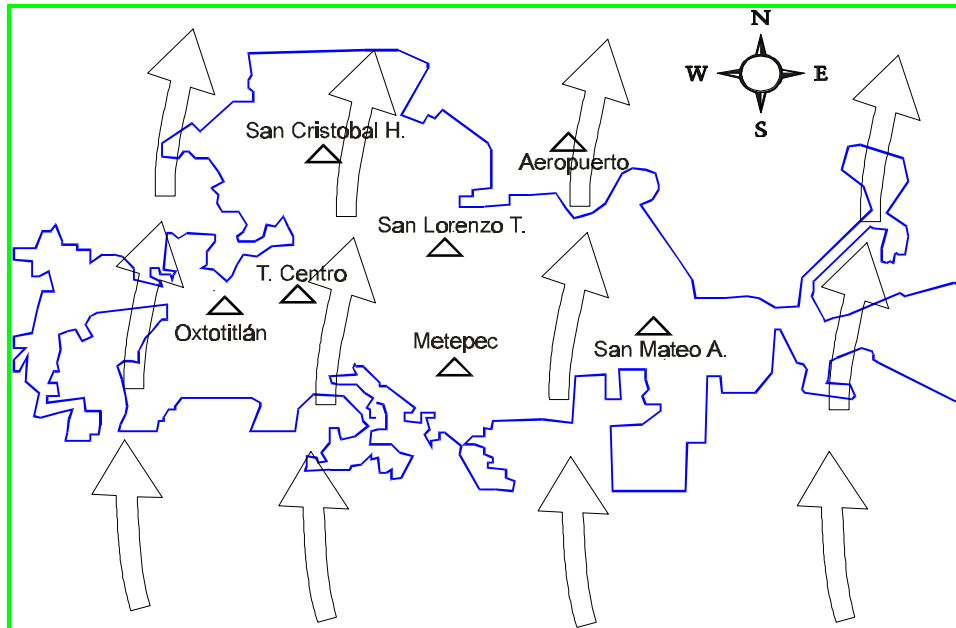
En invierno, las emisiones originadas por las actividades en la Ciudad de Toluca afectan, según el comportamiento de los vientos, a las siguientes zonas: colonias de la parte norte de la ciudad como Residencial Ciprés, Barrio de Huitzila, Lomas Altas, San Luis Obispo, La Teresona, Retama, Apinahuizco, Unión, Santa Bárbara Zopilocalco, Pensiones y Doctores, entre otras; las poblaciones afectadas son: Santiago Miltepec, San Cristóbal, La Trinidad, San Lorenzo y San Mateo.

#### Verano

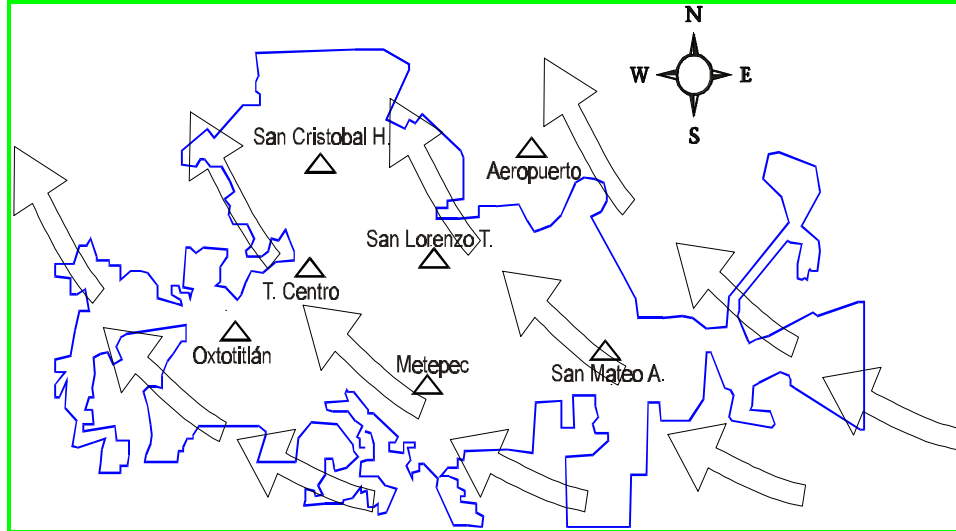
En el verano la dirección del viento parte del sur dirigiéndose al noroeste con una curvatura más pronunciada en el sentido de las manecillas del reloj. De esta forma, el viento puede transportar los contaminantes de la zona industrial de Lerma hacia la parte noreste de la Ciudad de Toluca afectando a las siguientes colonias o barrios: San Antonio Buenavista y Tepaltitlán, San Lorenzo Tepaltitlán, La Cruz Comalco, Independencia, Club Jardín, Guadalupe, Las Flores, La Trinidad, San Cristóbal y Yachihuacaltepec.

Las emisiones de la Ciudad de Toluca son transportadas en verano hacia: La Teresona, San Mateo Oxotitlán, Electricistas, Sector Popular, Santiago Tlaxomulco, San Miguel Apinahuizco, La Unión y San Luis Obispo, entre otros.

Figura 2.3. Campo de vientos en invierno



**Figura 2.4. Campo de vientos en verano**



**Fenómenos característicos**

Otro fenómeno importante se relaciona con las bajas temperaturas, que son normales en el Valle de Toluca, lo que induce la presencia frecuente de heladas y nevadas ocasionales en los alrededores; durante el invierno, en las dos terceras partes del mes se manifiestan con temperaturas mínimas bajo cero. Estos fenómenos resultan de consideración, ya que si no se presenta una ventilación asociada a sistemas meteorológicos significativos, se estanca el aire cercano a la superficie y en presencia de polvos y humedad, provocan el fenómeno observado durante las horas matutinas invernales, el cual consiste en ver sobre la ZMVT una espesa capa de color café oscuro, asociada con una inversión térmica. Si el calentamiento diurno es suficiente, se incrementa la velocidad del viento; el fenómeno rápidamente desaparece y no tiene repercusión en los niveles de contaminación.

**Tabla 2.10. Fenómenos especiales característicos de la ZMVT**

Promedio de días/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Promedio de días con Helada	23.7	19.0	11.1	2.6	0.7	0.1	0.0	0.1	0.6	4.0	13.0	20.3	95.7
Promedio de días con Niebla	0.8	0.3	1.1	0.2	1.2	3.1	3.6	3.2	3.4	3.2	2.0	1.2	23.8
Promedio de días con Nevada	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (Normales Climatológicas).

En la Tabla 2.10 se presentan los fenómenos especiales característicos de la ZMVT; se puede notar que los días con heladas se manifiestan sobre todo durante el período de noviembre a febrero. Los días neblinosos son característicos en el período de junio a octubre y las pocas nevadas se presentan durante enero.

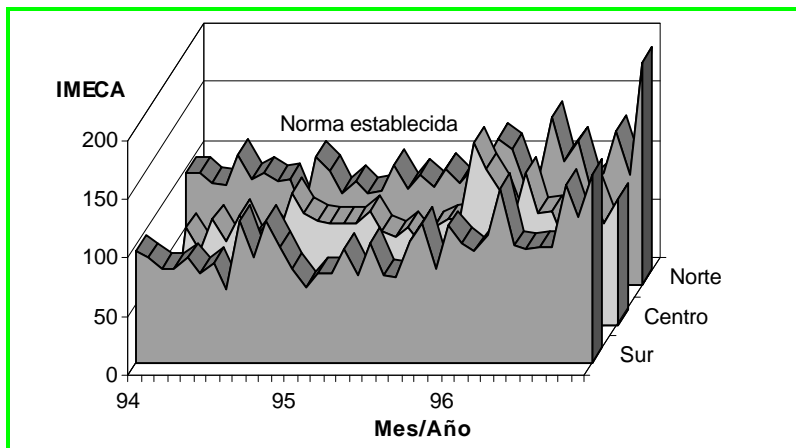
## 2.4 Comportamiento de los contaminantes

### Ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono ha sido el contaminante que con mayor incidencia se ha presentado en el tiempo que la RAMA-T lleva operando. En los tres años de registros, se ha rebasado la norma de este contaminante en 57 días.

Durante 1994 se superó la norma durante 3 días, mientras que en 1995 se rebasó en 5 ocasiones únicamente. Sin embargo, fue en 1996 cuando se presentaron con mayor frecuencia valores por encima de la norma, ya que el número de días con valores arriba de la norma fue de 49 (lo que corresponde al 13% de los días del año). El máximo histórico para este contaminante es de 190 puntos IMECA registrado en diciembre de 1996, contrastando con el máximo de 1994 que fue de 122 puntos y el de 120 puntos registrado en 1995, lo que indica un incremento importante en 1996. En general, el ozono presenta una distribución homogénea en las zonas sujetas a medición (norte, sur y centro).

Gráfica 2.4. Máximos mensuales de ozono



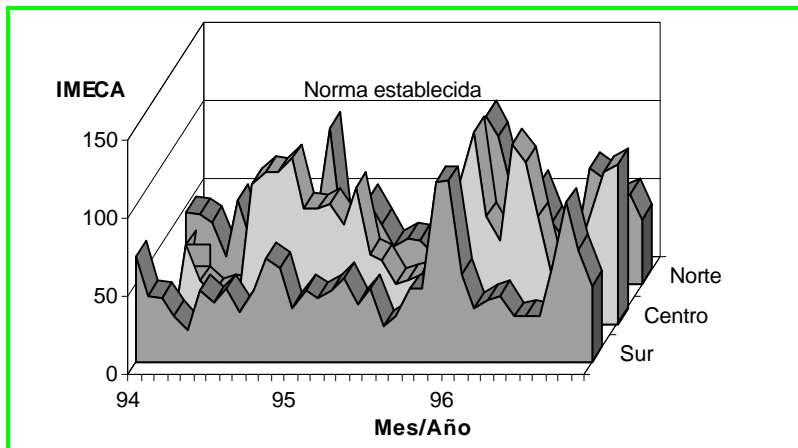
Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

En la Gráfica 2.4 se observa que este contaminante no presenta una variación estacional marcada; sin embargo, los mayores niveles se han registrado durante el invierno, en especial en la zona norte.

### Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El segundo contaminante en importancia ha sido el bióxido de nitrógeno, el cual proviene en gran parte de las emisiones de vehículos. En los tres últimos años este contaminante ha rebasado la norma en 15 días. Durante 1996 se alcanzó el máximo histórico para Toluca, con una concentración equivalente a 122 puntos IMECA. En 1995 el máximo fue de 115 puntos IMECA, mientras que en 1994 fue de 105 puntos IMECA. El bióxido de nitrógeno parece mostrar una tendencia al incremento año con año, siendo en el invierno cuando se alcanzan los valores más altos. La zona que ha manifestado las mayores concentraciones es la centro y la que presenta los valores menores es la zona norte, como se aprecia en la Gráfica 2.5.

Gráfica 2.5. Máximos mensuales de bióxido de nitrógeno

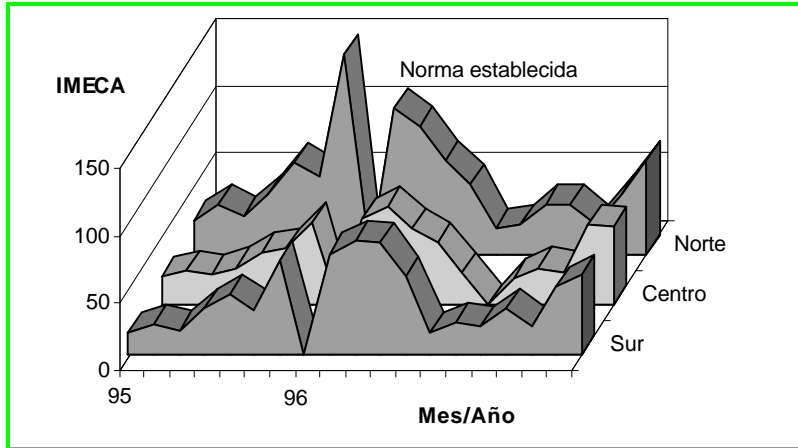


Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

### Partículas suspendidas totales (PST)

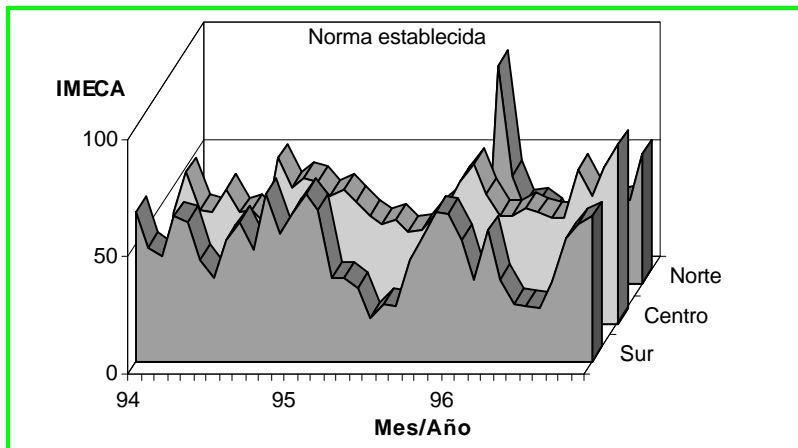
La medición de este contaminante se inició en 1995. Los registros de la RAMA-T indican que en 13 ocasiones se rebasó la norma, durante el invierno en 1995 y 1996. En 1996, en la zona norte, se detectó un valor máximo de 147 puntos IMECA. La Gráfica 2.6 indica que la zona norte presenta los promedios más altos, situación que se ve favorecida por el flujo de vientos del sur. Es importante mencionar también que se manifiestan las mayores concentraciones de PST en los últimos días del invierno, cuando aumenta la frecuencia de las tolvaneras por la falta de lluvia.

**Gráfica 2.6. Máximos mensuales de partículas suspendidas totales**



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

**Gráfica 2.7. Máximos mensuales de monóxido de carbono**



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

### **Monóxido de carbono (CO)**

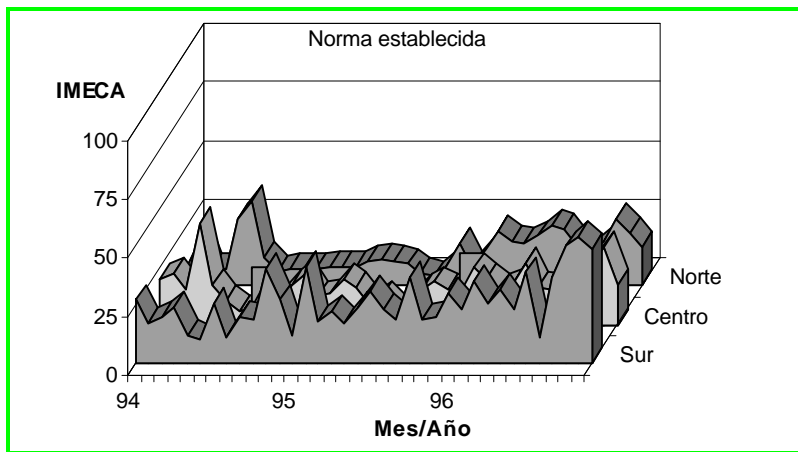
Las emisiones de monóxido de carbono están íntimamente ligadas con el tránsito vehicular. Afortunadamente, este contaminante no ha rebasado la norma en la ZMVT. Sus valores máximos se han manifestado durante enero, principalmente en 1996 cuando alcanzó un valor correspondiente a 93 puntos IMECA, mientras que en 1994 se presentaron 72 puntos IMECA en el mes de noviembre. Similarmente, en febrero de 1995 se registraron 72 puntos IMECA; los máximos niveles de este contaminante se alcanzan en la zona centro. La

tendencia observada en los tres años analizados es estable, ya que las concentraciones del contaminante son semejantes como se aprecia en la Gráfica 2.7.

### Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

De los contaminantes que se miden en la RAMA-T, el bióxido de azufre es el que ha presentado los valores más bajos, manteniéndose siempre por debajo de la norma. Este contaminante es emitido en su mayor parte por actividades industriales y manifiesta sus mayores concentraciones durante la mañana, cuando la atmósfera es estable. El máximo promedio en 24 horas se alcanzó en noviembre de 1996 con 54 puntos IMECA. En 1995 fue de 41 puntos en febrero y de 40 puntos durante 1994.

Gráfica 2.8. Máximos mensuales de bióxido de azufre



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

La zona que manifiesta los máximos es la sur, debido a su cercanía con la zona industrial; sin embargo los incrementos son momentáneos en la mañana y disminuyen posteriormente, por lo cual estos valores no se reflejan en los promedios móviles de 24 horas. El comportamiento histórico del bióxido de azufre se muestra en la Gráfica 2.8.

La Tabla 2.12 presenta un resumen de los valores fuera de norma registrados durante la operación de la RAMA-T, en la cual se aprecia que el ozono ha sido el contaminante más significativo en la zona especialmente durante el último año. La zona centro es la que presenta los niveles de los contaminantes más elevados. Es importante mencionar que si bien las condiciones meteorológicas resultan favorables para la dispersión de los contaminantes durante la mayor parte del año, en la temporada invernal se vuelven propicias para que se forme

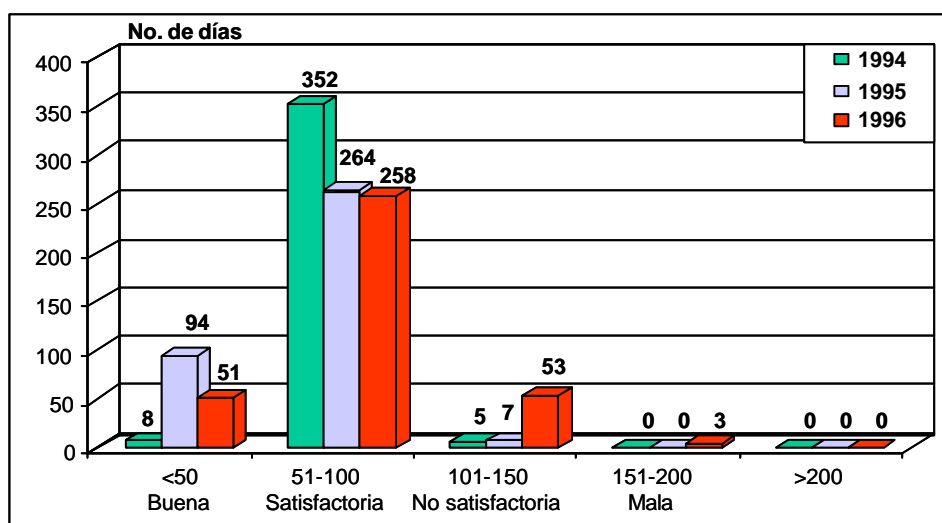
ozono, por lo que es necesario vigilar el comportamiento de este contaminante y su tendencia a través del tiempo.

**Tabla 2.11. Número de días fuera de norma, datos ordenados por contaminante y por año**

Contaminante	1994	1995	1996
Ozono (O <sub>3</sub> )	3	5	49
Bióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	3	2	10
Monóxido de Carbono (CO)	0	0	0
Bióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	0	0	0
Partículas Suspendidas Totales (PST)	-	3*	10

\* Datos para siete meses.

**Gráfica 2.9. Valores IMECA durante el período 1994-1996**



Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT.

**Tabla 2.12. Porcentaje de días dentro de los intervalos IMECA**

Intervalo	1994 %	1995 %	1996 %
< 50	2.2	25.8	13.9
51 - 100	96.4	72.3	70.5
101 - 150	1.4	1.9	14.8
151 - 200	0	0	0.8
> 200	0	0	0



## 2.4 Conclusiones

Del análisis del comportamiento de los contaminantes monitoreados en la ZMVT, se infiere que existe un incremento gradual de la contaminación atmosférica en la región, causado entre otras por el desarrollo urbano y el crecimiento industrial y vehicular.

Analizando la tabla anterior se observa que el porcentaje de días fuera de norma pasó de menos de un 2% registrado en 1994 y 1995, hasta casi un 15% en 1996, esto es un incremento importante que indica la rápida degradación de la calidad del aire en la ZMVT. Sin embargo, si se analizan detenidamente, es posible afirmar que, a pesar de que existe una tendencia en el aumento de los contaminantes en la atmósfera, la frecuencia con la que se ha rebasado la norma es aún baja en relación con otras zonas del país consideradas como críticas.

Este hecho resalta las grandes oportunidades que este Programa ofrece, pues permitirá revertir las tendencias de deterioro de calidad del aire en la ZMVT, en plazos razonables de tiempo y sin necesidad de invertir montos demasiado abultados, lo que pudiera hacer poco viable la instrumentación de las acciones del Programa.



# INVENTARIO DE EMISIONES

**3**



### 3. INVENTARIO DE EMISIONES

#### 3.1 Generalidades

En este capítulo se presenta un análisis de la calidad y consumo de energéticos que se realiza en la ZMVT considerando que el consumo de combustibles está relacionado de manera directa con las emisiones a la atmósfera. Más adelante se detalla el inventario de emisiones con el que se estima la carga contaminante a la que se somete actualmente la cuenca atmosférica de la ZMVT.

##### 3.1.1. Balance energético

El análisis del consumo de combustibles fósiles es un medio eficaz, tanto en el diagnóstico como en el diseño de estrategias de gestión de la calidad del aire. La actividad económica de una ciudad se expresa a través de su demanda de energía. De hecho, en diversos estudios se ha encontrado una correlación significativa entre el producto interno de una economía y la demanda de energía. La forma en que esta demanda impactará la calidad del aire depende en buena medida del balance energético.

En la Tabla 3.1 se resume el balance energético de la ZMVT, considerando los principales sectores económicos involucrados y los combustibles que se utilizan; se resalta el consumo porcentual de gasolinas y diesel utilizado principalmente en el sector transporte. Se puede observar que el 52.5% del total de combustibles consumidos en la ZMVT se utiliza para transporte, del cual, las tres cuartas partes corresponden a gasolina y el resto a diesel. Con respecto a la industria, se puede afirmar que casi la tercera parte del combustible utilizado es combustóleo el cual, al quemarse, emite una cantidad importante de contaminantes.

**Tabla 3.1. Consumo energético por sectores  
(porcentaje respecto al consumo total anual\*)**

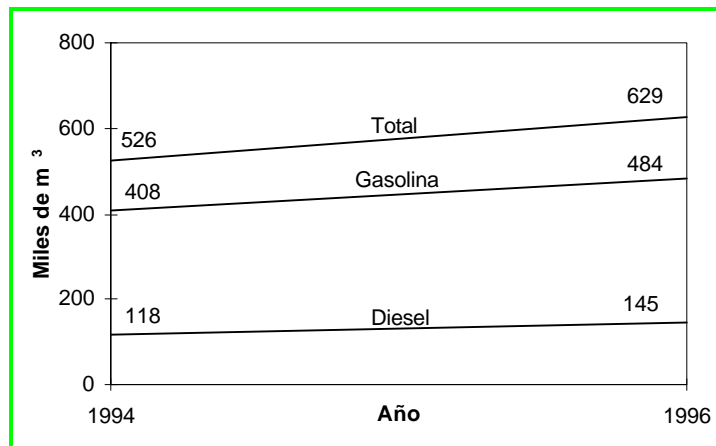
<b>Combustible</b>	<b>Transporte</b>	<b>Industria y servicios</b>	<b>Total</b>
Gasolinas	38.4		38.4
Diesel	14.1	0.7	14.8
Combustóleo		14.3	14.3
Gas L.P.		12.4	12.4
Gas Natural		20.1	20.1
<b>Total</b>	<b>52.5</b>	<b>47.5</b>	<b>100.0</b>

\*Consumo total anual:  $9.33 \times 10^{12}$  kcal, equivalente a 1.26 millones de metros cúbicos de gasolina Nova  
Fuente: Datos de PEMEX, 1996.

Dado que el consumo de gasolina en usos vehiculares constituye la mayor demanda energética y, por lo tanto, el porcentaje más significativo de emisiones, es importante prever las tendencias en la evolución del consumo de este combustible. Los factores que afectan el consumo son entre otros, la cantidad de kilómetros recorridos, la edad del vehículo, el tipo de motor, el congestionamiento vial, etc.

La Gráfica 3.1 presenta la evolución del consumo de los combustibles por el sector transporte en 1994 y 1996 en la ZMVT, el cual muestra una tendencia ascendente, situándose actualmente sobre los 10.9 miles de barriles por día (1,700 m<sup>3</sup>/d).

**Gráfica 3.1. Evolución del consumo de gasolina y diesel en la ZMVT**



Fuente: PEMEX, 1996.

### 3.1.2 Calidad de los combustibles

Con relación a la calidad de los combustibles en la ZMVT es necesario considerar las especificaciones de la NOM-ECOL-086-1994 (2 de diciembre de 1994) que establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que utilizan las fuentes fijas y móviles.

#### Gasolinas

Tomando en consideración el avance tecnológico con el que se cuenta actualmente, es posible disminuir el contenido de azufre en las gasolinas, para aumentar su calidad y mejorar de esta manera la eficiencia del convertidor catalítico de los automóviles y camiones. También se puede reducir la presión de vapor Reid, la cual tiene un efecto directo en la disminución de las emisiones evaporativas. Por otra parte, la reducción de la temperatura a la cual destila el 90% de la gasolina (T90),

### 3. Inventario de Emisiones

es un factor importante en la disminución de las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera. Se recomienda adicionar componentes oxigenados para mantener el octanaje y reducir el monóxido generado, aunque esta última acción parece no incidir en la reducción de los niveles de ozono.

En la Tabla 3.2 se comparan las especificaciones mexicanas y norteamericanas de gasolina sin plomo. También se incluyen los valores promedio que durante 1996 alcanzaron las diversas propiedades que caracterizan a la gasolina Pemex Magna en la Zona Metropolitana del Valle de México y de la gasolina Pemex Magna que produce la refinera de Tula, principal abastecedor de esta gasolina de la ZMVT. Recientemente PEMEX cambió el nombre a la gasolina Magna Sin, de tal forma que actualmente se le denomina Pemex Magna.

**Tabla 3.2. Comparación de especificaciones y valores típicos de las gasolinas mexicanas y norteamericanas sin plomo**

	Magna Sin		Regular			Pemex Magna	
	ZMVM NOM-086* 1994	ZMVT NOM-086* 1994	EE.UU.** ASTM D4814 1993	CARB**** 1996	CARB**** Junio 1996	ZMVM Valor típico en 1996	ZMVT Valor típico en 1996
Presión de vapor Reid, lb/pulg <sup>2</sup>	6.5 - 8.5	6.5 - 9.5	7.8 máx. en Denver	7.0 máx.	6.8 máx.	7.8	7.3
10% destila a °C (máximo):	65	65	70			54.2	61.1
50% destila a °C:	77-118	77-118	77 - 121	99 máx.	93 máx	97	111
90% destila a °C (máximo):	190	190	190	165	143	169	176
Temperatura final ebullición, °C:	221	221	225			213	216
Azufre, % peso (máximo)	0.10	0.10	0.10	0.013	0.003	0.050	0.073
Plomo, kg/m <sup>3</sup> (máximo)	0.0026	0.0026	0.013			0.00039	0.0018
Número de octano carretero, (R+M)/2 (mínimo)	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	87.2	87.2
Aromáticos, % volumen (máximo)	30	Informar	-	27	22	24.8	38
Olefinas, % volumen (máximo)	15**	Informar	-	8.5	4	9	13.3
Benceno, % volumen (máximo)	2	4.9	-	0.8	0.8	1	1.6
Oxígeno, % en peso	1-2	No especifica		2 mín	2 mín	1.24	-

Notas: \* Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.

\*\* A partir de enero de 1998 el valor máximo permisible será de 12.5%.

\*\*\* Regular Norteamericana.

\*\*\*\* Regular Californiana.

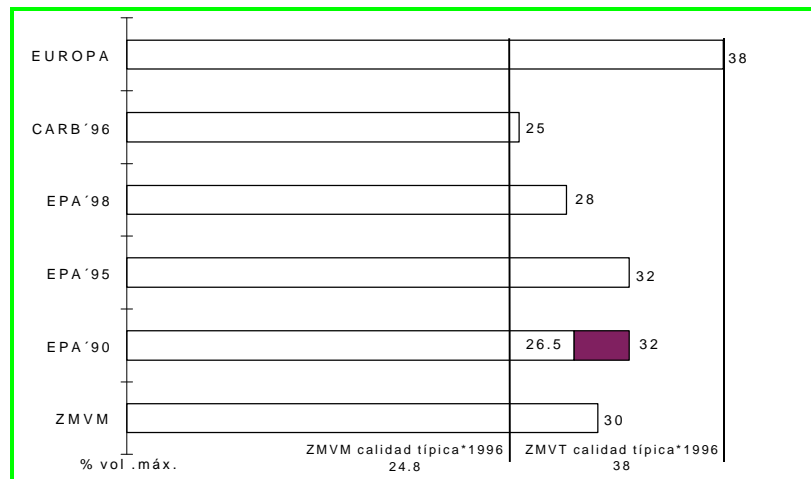
Se puede inferir de la tabla anterior que la gasolina Pemex Magna que se distribuye en la ZMVT ha satisfecho las especificaciones mexicanas durante 1996.

Los precursores de ozono son los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno. Al usar gasolina reformulada en California con las especificaciones de junio de 1996, se espera reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en 17% y las de óxidos de nitrógeno en 11%. Cabe hacer notar que las estimaciones se basan en una flota vehicular compuesta de automóviles dotados de convertidor catalítico. El efecto benéfico sería mucho menor si los vehículos no contasen con convertidor catalítico o si éste se encontrase desactivado por estar envenenado con plomo y/o azufre.

Conviene ilustrar gráficamente cómo se compara la calidad típica de la gasolina sin plomo mexicana con la de otros países, en lo que respecta al contenido de aromáticos, olefinas y benceno. Puede observarse en la siguiente gráfica, que el valor típico de la Pemex Magna de la Zona Metropolitana del Valle de México de 24.8% en contenido de aromáticos en 1996, es muy inferior al europeo (38%) e inferior aún al valor federal norteamericano que se pronostica para 1998. A diferencia, la Pemex Magna de la ZMVT posee un contenido de aromáticos mayor que el de la ZMVM y similar al de la gasolina europea.

**Figura 3.1.**  
**Comparación de la calidad típica de la gasolina sin plomo mexicana con estándares internacionales**

**Aromáticos**

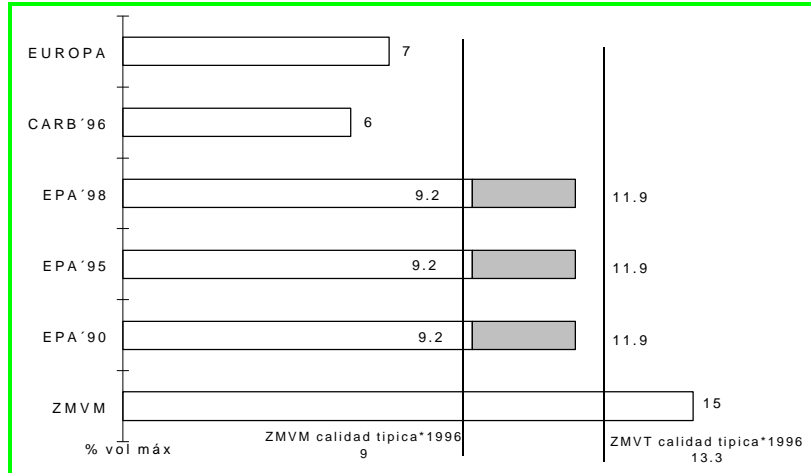


\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca  
Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.



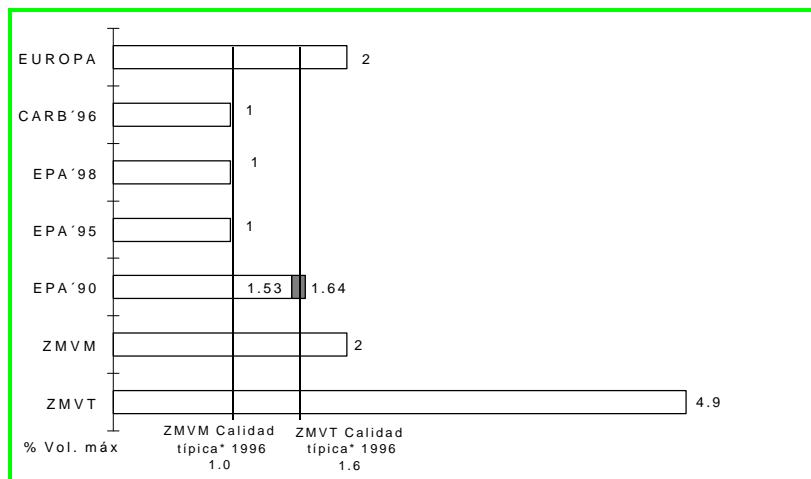
### 3. Inventario de Emisiones

#### Olefinas



\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca  
Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

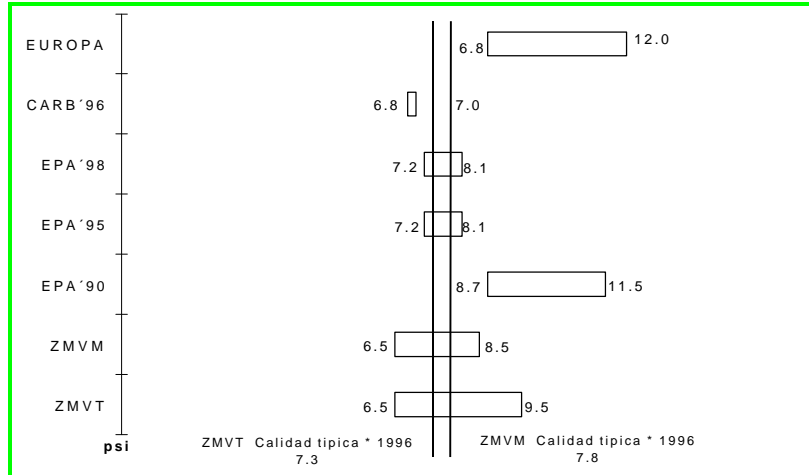
#### Benceno



\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca  
Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

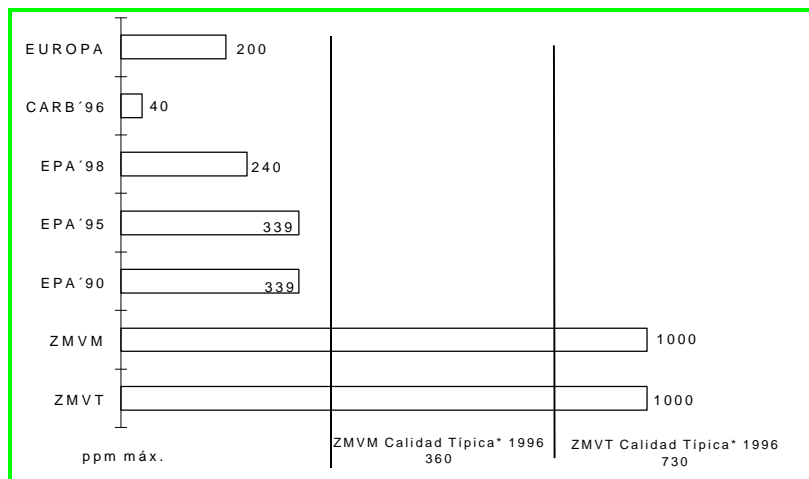
En olefinas, la gasolina Magna Sin de la ZMVT tiene un contenido típico del 13.3% en volumen, mucho mayor al que tuvo la gasolina de la ZMVM en 1996, cuyo valor típico fue de 9%.

### Presión de Vapor Reid



\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca;  
 \*\* ZMM: Zona Metropolitana de Monterrey  
 Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

### Azufre



\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca  
 Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

Con respecto a la gasolina con plomo, se observa en la Tabla 3.3, que la Nova que se expende en la ZMVM cumplió en 1996 con las especificaciones de número de octano, presión de vapor Reid, contenido de plomo, azufre, aromáticos, olefinas y benceno, y con los cortes de destilación. De igual forma, la Nova de la ZMVT cumplió en 1996 con sus especificaciones; sin embargo, se ve que algunos de los parámetros importantes que influyen en su reactividad no están normados, pudiendo

### 3. Inventario de Emisiones

significar en su conjunto, la posibilidad potencial de emisiones de precursores de ozono más reactivos.

**Tabla 3.3. Composición de la gasolina con plomo, distribuida en las zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca**

Propiedad	Nova ZMVM Norma-086* 1994	Nova ZMVT Norma-086* 1994	Nova ZMVM Valor típico en 1996	Nova ZMVT Valor típico en 1996
Presión de vapor Reid, lb/pul <sup>2</sup>	6.5 -8.5	7.0 -9.5	7.7	8.3
10% destila a °C (máximo):	70	70	54	52
50% destila a °C:	77-121	77 - 121	94	91
90% destila a °C (máximo):	190	190	170	169
Temperatura final de ebullición, °C:	225	225	218	206
Azufre, % peso (máximo)	0.15	0.15	0.08	0.08
TEP, ml/gal (máximo)	0.2-1.0	0.2-1.0	0.13	0.28
Número de octano Research (mínimo)	81	81	82	81.6
Aromáticos, % volumen (máximo)	30	no específica	22	-
Olefinas, % volumen (máximo)	15	no específica	9.4	-
Benceno, % volumen (máximo)	2	no específica	1.1	-
Oxígeno, % en peso	1 - 2	no específica	0.85	-

Nota: \* Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.

**Tabla 3.4. Especificaciones del diesel mexicano con bajo contenido de azufre**

Propiedad	Pemex diesel		
	México NOM-086* 1994	ZMVM Valor típico en 1996	ZMVT Valor típico en 1996
10% destila a °C (máximo):	275	236	242
90% destila a °C (máximo):	345	337	336
Agua y sedimento, % en volumen (máximo):	0.05	0.010	0.003
Cenizas, % en peso (máximo):	0.01	0.001	0.004
Carbón Ramsbotton, % en peso (máximo):	0.25	0.078	0.086
Azufre, % en peso (máximo):	0.05	0.040	0.037
Índice de cetano (mínimo):	48	54.5	53.8
Viscosidad, (SSU), segundos	32 - 40	-	-
Aromáticos, % en volumen	30	27.8	25.2

Nota: \* Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.

## Diesel

En cuanto al Pemex Diesel, éste satisface ampliamente las especificaciones mexicanas como se puede apreciar en la Tabla 3.4. Cabe mencionar que en California y Alemania se están dañando los motores, al parecer por usar diesel de muy bajo contenido de hidrocarburos aromáticos (los aromáticos lubrican la máquina). El Pemex Diesel promedió 27.8% en volumen de aromáticos en el Valle de México durante 1996 y 25.2% en volumen en la ZMVT.

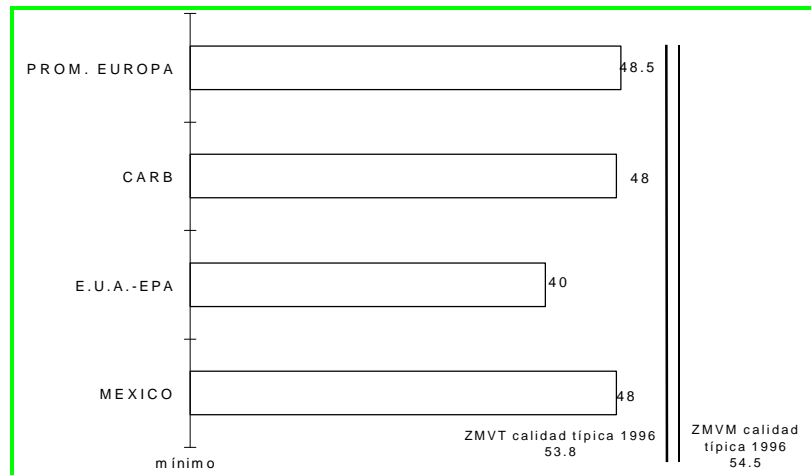
En las gráficas siguientes se comparan tres parámetros fundamentales que hablan de la calidad del diesel, a saber, índice de cetano, azufre y aromáticos.

Puede apreciarse que el índice de cetano, con un valor típico de 54.5 en la ZMVM y de 53.8 en la ZMVT, muestra que el Diesel Sin es de mucho mejor calidad que el norteamericano y europeo. En la ZMVM, además de tener un excelente índice de cetano, su número fluctúa muy poco, manteniéndose dentro del intervalo 55.0-55.9%.

En azufre el Diesel Sin presentó en 1996 un valor típico de 0.040% en peso en la ZMVM y de 0.037% en la ZMVT, con un intervalo de variación de 0.03-0.05% para el primero. La calidad del diesel automotriz mexicano, en cuanto a su contenido de azufre, es muy similar al norteamericano y californiano, pero mucho mejor al europeo.

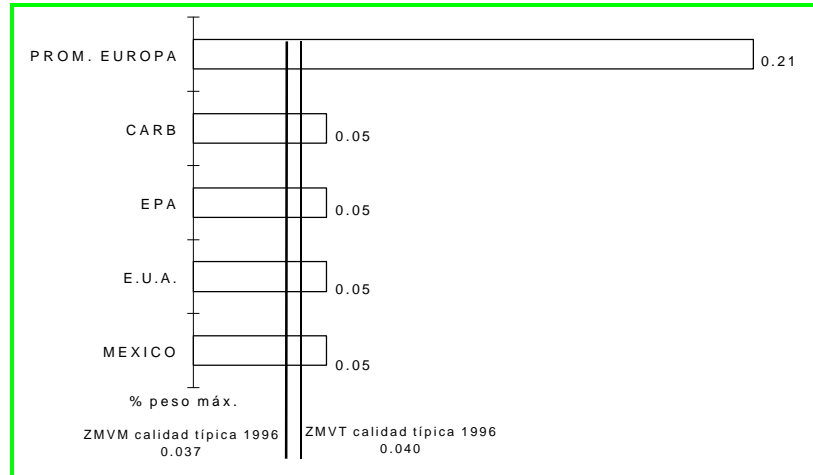
**Figura 3.2. Especificación y calidad típica del Diesel Sin**

### Índice de cetano

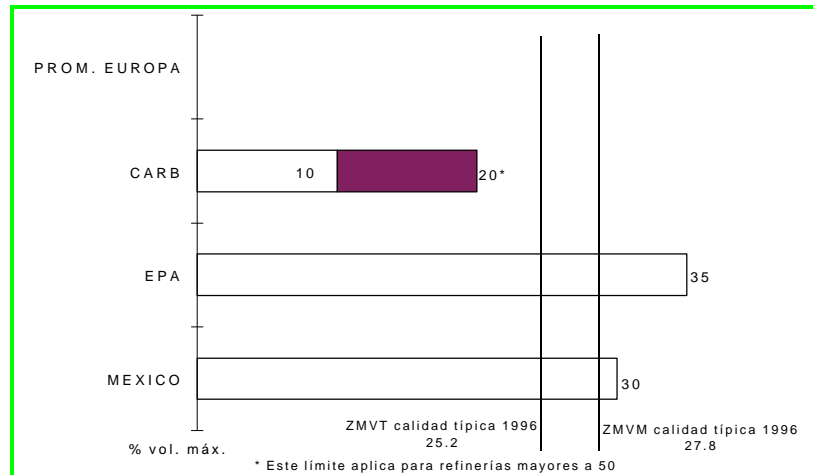


### 3. Inventario de Emisiones

#### Azufre



#### Aromáticos



Fuente: Pemex Refinación, EPA, CARB.

El diesel federal norteamericano es especificado con un mayor contenido de aromáticos que el Diesel Sin. Únicamente el diesel californiano registra un valor bajo de 20% en volumen en aromáticos, menor al valor típico de 27.8% registrado en la ZMVM durante 1996 y de 25.2% en la ZMVT durante 1996.

Con relación al combustóleo y al diesel industrial, se tiene que el contenido de azufre especificado en la NOM-086 es de 4% en peso como máximo para el primero, y de 0.5% en peso como máximo para el segundo. El alto contenido de azufre del

combustóleo hace que, como se verá mas adelante, el consumo de éste en la ZMVT sea el principal generador de bióxido de azufre en la industria, seguido del producido por el transporte que consume diesel.

Investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo y de la Universidad de California detectaron la presencia de concentraciones elevadas de hidrocarburos, que se asocian con los componentes de gas licuado en la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México. Estas mediciones sirvieron para realizar un estudio de identificación de los puntos generadores de las mismas y poder así realizar un programa de corrección. Por lo que para la ZMVT se recomienda que se efectúen estudios evaluatorios para conocer su magnitud y poder realizar programas correctivos.

### **3.2 Importancia del inventario de emisiones**

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire. Su importancia es de tal magnitud que constituye la base sobre la cual se fundamenta este Programa. Un inventario permite conocer los diferentes tipos de fuentes emisoras de contaminantes, así como los tipos de contaminantes que emite cada una de ellas. Con este instrumento es posible evaluar el impacto que pudieran tener algunas de las acciones contenidas en el Programa.

La elaboración de un inventario de emisiones desagregado, preciso y actualizado es una tarea compleja que demanda la integración sistemática de la información en un marco de concurrencia institucional entre el gobierno local y federal. Algunas experiencias internacionales señalan que son necesarios años de estudio y una considerable cantidad de recursos para definir correctamente un inventario. En el caso de la ZMVT es necesaria la coordinación y flujo de información permanentes entre los municipios conurbados, el Gobierno del Estado de México, la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, el Instituto Nacional de Ecología y Pemex.

El Instituto Nacional de Ecología integró en el año de 1993, un primer inventario en el que se estimaron las emisiones generadas por las fuentes fijas de jurisdicción federal y las fuentes móviles.

Como parte de la elaboración de este Programa, se integró un inventario de emisiones, el cual se presenta más adelante. Este inventario no incluye aún algunas fuentes que son relativamente importantes, entre las que se encuentran las emisiones de los hornos de ladrillo, los basureros, las fuentes biogénicas y el uso de fertilizantes y pesticidas, entre otras.

### 3.3 Inventario de emisiones de la ZMVT

Con base en el inventario recientemente calculado, el total de las emisiones de la ZMVT es de alrededor de 470 mil ton/año, de las cuales el 3% corresponden a la industria, el 4% corresponde a los servicios, 25% a la erosión de suelos y 68% al transporte. Estos datos se presentan en la Tabla 3.5. La Tabla 3.6 muestra el porcentaje de cada contaminante emitido por sector. La Tabla 3.7 contiene el inventario en forma desagregada, y por último la Tabla 3.8 muestra en forma desagregada el porcentaje en peso por contaminante.

El 82% de las emisiones de bióxido de azufre corresponden al sector industrial, el cual también contribuye con el 10% de las emisiones de NOx. El sector servicios junto con la industria emite el 1% de las partículas suspendidas. Sin embargo, se puede recalcar que su grado de toxicidad es mucho más elevado que las partículas provenientes de fuentes naturales, las cuales representan el 97% del total estimado.

El sector transporte emite el 90% de los NOx, el 99% del monóxido de carbono, el 58% de los hidrocarburos y el 16% de los óxidos de azufre. El sector servicios emite el 35% de los hidrocarburos.

En algunos inventarios se han expresado las emisiones de partículas como PST, significando este término que esas partículas al encontrarse en el aire se comportan como partículas suspendidas totales.

**Tabla 3.5. Inventario de emisiones de la ZMVT 1996  
(ton / año)**

Sector	Part.	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb	Total	%
Industria	1,253	8,667	203	2,188	3,406	N/E	15,717	3.3
Servicios	15	206	159	62	16,108	N/E	16,550	3.5
Transporte	2,396	1,649	268,380	19,139	26,967	97	318,628	67.7
Suelos y Vegetación	119,711	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	119,711	25.4
<b>Total</b>	<b>123,375</b>	<b>10,522</b>	<b>268,742</b>	<b>21,389</b>	<b>46,481</b>	<b>97</b>	<b>470,606</b>	<b>100.0</b>

**Tabla 3.6. Inventario de emisiones 1996 ZMVT  
(porcentaje en peso por contaminante)**

Sector	Part.	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb
Industria	1.0	82.4	0.1	10.2	7.3	N/E
Servicios	N/S	2.0	0.1	0.3	34.7	N/E
Transporte	2.0	15.6	99.8	89.5	58.0	100.0
Suelos y Vegetación	97.0	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

N/S: No significativo

N/E: No estimado

**Tabla 3.7. Inventario de emisiones desagregado ZMVT 1996 (ton/año)**

<b>Tipo de Fuente</b>	<b># Ind.</b>	<b>Part.</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>HC</b>	<b>Pb</b>	<b>Total</b>
<b>Sector industria</b>								
Industria química	46	314	4,428	50	888	894	N/E	6,574
Minerales metálicos	5	4	15	9	35	1	N/E	64
Minerales no metálicos	6	94	23	9	261	6	N/E	393
Productos vegetales y animales	1	5	236	2	27	1	N/E	271
Madera y derivados	3	300	3,225	27	667	6	N/E	4,225
Productos de consumo alimenticio	19	21	139	46	120	50	N/E	374
Industria del vestido	11	31	55	39	31	4	N/E	160
Productos de consumo varios	13	24	251	9	82	1,022	N/E	1,388
Productos de impresión	2	0	0	0		4	N/E	4
Productos metálicos	17	251	71	3	12	217	N/E	553
Productos de consumo de vida media	14	19	210	4	46	288	N/E	567
Productos de consumo de vida larga	19	190	12	5	17	333	N/E	558
Otros	1	1	2	1	1	1	N/E	6
Artes gráficas	*	N/A	N/A	N/A	N/A	580	N/E	580
<b>Tipo de Fuente</b>	<b>Part.</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>HC</b>	<b>Pb</b>	<b>Total</b>	
<b>Sector servicios</b>								
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	3,214	N/A	3,214	
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	4,499	N/A	4,499	
Almac. y distribución de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	1,289	N/A	1,289	
Mercadeo y distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	3,194	N/A	3,194	
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	845	N/A	845	
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	2,054	N/A	2,054	
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	138	N/A	138	
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	826	N/A	826	
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	39	N/A	39	
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	4	
Combustión en hospitales	3	118	1	4	1	N/A	127	
Combustión residencial	6	1	157	40	3	N/A	207	
Combustión comercial/institucional	6	87	1	18	1	N/A	113	
<b>Sector transporte</b>								
Autos particulares	998	771	111,730	5,262	11,477	51	130,289	
Pick-up	763	590	136,639	6,069	11,826	39	155,926	
Taxis	134	104	14,992	706	1,540	7	17,483	
Camiones de pasajeros	399	146	3,854	5,540	1,691	N/A	11,630	
Camiones de carga	83	31	803	1,557	352	N/A	2,826	
Motocicletas	19	7	362	5	81	N/E	474	
<b>Suelos</b>								
Suelos	119,711	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	119,711	
<b>Total</b>	<b>123,375</b>	<b>10,522</b>	<b>268,742</b>	<b>21,389</b>	<b>46,481</b>	<b>97</b>	<b>470,606</b>	

N/E: No estimado

N/A: No aplica

Part.: Partículas

\* No se considera número de establecimientos ya que las emisiones se calculan con base en un factor de emisión *per capita*.



3. Inventario de Emisiones

**Tabla 3.8. Inventario de emisiones en peso por contaminante ZMVT 1996 (porcentaje)**

Tipo de Fuente	Part.	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb
<b>Sector industria</b>						
Industria química	0.25	42.09	0.02	4.15	1.92	N/E
Minerales metálicos	0.00	0.14	0.00	0.16	0.00	N/E
Minerales no metálicos	0.08	0.22	0.00	1.22	0.01	N/E
Productos vegetales y animales	0.00	2.24	0.00	0.13	0.00	N/E
Madera y derivados	0.24	30.65	0.01	3.12	0.01	N/E
Productos de consumo alimenticio	0.02	1.32	0.02	0.56	0.11	N/E
Industria del vestido	0.03	0.52	0.01	0.15	0.01	N/E
productos de consumo varios	0.02	2.39	0.00	0.38	2.20	N/E
Productos de impresión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	N/E
Productos metálicos	0.20	0.68	0.00	0.05	0.47	N/E
Productos de consumo de vida media	0.02	1.99	0.00	0.22	0.62	N/E
Productos de consumo de vida larga	0.15	0.12	0.00	0.08	0.72	N/E
Otros	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	N/E
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	1.25	N/E
<b>Sector servicios</b>						
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	6.92	N/A
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	9.68	N/A
Almac. y distribución de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	2.77	N/A
Mercadeo y distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	6.87	N/A
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	1.82	N/A
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4.42	N/A
Panaderías	N/E	N/E	N/E	NE	0.30	N/A
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	1.78	N/A
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	0.08	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.01	N/A
Combustión en hospitales	0.00	1.12	0.00	0.02	0.00	N/A
Combustión residencial	0.00	0.01	0.06	0.19	0.01	N/A
Combustión comercial/institucional	0.00	0.83	0.00	0.08	0.00	N/A
<b>Sector transporte</b>						
Autos particulares	0.81	7.33	41.58	24.60	24.69	52.58
Pick-up	0.62	5.61	50.84	28.37	25.44	40.21
Taxis	0.11	0.99	5.58	3.30	3.31	7.22
Camiones de pasajeros	0.32	1.39	1.43	25.90	3.64	N/A
Camiones de carga	0.07	0.29	0.30	7.28	0.76	N/A
Motocicletas	0.02	0.07	0.13	0.02	0.17	N/E
<b>Suelos</b>						
Suelos	97.03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

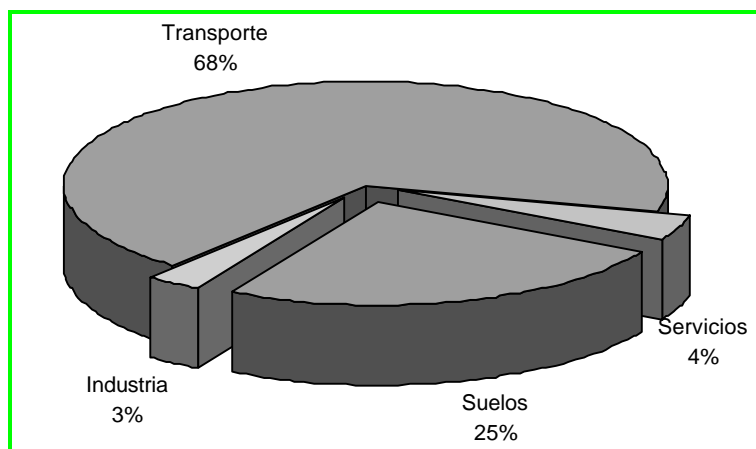
N/E: No estimado

N/A: No aplica

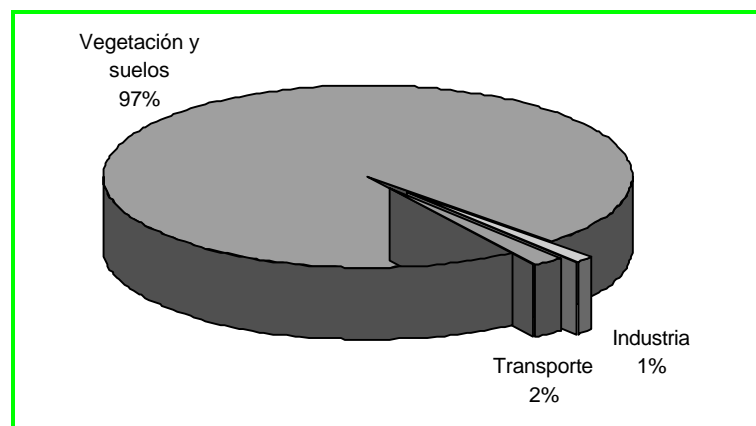
A continuación se describe la participación de los diferentes sectores en la emisión total de cada contaminante.

Como se observa en la Gráfica 3.2, el sector transporte genera aproximadamente el 68% del total de las emisiones, lo cual nos indica que los vehículos automotores son la principal fuente de emisiones en la ZMVT. En segundo lugar se tiene a los suelos con el 25%, en tercero a los servicios con el 4%, y por último a la industria con un 3%.

**Gráfica 3.2. Contribución a las emisiones totales por sector**



**Gráfica 3.3. Contribución a las emisiones de partículas por sector**

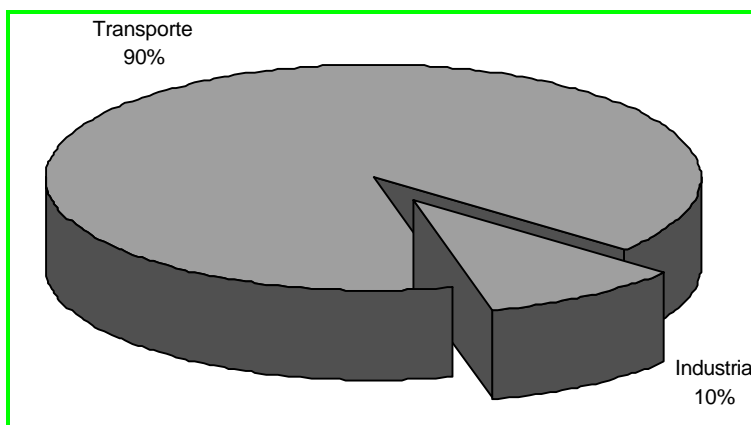


De acuerdo con la Gráfica 3.3, el 97% de las partículas emitidas en la ZMVT son generadas por los suelos, el resto provienen de los sectores industria, servicios y transporte. En los sectores transporte e industria, la generación de partículas se

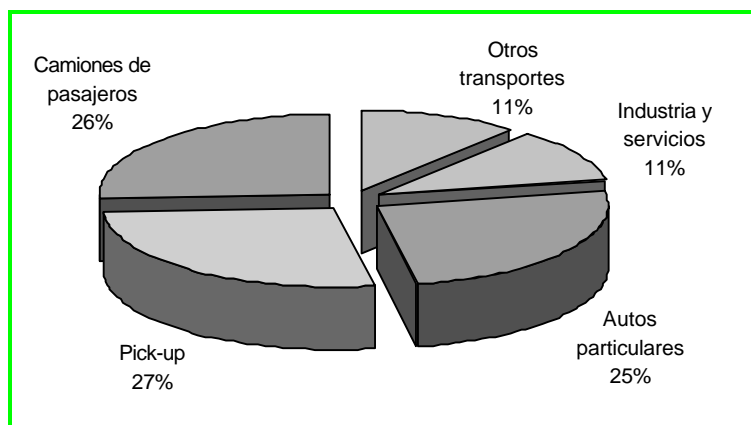
debe principalmente al tipo de combustible utilizado. Si no se consideran las emisiones de partículas originadas por los suelos, se observa que el sector transporte genera el doble de partículas con respecto a la industria y los servicios.

El sector transporte aporta casi el 90% de las emisiones de NOx en la ZMVT. La industria contribuye con el 10%, como se muestra en la gráfica siguiente.

**Gráfica 3.4. Contribución a las emisiones de óxidos de nitrógeno por sector**



**Gráfica 3.5. Contribución anual en óxidos de nitrógeno por tipo de fuente**

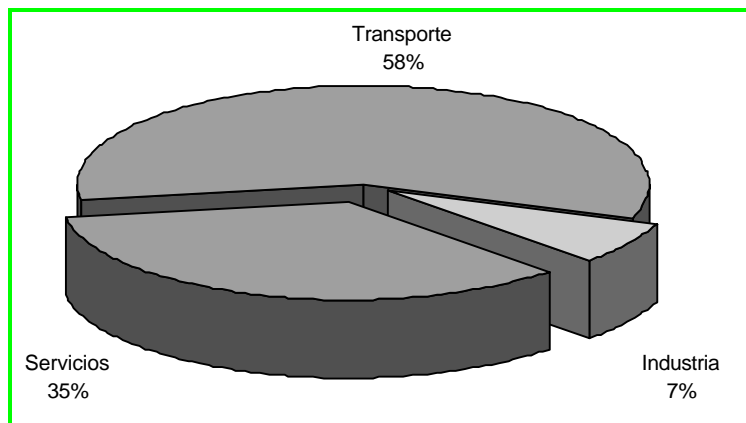


Si hacemos un recuento de la participación de todas las fuentes que integran el inventario de emisiones, en cuanto a las contribuciones de óxidos de nitrógeno, tenemos que los pick-up contribuyen con el 27%, los camiones de pasajeros con el 26%, los autos particulares que utilizan gasolina contribuyen con cerca del 25%, y los otros transportes con el 11%; el total aportado por el sector transporte corres-

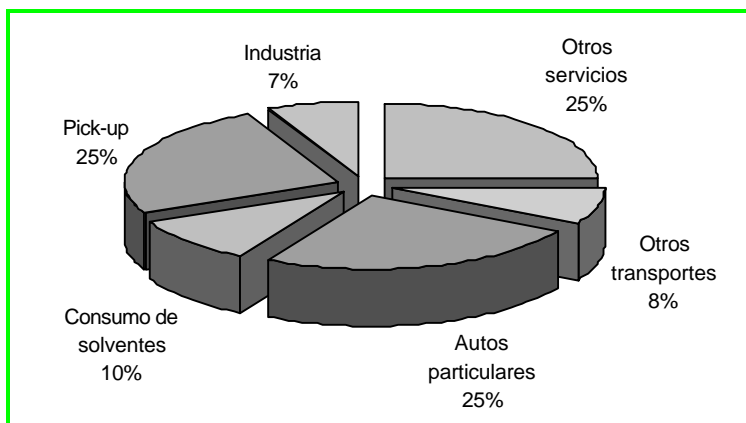
ponde aproximadamente al 89%; el resto lo aportan la industria y los servicios con el 11% (Gráfica 3.5).

En relación con las emisiones de hidrocarburos, se tiene que los vehículos automotores contribuyen con el 58% de las emisiones de este contaminante, seguido por los establecimientos de servicios, con el 35%, y la industria que aporta el 7% (Gráfica 3.6). En relación con estas emisiones, se considera que el mayor porcentaje de generación está relacionado con el consumo de gasolinas. También es importante mencionar que no se estimaron los aportes naturales de hidrocarburos generados por las diferentes especies de árboles que se encuentran en las áreas verdes de la ZMVT y sus alrededores.

**Gráfica 3.6. Contribución a las emisiones de hidrocarburos por sector**



**Gráfica 3.7. Contribución anual en hidrocarburos por tipo de fuente**



En la Gráfica 3.7 se observa que los autos particulares que utilizan gasolina y las pick-up contribuyen con el mayor porcentaje de hidrocarburos, siendo del 25% en cada tipo y los otros transportes el 8%. Los servicios en conjunto aportan el 35% y la industria el 7%.

### 3.3.1 Industria

En la ZMVT se encuentran ubicadas más de 2,300 industrias, de las cuales alrededor del 4% corresponde a la industria grande, 5% a la mediana, 19% a la pequeña y 72% a la microindustria; éstas se encuentran distribuidas por tamaño y municipio como se muestra en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9. Industrias de la ZMVT**

Tipo de industria	Jerma	Metepec	San Mateo Atenco	Toluca	Zinacantepec	Total
Grande	28	1	0	73	1	103
Mediana	52	1	6	60	0	119
Pequeña	117	21	36	266	10	450
Microind.	55	112	697	772	58	1,694
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>135</b>	<b>739</b>	<b>1172</b>	<b>69</b>	<b>2,366</b>

Se cuenta actualmente con 147 fuentes industriales de jurisdicción federal inventariadas en la ZMVT, distribuidas en 13 giros, de los cuales el de la industria química agrupa el 30% de los establecimientos seguido por el de productos de consumo de vida media con el 13%, el de productos de consumo alimenticio con 12%, el de industria del vestido con el 7%, el de productos de vida larga con el 6%, el de minerales no metálicos con el 4%, el de productos metálicos con 3%. No obstante esta distribución, es de suma importancia observar que del aporte total de emisiones generadas por el sector industrial, los giros de mayor contribución en contaminantes son la industria química, maderas y derivados, y productos de consumo varios, los cuales contribuyen con el 42%, 27% y 9% a las emisiones, respectivamente.

En un análisis más detallado para los contaminantes precursores de ozono, con respecto al total de NOx generados por la industria, se tiene que los giros de la industria química, madera y derivados y minerales no metálicos, son los más importantes ya que contribuyen con el 41%, 31% y 12%. En cuanto a la emisión de los hidrocarburos, el giro de productos de consumo varios, el de la industria química y el de artes gráficas son los más importantes ya que contribuyen con el 30%, 26% y 17%, respectivamente.

La Tabla 3.10 presenta 9 estratos de empresas de acuerdo al nivel de emisiones indicado en la segunda columna. Un análisis sobre emisiones de NOx y HC, muestra que el estrato A, que incluye a todos los demás, está constituido por las 76 empresas cuyos niveles individuales de emisión son mayores a 0.5 toneladas anuales;

el estrato B, que incluye a los subsecuentes, está formado por 62 establecimientos con emisiones mayores a 2 toneladas al año, y así sucesivamente.

**Tabla 3.10. Ordenación de empresas de la ZMVT según volumen de emisiones de NO<sub>x</sub> y HC (ton/año)**

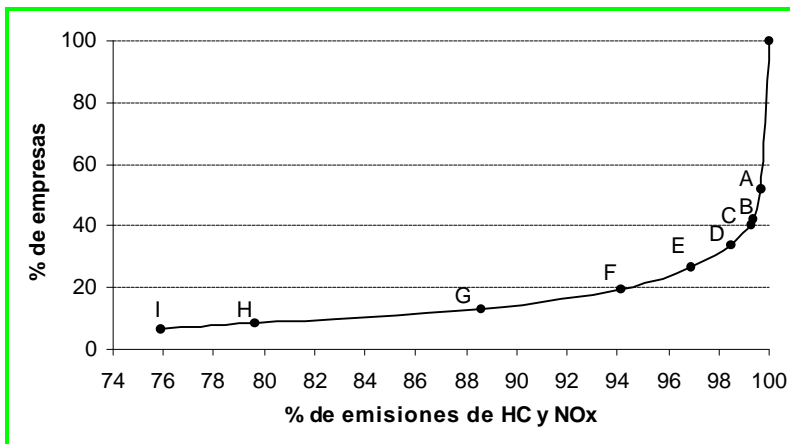
Grupo	Estratos de emisión	No. de empresas	% del total de empresas	NO <sub>x</sub>	HC	Emisión HC+NO <sub>x</sub>	% de emisión respecto al total HC+NO <sub>x</sub> del sector
A	>0.5	76	51.7	2,181	2,820	5,001	99.7
B	>2	62	42.2	2,169	2,816	4,985	99.4
C	>3	59	40.1	2,161	2,816	4,977	99.3
D	>5	50	34.0	2,138	2,801	4,939	98.5
E	>10	39	26.5	2,080	2,778	4,858	96.9
F	>20	29	19.7	1,991	2,729	4,720	94.1
G	>40	19	12.9	1,809	2,632	4,441	88.6
H	>80	12	8.2	1,533	2,459	3,992	79.6
I	>120	10	6.8	1,437	2,367	3,804	75.9

No. total de empresas de la base de datos: 147  
 Emisión total HC, ton/año: 2,826  
 Emisión total NO<sub>x</sub>, ton/año: 2,188  
 Emisión total (HC+NO<sub>x</sub>), ton/año: 5,014\*

Nota: \* No considera artes gráficas

Esta forma de organizar la información contenida en la tabla, permite observar que las 76 empresas del estrato A, representan un volumen de 5,001 ton/año de precursores de ozono, que corresponde al 99.7% de las emisiones totales generadas por el sector industrial. Siguiendo el mismo razonamiento, se puede observar que basta incluir a las 39 empresas que emiten más de 10 ton/año en HC y NO<sub>x</sub> (grupo E), para abarcar el 97% de emisiones de estos contaminantes producidos por la industria en su conjunto en la ZMVT. Es decir, controlando las emisiones de estas 39 empresas se puede tener el control del 97% de las emisiones totales de HC y NO<sub>x</sub>.

El sesgo en la distribución de emisiones de precursores de ozono del sector industrial puede observarse claramente en la siguiente Curva de Lorenz (Gráfica 3.8). El punto A, representa a las 76 empresas que generan el 99.7% de los precursores de ozono en el sector industrial. El otro 0.1% de los precursores, corresponde a las emisiones producidas por el 48.3% restante de las empresas, es decir, por 71 establecimientos.

Gráfica 3.8. Contribución de las industrias a las emisiones de HC y NO<sub>x</sub>

Si ampliamos el análisis anterior e incorporamos las emisiones totales de SO<sub>2</sub>, Partículas y CO se observa que las mismas 76 empresas generan el 99.4% de las emisiones totales del sector industrial esto se muestra en la Tabla 3.11. Este tipo de análisis proporciona elementos para el establecimiento de programas adecuados de reducción de emisiones industriales, como es el caso de contingencias ambientales, de mejoramiento de combustibles y de modernización tecnológica de la planta industrial.

Tabla 3.11. Ordenación de empresas de la ZMVT según volumen de emisiones totales de partículas, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y HC, (ton/año)

Grupo	Estratos	No. de empresas	% del total de empresas	partículas	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Emisión total (ton/año)	% de emisión respecto al sector
A	>0.5	76	51.7	1,203	8,649	197	2,181	2,820	15,050	99.4
B	>2	62	42.2	959	8,618	160	2,169	2,816	14,722	97.2
C	>3	59	40.1	956	8,555	160	2,161	2,816	14,648	96.8
D	>5	50	34.0	942	8,514	154	2,138	2,801	14,549	96.1
E	>10	39	26.5	908	8,358	110	2,080	2,778	14,235	94.0
F	>20	29	19.7	890	8,122	98	1,991	2,729	13,830	91.4
G	>40	19	12.9	856	7,485	75	1,809	2,632	12,857	84.9
H	>80	12	8.2	758	6,059	61	1,533	2,459	10,870	71.8
Y	>120	10	6.8	727	5,597	57	1,437	2,367	10,185	67.3

No. total de empresas de la base de datos: 147

Emisión total, ton/año: 15,137\*

\* No considera artes gráficas

### 3.3.2 Servicios

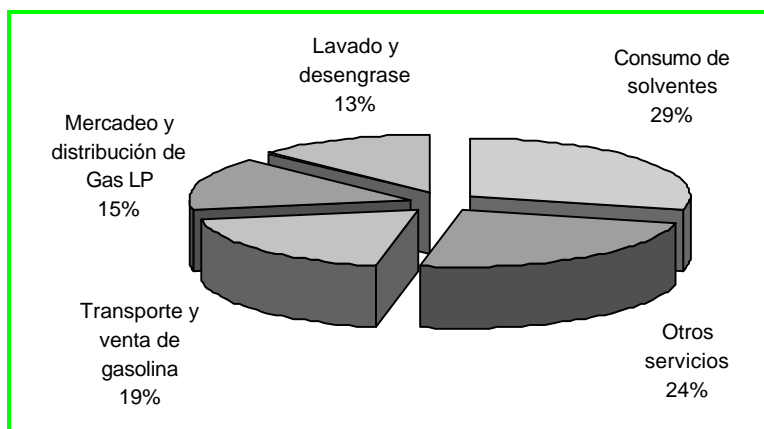
Este sector es importante debido a que la ZMVT es una zona de densidad poblacional media, lo cual implica que es necesaria la existencia de toda la gama de servicios y comercios que satisfagan las necesidades básicas de los habitantes; mismos que individualmente generan contaminantes en poca cantidad, pero que, sin embargo, considerándolas en forma conjunta, esas emisiones generadas son importantes principalmente en lo que se refiere a los compuestos orgánicos volátiles, presentes en una gran variedad de productos y materiales de consumo doméstico.

En la ZMVT se ha iniciado la integración de un inventario de servicios y comercios, dentro de los cuales se identifican 13 giros, de los que se han estimado principalmente las emisiones de lavado y desengrase, consumo de solventes, operaciones de lavado en seco, recubrimientos de superficies arquitectónicas, pintura automotriz y pintura de tránsito.

Para el caso de esterilización en hospitales se considera la clasificación de la Secretaría de Salud, en la que se presenta un censo de camas destinadas por nivel de atención, tanto en hospitales privados como públicos, se consideraron 50 hospitales entre públicos y privados existentes en la ZMVT, estimándose las emisiones de acuerdo al número de camas. Las emisiones de combustión residencial se calcularon considerando un consumo de 83,000 ton/año de gas L.P.

Además de los giros antes mencionados se estimaron las emisiones de almacenamiento y venta de gasolinas, considerando un consumo anual en 1996 para la ZMVT de 201,322 m<sup>3</sup> de gasolina Nova, 282,967 m<sup>3</sup> de gasolina Magna Sin y 145,301 m<sup>3</sup> de diesel, según datos proporcionados por Pemex.

**Gráfica 3.9. Contribución anual en hidrocarburos del sector servicios**





En el giro de panaderías las emisiones se estimaron utilizando un factor de emisión *per capita*. Las emisiones generadas por el sector servicios son principalmente de hidrocarburos, considerando sólo las emisiones por combustión en hospitales, residencias, comercios y oficinas.

La Gráfica 3.9 muestra que el consumo de solventes emite el 29% de los hidrocarburos. El transporte y la venta de gasolina emiten el 19%, el mercadeo y la distribución de gas LP emiten el 15%, las operaciones de lavado y desengrase emiten el 13% y otros servicios emiten el 24% de hidrocarburos.

### 3.3.3 Suelos y vegetación

Una de las principales fuentes de emisión de partículas a la atmósfera en la ZMVT es la erosión del suelo, así como la suspensión de polvos provenientes de áreas pavimentadas y sin pavimentar.

Dentro de las zonas identificadas como aportadoras de contaminantes de origen natural a la ZMVT, se consideran de importancia las áreas agrícolas y erosionadas de los municipios de Metepec y San Mateo Atenco.

Actualmente se han desarrollado las primeras estimaciones de emisiones generadas por la erosión de suelos en fuentes naturales, lo que, además de permitir su integración al inventario total de la ZMVT, podrá también servir para definir los programas de reforestación en la zona.

Existen también calles sin pavimentar y dos tiraderos de basura localizados en la periferia de la ZMVT.

En el presente inventario no se estimaron las emisiones generadas por la vegetación, por no contarse con información suficiente; sin embargo se tienen identificadas importantes áreas con diferentes especies vegetales que generan hidrocarburos como Metepec y Zinacantepec.

### 3.3.4 Transporte

El gran consumo de combustibles por parte de los vehículos automotores, constituye la principal fuente de emisiones contaminantes de la ZMVT. El parque vehicular de esta zona se estima en alrededor de 225 mil vehículos (Secretaría de Vialidad y Transporte del Estado de México, 1996).

En el inventario de emisiones se indica que el sector transporte genera anualmente cerca de 320 mil toneladas de contaminantes, de las cuales, 268 mil toneladas corresponden a monóxido de carbono, 27 mil toneladas a hidrocarburos, 19 mil toneladas a óxidos de nitrógeno y aproximadamente 2,400 toneladas a partículas. Dada

la problemática ambiental y el nivel del desarrollo que se requiere en la estructuración de los planes y programas ambientales en la ZMVT, es necesario que la estimación para este tipo de fuentes sea lo más actualizada posible.

En la Tabla 3.12 se muestran las principales vialidades primarias de la ZMVT, los puntos donde comienzan y terminan, así como la longitud total de estas vías de comunicación.

**Tabla 3.12. Vialidades primarias de la ZMVT**

Vialidad	Puntos extremos	Longitud (km)
Paseo Tollocan	Mto. E. Zapata-Panteón Gral.	17.6
Av. José Ma Morelos	P. Tollocan-Mto. Niños Héroes	4.8
Blv. Las Torres	Av. Tecnológico-E. Normal	12.8
Calz. Pacífico	Paseo Colón-Zinacantepec	11.22
Av. Miguel Hidalgo	Mto. Bandera-Mto. Niños Héroes	4.6
Av. 5 de Mayo	B. Juárez-Av. Morelos	5.8
J. Ma. Pino Suárez	Club Toluca-Totoquitlapilco	7.29
Av. H. Enríquez	J. Ma. Morelos-Misión	6
Paseo Matlatzincas	C. Universitaria-Santos Degollado	5.7
Blv. Isidro Fabela	Toluca-Las Torres	8.2
Blv. Miguel Alemán	Blv. Aeropuerto-Carr Toluca	6.8
<b>Total km</b>		<b>90.81</b>

Fuente: Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, 1996.

Haciendo un análisis de la Tabla 3.12, se tiene que la ZMVT cuenta con una estructura vial que integra sus diferentes zonas, además de brindar acceso a los sistemas carreteros hacia su zona urbana. Así, se identifican 11 vialidades primarias que conforman la vialidad principal de la ciudad.

Las vialidades de alta velocidad son: Paseo Tollocan, Calzada Pacífico, Boulevard Isidro Fabela y Boulevard Miguel Alemán, con un flujo vehicular que varía entre 5,000 y 35,000 vehículos por hora.

En el centro de la ciudad, las velocidades promedio de los vehículos llegan a ser de 15 a 20 km/h en las horas pico (Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, 1997), en las avenidas Hidalgo, Morelos, Juárez, V. Villada e Independencia, debido en parte a la afluencia de escolares y empleados a la zona, produciéndose congestionamientos frente a las entradas de las escuelas, oficinas y negocios.

En la Tabla 3.13 se muestra la clasificación del parque vehicular de la ZMVT y los kilómetros que recorre en promedio anualmente cada unidad de cada tipo de vehículo.

### 3. Inventario de Emisiones

**Tabla 3.13. Parque vehicular**

Tipo de vehículo	No. de vehículos	(%)	Km recorridos por vehículo al día	Km recorridos por vehículo al año
Autos particulares	151,211	67.0	68.5	25,000
Pick-up gasolina	57,800	26.0	137	50,000
Taxis	10,145	4.5	137	50,000'
Camiones de pasajeros	3,709	1.6	192	70,000
Camiones de carga	721	0.3	205	75,000
Motocicletas	1258	0.6	27	10,000'
<b>Total</b>	<b>224,844</b>	<b>100.0</b>		

Fuente: Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, 1996.

Se observa los vehículos particulares representan el 67% del parque vehicular existente de la ZMVT, los vehículos pick-up ocupan el segundo lugar con 26%, el 4.5% corresponde a los taxis y a los camiones de pasajeros el 1.6%.

Como se puede observar el transporte público de pasajeros en comparación con los autos particulares es muy bajo ya que solo corresponde al 1.6%, sin embargo en el número de viajes diarios da servicio al 41% de los usuarios, por lo que es necesario realizar estudios para evaluar algunos proyectos de política de transporte.

En la Tabla 3.14 se muestran los consumos históricos de combustibles para el sector transporte. En ella puede observarse un incremento importante en el consumo de diesel, lo que indica una mayor flota de camiones en la ZMVT.

**Tabla 3.14. Consumo de combustible (m<sup>3</sup>/año)**

Combustible	1994	1996	Variación, % 1994-1996
Gasolina total	408,291	484,289	+16
Diesel	118,170	145,301	+22

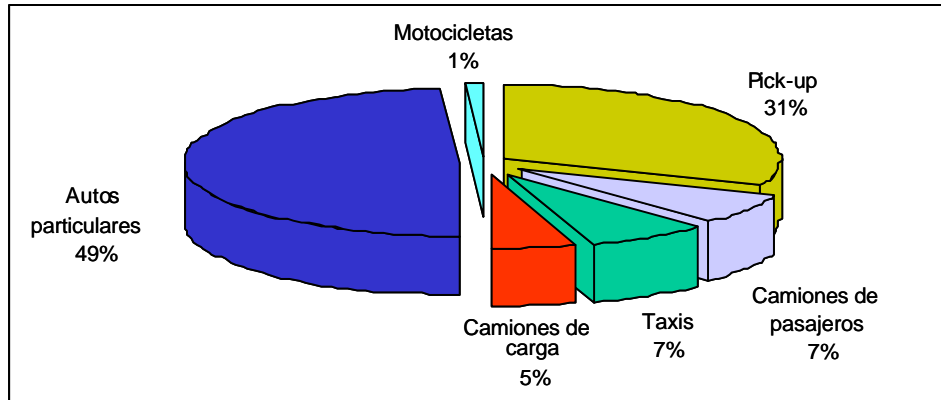
Fuente: Pemex. Subgerencia de Desarrollo Comercial, 1996.

Se observa que de acuerdo con cifras reportadas por Petróleos Mexicanos, el 81% del volumen de combustible consumido por los vehículos corresponde a gasolina y el 19% a diesel.

Se puede mencionar que el consumo de combustible tiene una relación directa con la conformación del parque vehicular, ya que la gasolina es utilizada por los autos particulares, pick up y taxis y el diesel por los vehículos de carga y pasajeros, los cuales realizan el mayor número de viajes diarios y por lo tanto su kilometraje anual recorrido es mucho mayor; esto explica el alto consumo anual de diesel. Por otro lado, si se suman los consumos de gasolinas Nova y Magna Sin, se observa que representan más de 80% de los combustibles vehiculares consumidos en la ZMVT,

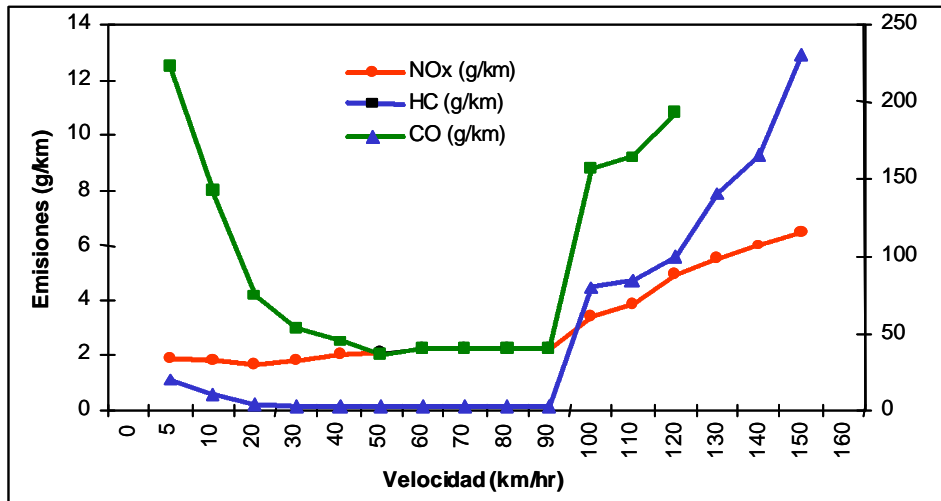
lo cual es consecuencia de que el 98% del total del parque vehicular correspondan a vehículos que utilizan gasolina.

**Gráfica 3.10. Emisiones por tipo de vehículo**



En cuanto a los vehículos que originan las principales emisiones contaminantes del sector transporte, la Gráfica 3.10 muestra que el 49% de ellas provienen de los automóviles particulares y el 31% de los vehículos pick-up. Un elemento adicional que contribuye a la mayor intensidad de las emisiones del sector transporte, es la velocidad a la que se desplazan los vehículos en las zonas urbanas (Gráfica 3.11).

**Gráfica 3.11. Emisiones de vehículos particulares en relación con la velocidad**



Fuente: Methods and technology for reducing motor vehicle pollution, INRETS synthesis, 1987.

### *3. Inventario de Emisiones*

La velocidad promedio vehicular en la ZMVT es de menos de 40 km/h, pudiendo verse reducida considerablemente cuando ocurren interrupciones y obstrucciones viales, ya que existen calles sin pavimentación, y otras se reducen de tres a dos carriles. Aunque es difícil cuantificar el impacto ambiental ocasionado por estas obstrucciones viales, es una realidad que al disminuir significativamente la velocidad de cruce se incrementan las emisiones vehiculares de HC y CO, sobre todo en los vehículos con carburador.

Por otro lado, la ZMVT se encuentra ubicada a casi 2,660 msnm, lo cual hace que la combustión vehicular sea menos eficiente que en otras zonas del país, por lo que se requiere realizar estudios para obtener factores de emisión regionales los cuales puedan ser utilizados en algunas ciudades con alturas similares y además serán valores para actualizar la normatividad vigente.



# FUNDAMENTACIÓN DEL PROGRAMA

4





## **4. FUNDAMENTACIÓN DEL PROGRAMA**

### **4.1 Marco jurídico**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es el instrumento jurídico sobre el cual se sustenta el derecho ambiental en México. Las reformas constitucionales de 1983, 1987 y 1992 incorporan disposiciones generales en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, tales como el derecho a vivir en un ambiente sano, el impulso al desarrollo productivo bajo modalidades de conservación del medio ambiente y de los recursos naturales, así como las facultades del Congreso para expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, imponer modalidades a la propiedad privada y restaurar el equilibrio ecológico, en los siguientes artículos:

**Artículo 4**, párrafo Cuarto: “Toda persona tiene derecho a la protección de la salud”. El deterioro de los recursos a través de contaminantes afecta a la salud, lo que justifica el derecho a un ambiente sano.

**Artículo 25**, párrafo Sexto: “Bajo criterios de equidad social y productiva se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente”. En este artículo se establecen las bases en las que se apoya la legislación ambiental, bajo el principio del “desarrollo sustentable”.

**Artículo 27**, párrafo Tercero: “La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con el objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de la calidad de vida rural y urbana, en consecuencia se dictaminarán medidas para preservar y restaurar el equilibrio ecológico”. El aire (la atmósfera) no es un elemento natural susceptible de apropiación, sin embargo, como recurso común constituye en sí mismo parte de la riqueza pública, por lo que corresponde a la nación cuidar su conservación para mejorar la calidad de vida de todos los mexicanos.

**Artículo 73**, Fracción XVI - 4a: “El Congreso tiene la facultad de dictar las medidas que el consejo de salubridad general adopte para prevenir y combatir la contaminación ambiental ....”

**Artículo 73**, Fracción XXIX-G: “El Congreso tiene facultad para expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico”.

**Artículo 115**, Fracción V: “Los municipios, en los términos de las leyes federales y estatales relativas, están facultados para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; participar en la administración de sus reservas territoriales; controlar y vigilar la utilización del suelo en sus jurisdicciones territoriales; intervenir en la regulación de la tenencia de la tierra urbana; otorgar licencias y permisos para construcciones, y participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas. Para tal efecto y de conformidad a los fines señalados en el párrafo Tercero del Artículo 27 de esta Constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueran necesarios”.

La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México en su Artículo 18 dice lo siguiente:

Las autoridades ejecutarán programas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales del Estado y evitar su deterioro y extinción, así como para prevenir y combatir la contaminación ambiental.

La legislación y las normas que al efecto se expidan harán énfasis en el fomento a una cultura de protección a la naturaleza, al mejoramiento del ambiente, al aprovechamiento racional de los recursos naturales y a la propagación de la flora y de la fauna existentes en el Estado.

Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece la distribución de facultades entre los tres órdenes de gobierno en sus artículos 5º, 7º y 8º. De tal forma, el artículo 7º describe las atribuciones que le corresponden a las entidades federativas, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, y otras que se relacionan con las acciones contenidas en el *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*.

- La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal (Fracción I);
- La aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en las leyes locales en la materia, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realice en bienes y zonas de jurisdicción estatal, en las materias que no están expresamente atribuidas a la federación (Fracción II);
- La prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles, que conforme a lo establecido en esta ley no sean de competencia Federal (Fracción III);

#### 4. Fundamentación del Programa

- El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales (Fracción V);
- La formulación, expedición y ejecución de los programas de ordenamiento ecológico del territorio.. con la participación de los municipios respectivos (Fracción IX);
- La prevención y control de la contaminación generada por el aprovechamiento de las sustancias no reservadas a la federación, que constituyan depósitos de naturaleza similar a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamento de obras (Fracción X);
- La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico o el ambiente de dos o más municipios (fracción XI);
- La participación en emergencias y contingencias ambientales, conforme a las políticas y programas de protección civil que al efecto se establezcan (Fracción XII);
- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Federación, en las materias y supuestos a que se refieren las fracciones III, VI y VII de este artículo (Fracción XIII);
- La conducción de la política estatal de información y difusión en materia ambiental (Fracción XIV);
- La promoción de la participación de la sociedad en materia ambiental, de conformidad con lo dispuesto en esta ley (Fracción XV);
- La formulación, ejecución y evaluación de un programa estatal de protección al ambiente (Fracción XVIII);
- La emisión de recomendaciones a las autoridades competentes en materia ambiental, con el propósito de promover el cumplimiento de la legislación ambiental (Fracción XIX).

De igual forma, en el artículo 8º de la Ley se establecen las facultades que le corresponden a los municipios; de las cuales, las establecidas en las fracciones III, V, VIII, X, XI, XII XV fundamentan la participación de los gobiernos municipales en las acciones que se establecen en el *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*.

Por otra parte, en la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en su artículo 4º, Fracciones I, II, III, IV, V, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XXIV, XXV, XXVI, XXVII y XXVIII se establecen las atribuciones que corresponden al Titular del Poder Ejecutivo del Estado que sustentan al Programa:

- Formular, conducir y evaluar la política ambiental estatal, en congruencia con la política general de protección al ambiente (Fracción I);
- Realizar la gestión de la política ambiental estatal para la protección al ambiente, a través del aprovechamiento racional de los elementos naturales, el reordenamiento ambiental del territorio, la preservación y restauración de la calidad ambiental (fracción II);

- Formular, ejecutar y evaluar el Programa de Protección al Ambiente (Fracción III);
- Intervenir en aquellos asuntos que, por el peligro que representan para el ambiente de un área o región del estado, o por su naturaleza o complejidad, requieran de la participación del Gobierno Estatal, o los que afecten al ambiente de dos o más municipios del Estado, originados por la misma causa (fracción IV);
- Celebrar convenios de coordinación y ejecución con la federación, entidades federativas, municipios, organizaciones sociales y particulares para la realización de acciones ambientales, conforme a esta ley (Fracción V);
- Expedir Criterios y Normas Técnicas Estatales para la preservación y restauración de la calidad ambiental;
- Mantener actualizado el inventario de emisiones;
- Dictar medidas para prevenir y controlar las emisiones generadas por fuentes contaminantes de jurisdicción estatal (Fracción X);
- Establecer sistemas de verificación vehicular y regular su operación (Fracción XII);
- Establecer medidas para limitar, por motivos de protección al ambiente, la circulación de vehículos automotores que transiten por el territorio del Estado; así como impedir la de aquellos cuyas emisiones contaminantes rebasen los límites permitidos, conforme a los criterios y normas técnicas dictadas al respecto y para modificar, en su caso, los horarios de vehículos de transporte de carga y pasaje para mantener la calidad del ambiente (fracción XIII);
- Participar y, en su caso, coordinar los programas de protección civil de prevención y atención de contingencias o emergencias ambientales en el ámbito de su jurisdicción (Fracción XIV);
- Fomentar la participación social en los programas de protección al ambiente (Fracción XXIV);
- Promover el establecimiento de estímulos a la población que desarrolle actividades de protección al ambiente (Fracción XXV);
- Constituir un fondo de recursos financieros para promover la protección al ambiente (Fracción XXVI);
- Establecer los Criterios y Normas Técnicas Ambientales que permitan a las dependencias del desarrollo urbano, considerarlos en los planes y programas correspondientes (Fracción XXVII);
- Determinar concurrentemente con las autoridades responsables en la materia, la reubicación de las industrias que se encuentren en zonas habitacionales y urbanas, en los casos que así proceda, conforme a la legislación aplicable (fracción XXVIII).

De igual forma, en el artículo 5º de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México se establecen las facultades que le corresponden a los municipios; de las cuales, las establecidas en las fracciones I, III, V, IX, X, XI, XII, XV, XVI, XVII, XIX, XX, XXI y XXII fundamentan la participación de los gobiernos municipales en las acciones que se establecen en el Programa.

Asimismo, los artículos 37 al 44 de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México establecen las medidas de regulación, prevención y control de la contaminación atmosférica originada por fuentes fijas, fuentes móviles y fuentes diversas que deberán observarse.

#### 4.2 Marco normativo

La Ley General de Salud establece que, en materia de efectos del ambiente en la salud de la población, corresponde a las autoridades de salubridad establecer normas, tomar medidas y realizar actividades tendientes a proteger la salud humana ante los riesgos y daños que pudieran ocasionar las condiciones del ambiente, así como determinar los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de los contaminantes atmosféricos.

Con base en lo señalado anteriormente, la Secretaría de Salud emitió en diciembre de 1994 las Normas Oficiales Mexicanas en las que se establecen los criterios de calidad del aire en materia de salud.

Las normas sobre las cuales se sustenta el presente Programa son las siguientes:

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Contaminante que norma</b>
NOM-020-SSA1-1994	Ozono
NOM-021-SSA1-1994	Monóxido de carbono
NOM-022-SSA1-1994	Bióxido de azufre
NOM-023-SSA1-1994	Bióxido de nitrógeno
NOM-024-SSA1-1994	Partículas suspendidas totales
NOM-025-SSA1-1994	Partículas menores de 10 micras
NOM-026-SSA1-1994	Plomo

Estas Normas Oficiales Mexicanas fueron publicadas el 23 de diciembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación y en ellas se menciona que son de observancia para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección a la salud de la población.

Asimismo, establecen que dentro del plazo de 180 días naturales posteriores a su publicación los gobiernos de las entidades federativas propondrán los planes para la verificación, seguimiento y control de los valores establecidos.

Por su parte el artículo 111° fracción I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señala como una de la facultades de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en materia

de prevención y control de la Contaminación atmosférica, expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del territorio nacional con base en los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.

El Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la citada Ley, señala en el artículo 7° fracción IV, que es competencia de la SEMARNAP, la expedición de normas “para la certificación de la autoridad competente de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas”; para tal efecto la SEMARNAP ha emitido las siguientes normas, aplicables al presente Programa, en lo que respecta a monitoreo ambiental, fuentes fijas, características de combustibles y fuentes móviles:

#### Monitoreo ambiental

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Método de medición y calibración de equipo para la determinación de las concentraciones de:</b>
NOM-034-ECOL-1993	Monóxido de carbono
NOM-035-ECOL-1993	Partículas suspendidas totales
NOM-036-ECOL-1993	Ozono
NOM-037-ECOL-1993	Bióxido de nitrógeno
NOM-038-ECOL-1993	Bióxido de azufre

#### Fuentes fijas

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera</b>
NOM-039-ECOL-1993	Bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico
NOM-040-ECOL-1993	Partículas sólidas y control de emisiones fugitivas provenientes de industrias productoras de cemento
NOM-043-ECOL-1993	Partículas sólidas
NOM-046-ECOL-1993	Bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido dodecilbencensulfónico
NOM-085-ECOL-1993	Humos, partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles
NOM-092-ECOL/1993	Requisitos de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México
NOM-093-ECOL/1993	Eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo
NOM-097-ECOL/1993	Material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el País
NOM-105-ECOL/1993	Partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total en plantas de fabricación de celulosa

### Características de los combustibles

Norma Oficial Mexicana	Especificaciones de:
NOM-086-ECOL-1994	Combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles

### Fuentes móviles

Norma Oficial Mexicana	Niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes
NOM-041-ECOL-1996	Emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos en circulación a gasolina
NOM-042-ECOL-1993	Hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos evaporativos provenientes del escape de vehículos en planta a gasolina o gas
NOM-044-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humos provenientes de vehículos en planta a diesel
NOM-045-ECOL-1996	Opacidad del humo en vehículos en circulación a diesel
NOM-047-ECOL-1993	Características de equipo y procedimientos de medición para la verificación de contaminantes en vehículos a gasolina, gas LP y gas natural
NOM-048-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono y humos en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite
NOM-049-ECOL-1993	Características de equipo y procedimiento de medición para la verificación de contaminantes en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite
NOM-050-ECOL-1993	Emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos en circulación a gas LP o gas natural

### 4.3 Marco programático

En el *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000*, se definen los lineamientos para frenar las tendencias de deterioro ecológico y promover el ordenamiento ecológico del territorio nacional, tomando en cuenta que el desarrollo sea compatible con las aptitudes y capacidades ambientales de cada región; aprovechando de manera plena y sustentable los recursos naturales como condición básica para alcanzar la superación de la pobreza, cuidando el ambiente y los recursos naturales a partir de una reorientación de los patrones de consumo y el cumplimiento de las leyes ambientales.

El Plan establece que además de las acciones que Gobierno y sociedad realicen para frenar las tendencias del deterioro ecológico y con ello transitar hacia un desarrollo sustentable, es necesario formular e instrumentar *programas específicos para sanear el ambiente en las ciudades más contaminadas*. Al mismo tiempo, especifica que el desarrollo de las actividades productivas deberá planearse y llevarse a cabo en forma ordenada, para lo cual, se buscará que cada entidad federativa y cada re-

gión crítica específica cuenta con un ordenamiento ecológico del territorio expedido con fuerza de ley, que contará con un fundamento técnico, con respaldo jurídico, económico y fiscal y con los consensos sociales necesarios. Por otra parte, las políticas y acciones en materia de medio ambiente y recursos naturales se sustentarán en nuevos esquemas de corresponsabilidad y participación social, mejorando la información a la sociedad y fortaleciendo las actuales formas de corresponsabilidad ciudadana en la política pública.

Por su parte, el *Programa de Medio Ambiente 1995-2000* define los lineamientos de política general en materia de medio ambiente y recursos naturales, que derivan del *Plan Nacional de Desarrollo* y que al mismo tiempo lo refuerzan. El Programa incorpora la Promoción de un Desarrollo Urbano Sustentable como una de las estrategias, proyectos y acciones prioritarias, cuyas metas son:

- Definir y divulgar criterios de sustentabilidad que permitan fundamentar y orientar la planeación, el funcionamiento y la regulación de los procesos del desarrollo urbano.
- Crear mecanismos de integración entre la política ambiental y las políticas de desarrollo urbano, mediante instrumentos que vinculen a la estructura espacial/territorial de las ciudades y a sus procesos sectoriales (especialmente el transporte) y funcionales con los criterios de sustentabilidad.
- Propiciar el uso racional de los recursos comunes ambientales (especialmente el aire) más importantes de las ciudades.
- Crear un marco regulatorio y de incentivos que fomente permanentemente la innovación y el cambio tecnológico en los procesos urbanos, de servicios y de transporte, mejorando su eficiencia energética y calidad ambiental.
- Generar cambios en la estructura modal del transporte urbano, que aseguren una mayor eficiencia funcional y ambiental de las ciudades.

Para cumplir estas metas, el Programa describe los principales proyectos y acciones prioritarias (los cuales, de manera más concreta dan fundamento a la elaboración del *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*); estos son:

- Ordenamiento ecológico territorial integrado a planes de desarrollo urbano en zonas metropolitanas críticas.
- Formulación de programas de gestión de la calidad del aire en zonas metropolitanas prioritarias integrando políticas urbanas, ambientales y de transporte.
- Promoción de programas de defensa de las zonas de protección ecológica en torno a las áreas metropolitanas.
- Definición de políticas de calidad y suministro de energéticos ambientalmente adecuados para zonas metropolitanas.
- Desarrollo de un sistema normativo que favorezca la reconversión tecnológica en la industria y el transporte en zonas metropolitanas.
- Promoción de sistemas de información y monitoreo ambiental en zonas metropolitanas.



#### 4. Fundamentación del Programa

- Publicación y promoción de criterios de desarrollo urbano sustentable
- Publicación y promoción de criterios ambientales para el transporte urbano.
- Regulación y normatividad para la modernización tecnológica en procesos industriales y de transporte.
- Divulgación y promoción de criterios ambientales para la política económica urbana.

El Programa no considera a la ZMVT como zona metropolitana prioritaria; sin embargo, y precisamente por tal motivo, la Secretaría de Ecología del Estado de México y el Instituto Nacional de Ecología diseñan *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*, para evitar que en el corto o mediano plazo se convierta en zona crítica.

Por su parte el Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999, considera al deterioro ambiental del Estado de México como uno de los aspectos que exige atención prioritaria, definiéndolo también como una preocupación social y política emanada de las demandas de la población por el derecho a una mejor calidad de vida.

Al respecto, el Plan manifiesta que la participación del Estado debe consistir en “asegurar que el modelo de desarrollo sea autosustentable”, para lo cual el Gobierno del Estado “habrá de establecer reglas claras con ese propósito y vigilar su estricto cumplimiento”.

La política ambiental del Gobierno del Estado, de acuerdo con el Plan, se dirige en dos sentidos considerando siempre la participación social:

- La prevención como tarea prioritaria.
- La restauración de recursos deteriorados.

Bajo estas premisas, el objetivo del Plan se centra en prevenir y restaurar el ambiente mediante la promoción del equilibrio entre la economía y la naturaleza con la participación de toda la sociedad. Las acciones propuestas por el Gobierno del Estado se centran en 5 rubros:

- Consolidar la acción gubernamental mediante la incorporación de aspectos ambientales en todas las políticas públicas. En este punto se propone:
  - La incorporación de criterios ambientales en los planes de desarrollo urbano así como en la política de transporte y vialidad.
  - Adecuar las características de proyectos de infraestructura y obra pública a criterios y normas de ordenación ecológica del territorio.
  - Fortalecer la normatividad y vigilancia.
  - Fortalecer la vigilancia ambiental con base en el inventario de fuentes y emisiones de contaminantes y en la colaboración de comités ciudadanos.

- Autorizar zonas industriales y comerciales atendiendo la compatibilidad del uso del suelo y el impacto ambiental de los procesos que se lleven a cabo o se intenten desarrollar.
  - Reforzar las acciones de vigilancia y aplicación de la normatividad, para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos.
  - Coordinar con la instancia federal competente acciones en materia de inspección y vigilancia ambiental.
- Establecer incentivos para modificar conductas y procesos.
  - Llevar a cabo acciones para incrementar los recursos destinados al cuidado del ambiente y la diversificación de sus fuentes. Establecer un fondo de protección ecológica cuyos recursos se obtendrán de los pagos por concepto de multas, seguros, fianzas y derechos en materia ambiental.
  - Realizar acciones para asegurar la participación y fomentar la cultura ecológica entre la población.
  - Vincular las políticas de desarrollo económico y social con las de ordenamiento territorial y urbano regional, y en el mismo sentido armonizar el proceso de planeación urbana con el medio ambiente.

Finalmente, el *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999* elaborado por el Poder Ejecutivo del Estado de México define las principales estrategias que orientan el ejercicio del gobierno y fomentan la integración de esfuerzos entre los distintos sectores de la administración pública en los tres niveles de gobierno, así como el sector privado, social, académico y la ciudadanía en general, para detectar la problemática ambiental y establecer las acciones que deberá realizar la sociedad en su conjunto, dirigiéndose a objetivos relacionados con la preservación del medio ambiente. Entre las acciones que el Gobierno del Estado de México plantea desarrollar en favor de la protección del medio ambiente, a través del *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-2000*, se encuentran las siguientes:

- Otorgar incentivos a las empresas y particulares que realicen acciones en beneficio del ambiente.
- Incidir en los hábitos de consumo de la población, a fin de que ésta conozca y utilice los productos que menos impactan al ambiente.
- Descentralizar funciones a través de la atención de los problemas ambientales por parte de los municipios, apoyándolos técnica y legalmente.
- Fortalecer los programas de educación ambiental para lograr una mayor toma de conciencia de la sociedad.
- Promover una concurrencia entre las políticas de población, de desarrollo territorial, desarrollo económico y protección al ambiente.
- Fortalecer el marco normativo ambiental.
- Identificar los ámbitos de competencia para el licenciamiento, control y vigilancia de fuentes, obras y actividades evitando tanto duplicidades como va-

#### 4. Fundamentación del Programa

cíos de actuación, incorporando de manera permanente y sistemática los criterios ambientales.

Con base en lo anterior, podemos aseverar que *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*, tiene un sustento jurídico que parte desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y las leyes ambientales tanto federales como estatales; asimismo, se fundamenta en el marco programático que se deriva del *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000*, el *Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2000*, el *Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999* y el *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999* del Estado de México, así como en las Normas Oficiales Mexicanas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.



ANTECEDENTES SOBRE  
PREVENCIÓN Y CONTROL  
DE LA CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA EN LA ZONA  
METROPOLITANA DEL VALLE  
DE TOLUCA

5



## **5. ANTECEDENTES SOBRE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA**

### **5.1 Marco de actuación**

La promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en 1988, fue determinante para que todas las entidades federativas elaboraran sus propias leyes ambientales; asimismo, impulsó la creación de las instituciones gubernamentales encargadas de la gestión ambiental en los estados.

La LGEEPA vigente en 1988, visualizaba la problemática ambiental desde una perspectiva global e integradora, normando tanto lo referente a la contaminación ambiental como el aprovechamiento ecológico de los recursos naturales; entre las atribuciones que esta Ley señalaba de competencia estatal incluía como responsabilidad de los gobiernos locales, la formulación de sus propias políticas y la definición de los criterios de protección y regulación ambiental en las materias de su competencia y en sus jurisdicciones locales. Por esta razón, y retomando los planteamientos de los foros de consulta popular sobre los problemas ambientales existentes en el Estado, en 1988 se creó la Comisión Estatal de Ecología del Estado de México, cuyo objeto era planear, conducir y ejecutar la política ambiental, así como la de preservar el entorno ecológico en el Estado, destacando entre sus atribuciones la de desarrollar programas tendientes a prevenir y controlar la contaminación ambiental.

Tanto en el ámbito federal como estatal, fueron evolucionando las estructuras administrativas encargadas de la gestión ambiental en forma paralela a la legislación ambiental. De tal forma que el Gobierno del Estado, promulgó en 1991 la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México con el propósito de establecer los mecanismos para la protección al ambiente en la entidad. En su título quinto, la Ley especifica las medidas de prevención y control de la contaminación, haciendo referencia a las fuentes fijas y móviles, entre otras, señalando como responsabilidad del Ejecutivo Estatal el establecimiento de un sistema de medición y evaluación de la calidad del aire.

Poco tiempo después de la publicación de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México, se creó la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, con el objetivo de aplicar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas establecidas en ésta.

En 1991 se incluyó al municipio de Toluca en el Acuerdo del Ejecutivo del Estado por el que se Establecen los Criterios para la Verificación de Emisiones Contaminantes de Vehículos Automotores Destinados al Servicio Público Local de Carga, Pasajeros y Otras Modalidades.

En 1993, se publicó el Reglamento estatal en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica; el Reglamento de Protección al Medio Ambiente y del Equilibrio Ecológico del Municipio de Toluca; y su Reglamento General de Mejoramiento Ambiental.

Otros acuerdos que se publicaron en 1993 fueron: Acuerdo de Verificación Vehicular Obligatoria para la Ciudad de Toluca y los Municipios de su Zona Conurbada; Acuerdo para restringir la circulación de los vehículos que utilicen Gas LP como combustible; y Acuerdo por el que se establecen los requisitos mínimos para el Establecimiento y Operación de los Centros de verificación.

Por otra parte, el Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999, define las estrategias para abordar la problemática ambiental en el Estado.

A partir de la promulgación de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México, comenzaron a crearse dentro de la estructura orgánica de las administraciones municipales, áreas administrativas que se enfocaran a dar atención a los problemas ambientales de competencia municipal. Otro de los factores que contribuyó a la formación de estas áreas fue la presión ejercida por la población, que observó como se incrementó en forma alarmante el deterioro ambiental, en particular de los municipios de Metepec, Zinacantepec, San Mateo Atenco, Lerma y Toluca.

## **5.2 Programa Estatal de Protección al Ambiente**

El *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999*, define las principales acciones que deberán realizarse en materia de prevención y control de la contaminación del aire:

- Reconversión y modernización tecnológica de fuentes de emisiones a la atmósfera.
- Reconversión y mejoramiento tecnológico de fuentes móviles.
- Política energética y medio ambiente.
- Inspección y vigilancia.
- Información, educación ambiental y participación social.
- Reordenamiento de los sistemas metropolitanos de vialidad y transporte.
- Desarrollo y fortalecimiento de los sistemas regionales de vialidad y transporte.
- Reordenamiento de actividades industriales.



Estas acciones impulsarán el crecimiento económico y estimularán el desarrollo de especificaciones al nivel de los estándares internacionales para el control de emisiones contaminantes; asimismo, apoyarán la renovación y el fortalecimiento del sistema de inspección, vigilancia y supervisión de los centros de verificación vehicular, mejorando la eficiencia, controlando y combatiendo desviaciones en los procedimientos empleados para la verificación vehicular, la vigilancia y la aplicación de sanciones a los propietarios de vehículos automotores ostensiblemente contaminantes, así como a los concesionarios de centros de verificación que desvíen los procedimientos técnicos y administrativos. Esto reducirá los costos del control de la contaminación ambiental y dará transparencia a los procedimientos empleados.

Dentro de la estrategia general de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, se contemplan tres programas: Control de Emisiones Atmosféricas y Mejoramiento de Procesos en la Industria, Comercio y Servicios; Control de Emisiones Vehiculares; y Ordenamiento General del Territorio. Estos programas incluyen una serie de acciones dentro de varios subprogramas.

Las acciones contenidas en el programa pueden llevarse a cabo mediante el reordenamiento del transporte público buscando la prestación adecuada del servicio y procurando la compatibilidad con el entorno ambiental.

Transformando el perfil industrial se promueve la sustitución progresiva del parque vehicular obsoleto. Asimismo, es necesaria la adecuación tecnológica de los giros con alto potencial contaminante, baja capacidad de empleo y baja participación en el producto interno bruto de la región. Para ello se plantea la modernización y reordenación del perfil industrial buscando el menor impacto al ambiente y mayor rentabilidad y capacidad de oferta de empleo.

### **5.3 Principales acciones realizadas**

Desde la creación de la Comisión Estatal de Ecología del Estado de México, se han realizado diversas actividades tendientes a mejorar la calidad de la vialidad, que al dar fluidez al tráfico vehicular disminuyen las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Entre estas acciones destacan la construcción del Paseo Tollocan, la Av. Independencia y la Av. Alfredo del Mazo. Otras obras más recientes son la construcción de la Av. Las Torres y el Puente Miraflores-Urawa en el Paseo Tollocan.

En 1993 se diseñó y adquirió la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de Toluca (RAMA-T). Es importante mencionar la actividad constante que ha mantenido la RAMA-T a partir de ese año, gracias a la cual se tienen datos sobre los niveles de contaminación atmosférica que se presenta en la ZMVT.

Entre las acciones que se han desarrollado en el Estado y en los municipios que repercuten directamente en forma positiva en la calidad del aire se encuentran las siguientes:

- Educación ambiental en escuelas primarias y secundarias.
- Inspección y regularización de industrias y giros menores.
- Reforestación en zonas urbanas.
- Construcción de letrinas.
- Recolección de llantas usadas.

#### **5.4 Acciones recientes**

De acuerdo con la evaluación de logros y avances de 1993 a la fecha, en materia de control y prevención de la contaminación atmosférica, se cuenta con lo siguiente:

- Elaboración del diagnóstico preliminar ambiental de la ZMVT (actualmente se desarrolla la versión final de este documento).
- Desde 1994 se encuentra en operación la RAMA-T, que reporta diariamente los índices de contaminación del aire en puntos IMECA.
- En la ZMVT existe un total de 43 centros de verificación vehicular y 36 estaciones de servicio para la venta de diesel y gasolina, algunas de las cuales ya tienen instalados sistemas de recuperación de vapores.
- En materia de impacto y riesgo ambiental, para coadyuvar con la política de propiciar un ambiente más limpio, se condiciona a las nuevas empresas que se instalan en la ZMVT a cumplir con estrategias de control de emisiones contaminantes.
- En materia de protección al ambiente, además de mantener una constante vigilancia de la planta industrial instalada en la ZMVT, se otorgan licencias de funcionamiento que se emiten de acuerdo a los parámetros de sus fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera.

La actividad que realiza la sociedad civil organizada también es un factor importante para la atención al problema de la calidad del aire. En todos los municipios existe por lo menos un grupo ambientalista que promueven diferentes campañas en contra de la contaminación y participan activamente, a través de la denuncia ciudadana en la materia, dirigiendo sus quejas a las autoridades correspondientes de los tres órdenes de gobierno, así como a la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y a la delegación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en el Estado.

No obstante, y a pesar de las acciones emprendidas, es necesario realizar un esfuerzo adicional que concentre y canalice dentro de un marco programático las actividades realizadas en materia de prevención y control de la contaminación del aire por los tres ordenes de gobierno, en el cual quede manifiesto el compromiso y responsabilidades, en este rubro, de los diferentes sectores que forman parte activa de la ZMVT. Tal esfuerzo toma su forma en el presente Programa.

# DESARROLLO DEL PROGRAMA

**6**



## **6. DESARROLLO DEL PROGRAMA**

### **6.1 Objetivo general**

Proteger la salud de la población de la ZMVT mediante la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y la coordinación de las políticas de desarrollo urbano e industrial, fomento económico, transporte, medio ambiente y manejo de recursos.

### **6.2 Meta general**

Se busca lograr gradualmente menores niveles de contaminación como resultado del abatimiento del 40% de las emisiones de hidrocarburos, 50% de óxidos de nitrógeno y 40% de las partículas para el año 2000. Esto permitirá reducir de un 15% actual a un 10% máximo el número de días en que se exceden las normas de calidad del aire.

### **Objetivos específicos**

- Reducir las emisiones contaminantes por kilómetro recorrido en vehículos automotores.
- Reducir las emisiones provenientes de la industria, de establecimientos comerciales y de servicio.
- Desarrollar mecanismos de coordinación interinstitucional para el diseño de políticas sectoriales con carácter metropolitano que permitan la integración de la planeación ambiental y urbana con el objeto de lograr el desarrollo sustentable de la ZMVT en el corto, mediano y largo plazo.
- Fortalecer la conciencia ciudadana sobre la importancia de su participación en las acciones de protección al ambiente.

### **6.3 Estrategias**

- Promover el cumplimiento de la normatividad ambiental.
- Mejorar el transporte público de pasajeros y de carga.
- Contemplar en el ordenamiento ecológico los criterios de sustentabilidad ambiental para el desarrollo de las zonas urbanas, industriales y rurales.
- Mejorar la vialidad en la ZMVT.
- Mejorar y aplicar nuevas tecnologías anticontaminantes en los sectores industrial y de transporte.
- Suministrar combustibles menos contaminantes en los sectores industria y transporte.

- Desarrollar instrumentos de política ambiental para el financiamiento y la coordinación metropolitana del Programa.
- Incrementar la información, educación ambiental y la participación social.
- Adecuar el marco normativo federal, estatal y municipal.
- Fomentar los programas de recuperación de suelos y reforestación de áreas erosionadas.
- Fortalecer los programas de investigación y el desarrollo tecnológico.
- Incrementar la superficie protegida de la ZMVT.
- Establecer un programa de verificación vehicular obligatorio y eficiente.

#### **6.4 Subprogramas**

Con base en lo anterior, a continuación el Programa se desarrolla en seis Subprogramas con sus respectivos Proyectos, éstos a su vez contienen: objetivo, principales acciones y metas.

## ***Subprograma I. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Transporte***

### **Proyecto 1. Actualización del programa de verificación vehicular adoptando los límites estrictos establecidos en la NOM-041-ECOL-1997**

La emisión de contaminantes a la atmósfera proveniente de vehículos automotores es considerada como una de las principales fuentes que contribuyen a elevar los niveles de contaminación en la ZMVT. Por ello, con el objeto de reducir las emisiones a la atmósfera, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México puso en marcha desde 1993, un Programa de Verificación Vehicular aplicado al transporte público y privado; sin embargo, en la práctica este programa no opera como obligatorio debido a que no existe un mecanismo que garantice su cumplimiento, como sería la detención e infracción de los vehículos que no porten el engomado, y sancionar a aquellos que no cumplan con el programa en los plazos determinados.

#### **Objetivo**

Lograr un programa de verificación vehicular obligatorio eficaz del transporte público y privado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

#### **Principales acciones:**

- Adoptar una norma única de verificación de aplicación en todo el Estado, que será similar a la que actualmente aplica para los municipios conurbados del Valle de México.
- Instrumentar con la participación de las dependencias competentes operativos de detención y sanción de vehículos que no hayan cumplido con la verificación vehicular en los plazos establecidos para tal efecto.
- Supervisar mediante un proceso de auditoría interinstitucional que las autorizaciones otorgadas para el establecimiento y operación así como los refrendos de verificentros, cumplan con los términos establecidos en las bases de la convocatoria, la legislación aplicable y las normas oficiales mexicanas correspondientes.

#### **Metas**

- Suspender la operación de 43 centros de verificación para modernizar el sistema de verificación a tipo verificentro.
- Supervisar la operación de los 7 verificentros autorizados y los de nueva autorización.

- Crear un grupo de auditoría interinstitucional.
- Lograr que en 1998 el 100% de los vehículos en circulación cumplan con el programa de verificación.
- Se estima que con esta medida se reduzcan 1,198 ton/año de partículas, 9,557 ton/año de NOx, 13,484 ton/año de hidrocarburos y 134,190 ton/año de monóxido de carbono.

## **Proyecto 2. Detención de vehículos ostensiblemente contaminantes**

Los vehículos de uso intensivo y, en general, los que se encuentran en mal estado mecánico producen humos y contaminantes en grandes cantidades, de tal forma que sus emisiones se hacen evidentes. La circulación de tales vehículos produce un malestar y descontento en la ciudadanía que colabora con las medidas de prevención y control de la contaminación, especialmente en quienes cumplen con el Programa de Verificación Vehicular.

### **Objetivo**

Detener y en su caso sancionar a los vehículos de transporte público de carga y pasaje ostensiblemente contaminantes.

### **Principales acciones:**

- Diseñar y aplicar un programa específico para la detención y retiro de la circulación de vehículos de transporte público de carga y pasaje ostensiblemente contaminantes.
- Ampliar el programa mencionado a los vehículos particulares.
- Diseñar un programa de capacitación dirigido al personal de tránsito encargado de la aplicación de los programas.
- Incluir dentro de estos programas el monitoreo remoto para la detección de vehículos ostensiblemente contaminantes.

### **Meta**

Disminuir las emisiones a la atmósfera generadas por vehículos ostensiblemente contaminantes.

## **Proyecto 3. Modernización del transporte público**

Los vehículos de transporte público, de carga y pasaje, se deterioran en periodos más cortos que los de uso particular, debido al uso intensivo al que están sujetos, y en muchas ocasiones a la falta de mantenimiento por parte de sus propietarios. El deterioro en los motores de este tipo de vehículos se hace más



evidente en aquellos que tienen más de ocho años en circulación, produciendo una gran cantidad de contaminantes a la atmósfera.

### **Objetivo**

Renovar la flota de vehículos de transporte público de carga y pasaje radicados en la ZMVT.

### **Principales acciones:**

- Convenir con los concesionarios del transporte público de carga y pasaje un programa de renovación, sustitución y equipamiento de las unidades que garantice que al término de la vigencia del presente programa (año 2000) el parque vehicular no tendrá una edad mayor a los 8 años. Asimismo, hacer lo necesario para la instalación de motores nuevos y/o equipos de control.
- Definir las características de motores de baja emisión a ser utilizados.
- Restringir la circulación de unidades del transporte público de pasajeros con más de 8 años de vida.

### **Meta**

Retirar de la circulación el 100% de los vehículos públicos de carga y pasaje con antigüedad superior a los 8 años, con lo que se estima reducir 34 ton/año de NOx, 264 ton/año de hidrocarburos y 1288 ton/año de monóxido de carbono.

### **Proyecto 4. Fomento al sistema de transporte institucional y de personal**

El desarrollo industrial en la ZMVT ha generado una gran cantidad de empleos directos e indirectos, propiciando la concentración poblacional con la consecuente y necesaria creación de escuelas, hospitales, hoteles, centros recreativos y comerciales, etc. Al no existir opciones de transporte hacia los centros de trabajo, se incrementan las necesidades del uso de vehículos particulares, y con ello, la emisión de contaminantes.

### **Objetivo**

Promover entre las instituciones públicas y privadas la creación y en su caso la optimización y crecimiento de los sistemas de transporte institucional y de personal.

### **Principales acciones:**

- Realizar un estudio para identificar empresas e instituciones que por su número de empleados y lugar de residencia de los mismos puedan crear o fortalecer programas de transporte de personal.
- Diseñar mecanismos de estímulos a la creación y fortalecimiento de sistemas de transporte de personal.

- Establecer los requisitos con los que deberán cumplir las unidades de transporte institucional y de personal.
- Concertar con las instituciones y empresas identificadas.

#### **Meta**

Disminuir el uso diario del automóvil privado, por el 30% del personal propietario de automóviles en cada empresa e institución incluida en el Programa.

#### **Proyecto 5. Uso de combustibles alternos en vehículos de uso intensivo**

Los vehículos de transporte público, de carga y pasaje, tienen un uso intensivo debido al número de viajes que realizan por día, por lo que consumen grandes volúmenes de combustible produciendo una gran cantidad de contaminantes a la atmósfera.

#### **Objetivo**

Promover la conversión de vehículos de uso intensivo a gas natural y/o energía eléctrica.

#### **Principales acciones:**

- Incluir en los ordenamientos que definen los procedimientos de verificación vehicular obligatoria aplicables en la ZMVT, la exención de este requisito a los vehículos que usen gas o energía eléctrica.
- Organizar una exposición internacional sobre el uso de energía eléctrica y gas natural en el transporte.
- Establecer mecanismos que garanticen el adecuado abastecimiento y suministro de gas natural a los usuarios.
- Concertar con las asociaciones de transportistas la conversión a gas natural de un porcentaje de las unidades mutuamente convenido con el gobierno del Estado.

#### **Meta**

Lograr al término de la vigencia del programa la conversión al consumo de gas natural del 5% de la flota vehicular de uso intensivo que circula en la ZMVT y que utiliza gasolina o diesel como combustible. Reducir 289 ton/año de NOx y 88 ton/año de hidrocarburos.

#### **Proyecto 6. Mejora de las condiciones de vialidad en zonas críticas**

Los problemas de vialidad que se presentan en la ZMVT son originados por diversos factores, tales como la falta de conciencia de los usuarios de las vialidades quienes incumplen las disposiciones establecidas en el Reglamento de Tránsito, la

construcción de un gran número de topes, muchos de ellos innecesarios, la falta de señalización vial adecuada, el mal funcionamiento y desincronización de los semáforos, etc., los cuales ocasionan conflictos viales en determinadas zonas de la ZMVT, con lo que se incrementan las emisiones de contaminantes.

### **Objetivo**

Reducir las emisiones contaminantes generadas por vehículos en circulación en zonas de congestión vehicular o de velocidad discontinua.

### **Principales acciones:**

- Detectar las zonas conflictivas en la ZMVT, así como sus causas.
- Impulsar acciones para mejorar el señalamiento vial, el funcionamiento y sincronía de los semáforos así como la actividad del personal de tránsito.
- Impedir el estacionamiento en doble fila.
- Reglamentar los horarios de carga y descarga de bienes y mercancías.
- Ordenar los paraderos del transporte público de pasajeros.
- Reubicar la Terminal de Autobuses de Toluca.
- Suprimir los topes que resulten innecesarios.
- Aplicar rigurosamente el reglamento de tránsito en los casos de vueltas prohibidas.
- Crear un grupo de auxilio vial cuya función primordial sea el apoyo a los vehículos descompuestos que obstruyan la circulación.
- Impulsar la creación de estacionamientos públicos.

### **Meta**

Incrementar en un 20% la velocidad promedio de circulación en la ZMVT.

## **Proyecto 7. Desarrollo de infraestructura vial**

El crecimiento de la ZMVT se ha realizado a una velocidad tan acelerada que en muchas ocasiones no ha permitido que se lleve a cabo una planeación cuidadosa de las vialidades, sobre todo de aquellas que comunican a los diferentes centros de población de los municipios que conforman la ZMVT y los que comunican con los grandes centros de trabajo. El desarrollo de una buena infraestructura vial que evite congestiones ayudará a la reducción de las emisiones a la atmósfera del sector transporte.

### **Objetivo**

Planeación y construcción de vías rápidas que permitan la comunicación entre los centros de población de los municipios que conforman la ZMVT con las zonas donde se ubica la mayor concentración de centros de trabajo.

**Principales acciones:**

- Realizar un estudio que permita la identificación de necesidades y el diseño del trazo de las vialidades señaladas como prioritarias.
- Elaborar el Proyecto Ejecutivo.
- Con base en los resultados del estudio gestionar ante las instancias correspondientes la asignación de los recursos necesarios para su construcción.
- Construcción de las vialidades identificadas como prioritarias.

**Meta**

Iniciar la construcción de la primera de las vías identificadas atendiendo a criterios de utilidad antes del término de la vigencia del presente programa.

**Proyecto 8. Eliminar el suministro de gasolina con plomo y proveer gasolinas con características similares a las establecidas en la NOM-086-ECOL-1994 para zonas metropolitanas**

El consumo de combustibles fósiles con alto contenido de plomo, es una práctica que está desapareciendo en algunas de las grandes ciudades de nuestro país; desafortunadamente en la ZMVT se expenden aún grandes volúmenes de gasolina con plomo, la cual deberá dejarse de surtir a la ZMVT para el año 2000. Lo cual tendrá como consecuencia la disminución de plomo en la atmósfera.

**Objetivo**

Disminuir el consumo de gasolina con alto contenido de plomo e incrementar el suministro de gasolina con bajo contenido de plomo.

**Principales acciones**

- Concertar con las autoridades competentes y concesionarios la supresión del expendio de gasolina NOVA en las estaciones de servicio de la ZMVT.
- Concertar con Pemex y concesionarios el incremento en la disponibilidad de gasolinas Pemex Magna y Premium.

**Meta**

Disminuir la concentración de plomo en la atmósfera de la ZMVT.

## ***Subprograma II. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por el Sector Industrial***

### **Proyecto 9. Observar el cumplimiento de la NOM-085-ECOL-1994 en los establecimientos industriales, comerciales y de servicio que generen contaminantes a la atmósfera**

Las actividades productivas que se realizan en la ZMVT y que al mismo tiempo han contribuido a su desarrollo económico, es decir, la industria, el comercio y los servicios, producen impactos ambientales al igual que cualquier otra actividad productiva, siendo uno de los más evidentes el de las emisiones a la atmósfera. Este tipo de fuentes contaminantes está regulada en materia ambiental por diferentes ordenamientos legales de carácter federal, estatal y municipal, por lo cual la vigilancia en el cumplimiento de la normatividad ambiental por parte de dichas fuentes requiere la instrumentación de esquemas de coordinación intergubernamental para evitar la duplicación de esfuerzos.

#### **Objetivo**

Instrumentar un esquema de vigilancia a fuentes estacionarias en forma coordinada entre los tres ordenes de gobierno.

#### **Principales acciones:**

- Identificar los principales giros y fuentes de emisiones que son competencia de cada uno de los ordenes de gobierno con base en la legislación vigente.
- Integrar y aplicar un programa de inspección y vigilancia por cada uno de los órdenes de gobierno.
- Establecer un mecanismo de coordinación e intercambio de información entre las autoridades ambientales de los diferentes órdenes de gobierno.
- Promover la instalación de equipos de control de emisiones a la atmósfera.
- Integrar un padrón de prestadores de servicios en materia de mediciones a la atmósfera, avalado por instituciones ambientales de los tres ordenes de gobierno.

#### **Meta**

Inspeccionar y en su caso sancionar a las empresas que no cumplan con la normatividad.

## **Proyecto 10. Control de emisiones fugitivas por almacenamiento y distribución de gas LP**

El uso generalizado de gas LP en tanques estacionarios de uso domiciliario, comercial y de servicios requiere la movilización de grandes volúmenes en vehículos especiales (pipas), los cuales durante su llenado y distribución a los usuarios produce emisiones fugitivas, por lo que resulta necesario un manejo adecuado para evitar emisiones por fugas durante su almacenamiento, distribución y suministro.

### **Objetivo**

Reducir los volúmenes de emisiones por el inadecuado manejo de gas LP en almacenamiento, distribución y suministro en uso doméstico y servicios.

### **Principales acciones:**

- En coordinación con PEMEX y los distribuidores de gas LP, desarrollar un estudio para evaluar y cuantificar las emisiones generadas en la distribución, suministro y almacenamiento.
- Elaborar una norma con base en los resultados obtenidos, tomando en cuenta los valores normados que aplican en la ZMVM.
- Solicitar a las empresas un programa para el cumplimiento de la normatividad oficial en la materia.
- Verificar el cumplimiento de lo establecido en los programas.

### **Meta**

Garantizar que al término del programa las emisiones fugitivas de gas LP se vean reducidas cuando menos en un 70%. Reducir 1,150 ton/año de hidrocarburos.

## **Proyecto 11. Autorregulación y auditoría ambiental**

Frente a la problemática ambiental que se vive actualmente, los industriales han ido adquiriendo cada vez una mayor conciencia sobre sus responsabilidades y obligaciones en el cuidado del ambiente que marca la normatividad vigente. Sin embargo, muchos de ellos aun desconocen las ventajas que implica el cumplimiento de las normas ambientales, los riesgos de ser sancionados por su incumplimiento, y por otro lado, las facilidades y ventajas competitivas que les confiere la autorregulación. El elevado número de industrias asentadas en la ZMVT y el reducido capital humano de los que disponen las autoridades ambientales de los tres órdenes de gobierno para realizar la inspección y vigilancia del cumplimiento de la normatividad por parte del sector industrial, requiere la cooperación de los últimos para la eficaz protección ambiental.

### **Objetivo**

Impulsar mediante la concertación con el sector industrial la adopción de esquemas de autorregulación y auditoría ambiental que deriven en un sistema de certificación de procesos y productos.

### **Principales acciones:**

- Identificar los giros de actividades industriales que son de prioridad para el Gobierno del Estado por sus emisiones a la atmósfera.
- Definir y aplicar un programa específico de autorregulación y auditorías ambientales en coordinación con el gobierno federal, en particular convenir con las asociaciones de industriales la reducción de emisiones de COV's.
- Definir y aplicar un procedimiento de verificación del cumplimiento de lo establecido en los planes de acción que se deriven de las auditorías ambientales.
- Establecer un sistema estatal de certificación.

### **Meta**

Incorporar a todos los giros industriales al proceso de auditoría ambiental y de actividades de autorregulación, promoviendo esta última entre las 36 industrias más contaminantes. Reducir 1,735 ton/año de NOx, 2,499 de hidrocarburos, 4,110 de bióxido de azufre y 1,042 de partículas.

### **Proyecto 12. Promoción del uso de combustibles menos contaminantes en la industria**

La falta de distribución y los costos de combustibles menos contaminantes, han propiciado que algunas industrias utilicen combustibles altamente contaminantes como aceites usados, residuos industriales, llantas, y en el mejor de los casos, diesel y combustóleo.

### **Objetivo**

Incrementar el consumo de combustibles de mejor calidad disminuyendo el uso de combustibles residuales.

### **Principales acciones:**

- Incrementar el abastecimiento de combustible líquido con bajo contenido de azufre, de características adecuadas a la ZMVT.
- Establecer convenios con la industria para el uso de combustibles menos contaminantes.
- Vigilar el cumplimiento y seguimiento de los convenios establecidos.
- Concretar el proyecto piloto para la ampliación de la red de suministro de gas natural en la ciudad de Toluca.

**Meta**

Lograr que el consumo de combustibles menos contaminantes se incremente en un 50%.

**Proyecto 13. Control de emisiones en ladrilleras y hornos de alfarería**

Las ladrilleras y los hornos de alfarería se encuentran en la misma situación descrita en el proyecto anterior, utilizando como combustibles aceites usados, llantas y todo tipo de residuos sólidos; además, en sus procesos de producción utilizan tecnologías obsoletas.

**Objetivo**

Promover el uso de combustibles adecuados en las tabiqueras y hornos de alfarería.

**Principales acciones:**

- Realizar el estudio de factibilidad técnica para la sustitución de los combustibles usados, por otros menos contaminantes en los procesos de fabricación de ladrillos y alfareros.
- Concertar acciones de tipo financiero y jurídico para la conversión tecnológica de los hornos ladrilleros y alfareros.
- Promover entre los fabricantes de ladrillos y productos de alfarería el cambio tecnológico de los hornos.
- Elaborar los criterios ambientales que regulen la actividad en esta materia.
- Vigilar el cumplimiento de la normatividad aplicable y los acuerdos establecidos en los convenios que se celebren.
- Instalar el Comité Estatal para la modernización tecnológica de la industria artesanal de producción de ladrillos y alfarería.

**Meta**

Eliminar la utilización de desechos y basura como combustibles en la totalidad de las ladrilleras y hornos de alfarería en los municipios de la ZMVT.

**Proyecto 14. Recuperación de vapores en estaciones de servicio**

Las operaciones que se realizan en la distribución y venta de gasolina a los usuarios en las estaciones de servicio generan emisiones del combustible por evaporación. Se estima que las emisiones de vapores en la ZMVT son del orden de 778 ton/año.

**Objetivo**

Reducir y controlar la contaminación atmosférica generada por emisiones evaporativas de gasolina y diesel en estaciones de servicio.



**Principales acciones:**

- Realizar el estudio de factibilidad técnica y financiera para la ejecución del programa en dos fases. La primera comprende la actividad de llenado de los tanques de almacenamiento; la segunda se aplica al suministro del combustible a los vehículos.
- Diseñar y concertar el programa con los dueños de estaciones de servicio, PEMEX y autoridades federales y estatales competentes.
- Definir la forma de financiamiento del programa así como los mecanismos de supervisión del cumplimiento del mismo.

**Meta**

Efectuar la instalación de sistemas de recuperación de vapores en las 36 estaciones de servicio de las cuales 6 ya cuentan con estos sistemas. Reducir 778 ton/año de hidrocarburos.

**Proyecto 15. Restauración de bancos de material**

La extracción de materiales pétreos como producto de la actividad minera repercute principalmente en el incremento de partículas suspendidas en la atmósfera, las cuales son movilizadas por arrastre eólico contribuyendo a aumentar los niveles de contaminación atmosférica en la ZMVT.

**Objetivo**

Regularizar y ordenar la actividad minera de jurisdicción estatal con el fin de disminuir la emisión de partículas por arrastre eólico.

**Principales acciones:**

- Elaborar, aprobar y aplicar los criterios para la selección, apertura, explotación y clausura de bancos de materiales.
- Supervisar el cumplimiento de los criterios establecidos.
- Revocar por incumplimiento las autorizaciones de explotación de bancos de material.
- Crear Comités Consultivos Regionales para la mejor explotación de los bancos de materiales.
- Promover la restauración de bancos de material.

**Meta**

Regularizar y ordenar la autorización de la totalidad de bancos de material que se localizan en los municipios que integran la ZMVT.



### **Subprograma III. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada en Fuentes No Convencionales**

#### **Proyecto 16. Control de emisiones por quema de residuos a cielo abierto**

La elevada producción de residuos sólidos y la falta de sitios controlados de disposición final ocasiona que para su eliminación estos desechos sean incinerados, produciendo grandes volúmenes de emisiones a la atmósfera.

##### **Objetivo**

Reducir las emisiones contaminantes por quema de residuos a cielo abierto.

##### **Principales Acciones:**

- Incorporar en los Bandos Municipales de Policía y Buen Gobierno y en los reglamentos municipales de Protección al Ambiente, la prohibición expresa de quema de residuos a cielo abierto.
- Vigilar el cumplimiento estricto de estas disposiciones y aplicar a los infractores las sanciones correspondientes.

##### **Meta**

Incorporar en la totalidad de los reglamentos municipales la prohibición expresa de quema de residuos a cielo abierto.

#### **Proyecto 17. Creación de áreas verdes en zonas urbanas**

El incremento en el número de construcciones habitacionales, industriales, comerciales, de servicios, y en general de toda infraestructura urbana, debida al crecimiento de la ZMVT y la falta de consideración de zonas de reserva para áreas verdes en los planes de desarrollo urbano, han traído como resultado una reducción en la superficie arbolada por habitante.

##### **Objetivo**

Incrementar la superficie de áreas verdes en la ZMVT y disminuir la emisión de partículas por arrastre eólico.

**Principales Acciones:**

- Atender las peticiones de la ciudadanía para la creación de áreas verdes en función de la disponibilidad de predios propiedad del estado o de los ayuntamientos y las prioridades de equipamiento detectadas.
- Identificar las zonas donde puedan crearse parques urbanos.
- Realizar las acciones pertinentes para la consecución de recursos necesarios para la construcción de los parques.

**Meta**

Incrementar en un 20% la disponibilidad de áreas verdes por habitante en la ZMVT.

**Proyecto 18. Pavimentación urbana**

La emisión de partículas provenientes de calles y avenidas sin pavimentar en la ZMVT se estima en 92 toneladas anuales. Este problema se debe en parte a la falta de presupuesto de las autoridades competentes para la realización de las obras de pavimentación.

**Objetivo**

Disminuir las emisiones de partículas por arrastre eólico.

**Principales Acciones:**

- Incrementar la cantidad de metros cuadrados de pavimentación considerados en los programas de obra de los municipios, otorgando prioridad a las vialidades en las zonas populares de la ZMVT.

**Meta**

Incrementar la pavimentación urbana en un 20% con respecto a los metros cuadrados pavimentados en 1996. Reducir la emisión anual de partículas en 92 toneladas.

**Proyecto 19. Control de incendios forestales**

Los incendios que se producen en las zonas arboladas y en pastizales son fenómenos de ocurrencia natural, sin embargo, el número de incidentes incrementa en muchas ocasiones por la falta de precaución de los visitantes de los parques y de los bosques, incluso algunos de ellos son provocados intencionalmente.

**Objetivo**

Disminuir las emisiones de monóxido de carbono y partículas generadas por incendios ocurridos en las zonas arboladas de la ZMVT.

**Principales Acciones:**

- Constituir en las zonas boscosas de la ZMVT y su zona de influencia, brigadas voluntarias de control de incendios.
- Capacitar y equipar a los miembros de las brigadas voluntarias.
- Fortalecer la capacidad de atención a siniestros por personal de bomberos, protección civil y PROBOSQUE.
- Difusión de la cultura de prevención de incendios forestales entre los usuarios del recurso.

**Meta**

Reducir la superficie deforestada a causa de incendio en un 30%.

**Proyecto 20. Reforestación de zonas urbanas y rurales**

La erosión de suelos deforestados es considerada como una de las principales causas de la contaminación por partículas suspendidas que se registra en la ZMVT. Se sabe que el aumento en la superficie deforestada se debe principalmente a la apertura de nuevas tierras destinadas a actividades agrícolas y ganaderas, principalmente en los municipios que rodean a la ZMVT.

**Objetivo**

Incrementar la masa forestal en las zonas urbanas y rurales de la ZMVT.

**Principales Acciones:**

- Incrementar los volúmenes de reforestación previstos en los programas que al efecto se encuentran vigentes.
- Buscar mecanismos de financiamiento para las zonas de reforestación en zonas rurales.
- Promover la participación ciudadana en las tareas de reforestación.
- Destinar recursos para la reforestación y recuperación de suelo erosionado.
- Formar comités de reforestación en áreas rurales.
- Garantizar en las áreas urbanas el riego y cuidado de las plantaciones.

**Meta**

Incrementar la meta anual de reforestación en 25% con respecto a lo sembrado en 1996 en la ZMVT. Se estima una reducción al año 2000 de 50,000 toneladas de partículas.

**Proyecto 21. Preservación de áreas naturales protegidas**

En los cinco municipios que conforman la ZMVT se ubican seis áreas naturales protegidas, las cuales abarcan una superficie de más de 159 mil hectáreas, sin

embargo, estas se localizan fuera de la zona urbana, por lo que puede afirmarse que la ZMVT presenta un déficit de reservas naturales.

### **Objetivo**

Incrementar la superficie de áreas naturales protegidas en la ZMVT y su zona de influencia y mejorar las condiciones de conservación de las ya existentes.

### **Principales Acciones:**

- Atender, cuando ello sea procedente, las peticiones de la ciudadanía y de los gobiernos estatal y municipales para la creación de nuevas áreas naturales protegidas.
- Elaborar los Planes de Manejo de las áreas naturales protegidas de la ZMVT.
- Involucrar a la ciudadanía y sus organizaciones en la administración y manejo de las áreas naturales protegidas.

### **Meta**

Incrementar en un 10% la superficie protegida de la ZMVT.

## **Proyecto 22. Regularización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales**

La falta de confinamientos controlados de residuos sólidos en las cercanías de la ZMVT que cumplan con las características que establece la normatividad, aunada a la necesidad de eliminar los desechos que se generan en la metrópoli, propicia que la disposición de tales materiales se realice en tiraderos a cielo abierto no controlados.

### **Objetivo**

Disminuir la emisión de partículas y propagación de patógenos por arrastre eólico.

### **Principales acciones:**

- Diseñar e instrumentar coordinadamente entre el gobierno del estado y municipios un programa para la regularización de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales para que estos cumplan con la normatividad vigente en la materia.
- Apoyar a los ayuntamientos en lo referente a asesoría y consecución de recursos para la habilitación de sitios controlados de disposición final de residuos sólidos municipales.
- Promover la reforestación alrededor de los sitios de disposición final de residuos sólidos con el propósito de formar barreras naturales a la dispersión por el viento.

- Establecer las regulaciones necesarias y vigilar su cumplimiento en materia de transporte de residuos sólidos municipales.
- Dar seguimiento al proyecto de creación de un relleno sanitario de carácter regional.
- Clausurar y en su caso regularizar los tiraderos clandestinos de residuos sólidos en la ZMVT.
- Incrementar el número de estaciones de transferencia.
- Clausurar los tiraderos municipales autorizados por los Ayuntamientos una vez que entre en operación el relleno sanitario regional.

### **Meta**

Ordenar ambientalmente la operación de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales y convertirlos en sitios controlados.

### **Proyecto 23. Manejo adecuado de los residuos generados por las macroplantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la ZMVT**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, por una parte ayudan a disminuir el problema de la contaminación de agua, pero por otra, contribuyen a la contaminación atmosférica debido a que uno de los productos de desecho que resultan del tratamiento de las aguas son los lodos activados, los cuales son depositados en grandes extensiones y al secarse contribuyen a elevar la contaminación por la producción de partículas suspendidas.

### **Objetivo**

Evitar la dispersión de partículas originadas por el apilamiento de lodos residuales.

### **Principales acciones:**

- Elaborar un diagnóstico de la problemática identificando los volúmenes acumulados, sus características físicas, químicas y biológicas y el impacto en la calidad del aire.
- Con base en el diagnóstico diseñar una estrategia para la estabilización, traslado y disposición final en sitios autorizados por la Secretaría de Ecología.
- Diseñar un procedimiento para recuperación y traslado rutinario de los lodos generados.
- Plantear esquemas de financiamiento.

### **Meta**

Trasladar y confinar el 100% de los lodos acumulados.





## ***Subprograma IV. Planeación Metropolitana e Instrumentos de Política Ambiental***

### **Proyecto 24. Actualización del marco jurídico normativo**

Las reformas a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicadas en el Diario Oficial de la Federación del 13 de diciembre de 1996, definen con mayor precisión la distribución de atribuciones entre los tres órdenes de gobierno en materia ambiental. Dichas modificaciones hacen necesaria la adecuación del marco normativo del Estado de México, en particular, por lo que corresponde al presente programa, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

#### **Objetivo**

Actualizar el marco jurídico normativo en congruencia con lo señalado en las reformas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

#### **Principales acciones:**

- Actualizar la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México mediante una consulta amplia a los diferentes sectores de la sociedad mexicana.
- Con base en las modificaciones que experimente la Ley de Protección al Ambiente del estado, actualizar los reglamentos correspondientes.
- Promover la actualización y en su caso la elaboración de los reglamentos municipales de protección al ambiente.
- Elaborar los criterios ambientales en materias de competencia del estado y los municipios.

#### **Meta**

Aplicar los instrumentos jurídicos y normativos actualizados con base en la LGEEPA, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

### **Proyecto 25. Diagnóstico ambiental**

La definición y aplicación de los diferentes proyectos contenidos en el presente programa hacen necesaria la elaboración de un diagnóstico sobre la problemática ambiental, específicamente en lo que concierne a la calidad del aire de los municipios que conforman la ZMVT y de aquéllos que se localizan en su zona de influencia.

### **Objetivo**

Conocer con la debida profundidad la problemática ambiental de la ZMVT y su área de influencia con el propósito de obtener la información necesaria para la definición y fundamentación de los instrumentos de planeación local y regional.

### **Principales acciones:**

- Definir los límites del área de influencia de la ZMVT.
- Integrar los diagnósticos ambientales de los municipios del área de influencia.
- Incorporar el diagnóstico ambiental regional al diagnóstico ambiental estatal.

### **Meta**

Elaborar un diagnóstico ambiental regional y siete diagnósticos ambientales municipales.

## **Proyecto 26. Actualización del inventario de emisiones**

La estimación de los volúmenes de emisiones producidos es esencial para la instrumentación de los proyectos, para determinar las estrategias a seguir y para fijar metas específicas de reducción.

### **Objetivo**

Actualizar el inventario de emisiones, que incluya la identificación, el tipo y volúmenes de contaminantes atmosféricos generados por los sectores industria, comercio y servicio, transporte, suelos y vegetación en la ZMVT.

### **Principales acciones:**

- Convenir con las instituciones de educación superior y centros de investigación el desarrollo del inventario de emisiones para erosión de suelo y vegetación.
- Convenir con Pemex y los distribuidores de gas la estimación de las emisiones generadas por pérdidas en el suministro, llenado y almacenamiento de gas LP en los servicios y uso domiciliario.
- Desarrollar el inventario para el sector industrial, transporte, servicios y fuentes naturales aplicando la nueva metodología desarrollada por el INE.
- Desarrollar proyectos de investigación para obtener factores de emisión sobre fuentes móviles y adecuar la normatividad.

### **Meta**

Estimar los volúmenes totales y por tipo de actividad de las emisiones a la atmósfera generadas en la ZMVT.

### **Proyecto 27. Ordenamiento ecológico de la ZMVT y su zona de influencia**

La falta de planeación en el desarrollo de las actividades productivas y del uso del suelo en la ZMVT y su área de influencia han contribuido a agudizar la problemática ambiental en la zona.

#### **Objetivo**

En un contexto de desarrollo teniendo como premisa la conservación de los recursos, sentar las bases para orientar las actividades productivas, el crecimiento del área urbana y las inversiones en la ZMVT.

#### **Principales acciones:**

- Elaborar los términos de referencia del proyecto de ordenamiento ecológico.
- Gestionar los recursos financieros necesarios para la contratación del estudio.
- Involucrar a las autoridades municipales y a la ciudadanía, así como a sus organizaciones, en el proceso de elaboración del ordenamiento ecológico.
- Establecer los mecanismos e instrumentos que garanticen la observancia de lo establecido en el ordenamiento ecológico y su vinculación con el proceso de planeación del desarrollo urbano y al procedimiento de autorización en materia de impacto y riesgo ambiental.

#### **Meta**

Elaborar el ordenamiento ecológico de la región en congruencia con el ordenamiento ecológico del territorio estatal.

### **Proyecto 28. Elaboración de los programas municipales de protección al ambiente**

Las administraciones municipales muestran un rezago en el desarrollo de políticas y programas de protección al ambiente, debido a la falta de presupuesto para la adquisición de los elementos necesarios para llevar a cabo una gestión ambiental a la altura de sus necesidades.

#### **Objetivo**

Dotar a los ayuntamientos de instrumentos de planeación para el fortalecimiento de la gestión ambiental municipal.

#### **Principales acciones:**

- Elaborar la guía para la integración de los programas municipales.
- Apoyar a los ayuntamientos para la elaboración de los programas municipales de protección al ambiente.

### **Meta**

Contar con los programas de protección al ambiente de los cinco ayuntamientos de la ZMVT.

### **Proyecto 29. Actualización del Plan Metropolitano de Toluca**

El desarrollo de políticas sectoriales en forma independiente y en ausencia de coordinación con el resto de las instancias involucradas en el proceso de crecimiento urbano, ha incidido en la toma de decisiones con óptica parcializada, sin tener en cuenta la componente ambiental.

### **Objetivo**

Contar con un instrumento jurídico vigente que oriente el futuro crecimiento urbano tomando en cuenta los factores ambientales de la ZMVT y que además establezca las estrategias y acciones para la conducción del desarrollo ambiental urbano de los asentamientos ya existentes.

### **Principales acciones:**

- Concertar convenios de participación de los diferentes niveles de gobierno involucrados.
- Revisar la estrategia general del ordenamiento ecológico y del desarrollo urbano.
- Actualizar los datos a 1997 del propio Plan.
- Identificar los instrumentos de regulación, control, fomento y coordinación que permitan llevar a cabo la estrategia, los programas y las acciones que se plantean para la ZMVT.

### **Meta**

Establecer un mecanismo coordinador entre los sectores de gobierno involucrados en el desarrollo urbano y la planeación ambiental para la revisión y actualización del Plan Metropolitano.

### **Proyecto 30. Creación de reservas territoriales**

El crecimiento del desarrollo económico que ha contribuido a la metropolización de los municipios que conforman la ZMVT, demanda una mayor disponibilidad de terrenos destinados a la construcción de viviendas.

### **Objetivo**

Tener una oferta de suelo urbano adecuada a las diferentes condiciones socioeconómicas de la población.

**Principales acciones:**

- Identificar los polígonos propiedad del gobierno de Estado y de los gobiernos municipales.
- Identificar a los propietarios de la tierra en el entorno de la ZMVT.
- Evaluar el potencial aprovechamiento de estos polígonos en el marco del Plan Metropolitano.
- Establecer mecanismos de transferencia, permuta o sucesión entre gobierno y particulares que agilicen la concreción de las reservas.

**Meta**

Orientar el crecimiento de la ZMVT determinando las reservas territoriales en las zonas ambientalmente aptas.

**Proyecto 31. Plan Maestro de Transporte Público**

El transporte público en la ZMVT no cubre al 100% las necesidades de los usuarios en lo que se refiere a calidad del servicio y a las rutas y destinos de los viajes.

**Objetivo**

Contar con un instrumento jurídico vigente, que dirija y coordine las acciones del sistema de transporte público de la ZMVT.

**Principales acciones:**

- Concertar convenios de participación de los diferentes niveles de gobierno y los organismos privados involucrados.
- Elaborar la estrategia general de transporte público.
- Analizar las rutas alternativas para la mejora de tiempos de recorrido y minimizar emisiones de contaminantes.
- Elaborar el padrón del parque vehicular del transporte público.
- Fomentar el uso de tecnologías alternativas dentro de las flotas vehiculares.

**Meta**

Hacer más eficiente y mejorar la calidad del transporte público en beneficio directo de la población usuaria y del medio ambiente.

**Proyecto 32. Creación del sistema permanente de evaluación epidemiológica**

Hasta la fecha no se cuenta con estudios y datos sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población de la ZMVT. La evaluación

de los daños ocasionados a la salud de la población son una herramienta indispensable para determinar medidas específicas que ayuden a prevenir y controlar los efectos de la contaminación, y al mismo tiempo, a determinar los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera, de acuerdo con las características climáticas, meteorológicas y de altitud de la ZMVT.

### **Objetivo**

Contar con información suficiente y confiable sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población de la ZMVT.

### **Principales acciones:**

- Concertar el programa con el Instituto de Salud del Estado de México y la Secretaría de Salud.
- Elaborar el protocolo de estudio donde participen las instituciones de salud del gobierno federal y estatal para la definición del carácter, objetivos y mecanismos de coordinación y funcionamiento del sistema.
- Diseñar una estrategia para la obtención de recursos destinados a la operación del sistema.
- Operar el sistema.
- Incorporar los resultados arrojados por el sistema a los instrumentos de planeación ambiental y al programa de contingencias.
- Difundir los resultados.

### **Meta**

Integrar el Sistema Permanente de Evaluación Epidemiológica y definir políticas estatales de salud pública tendientes a la prevención y atención de enfermedades de las vías respiratorias y otras provocadas por la contaminación atmosférica.

### **Proyecto 33. Monitoreo atmosférico**

En 1993 se puso en operación la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT (RAMA-T) con equipo actualizado hasta esa fecha, sin embargo, aunque se ha dado mantenimiento al equipo, éste no ha sido renovado ni actualizado. Tampoco se han realizado estudios para determinar si la ubicación de las estaciones es la más adecuada bajo las condiciones actuales de la ZMVT, de tal forma que se evalúen las condiciones reales de la calidad del aire.

### **Objetivo**

Aumentar la eficiencia de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de Toluca para ampliar y elevar la precisión de la información sobre calidad del aire.

**Principales acciones:**

- Realizar estudios que precisen la ubicación de nuevas estaciones remotas.
- Ampliar el número de estaciones remotas.
- Modernizar el centro de control de la RAMA-T.
- Dar mantenimiento constante y eficiente a la RAMA-T.
- Recopilar y procesar información de la RAMA-T.
- Elaborar informes diarios, mensuales y anuales de la RAMA-T.
- Difundir entre la comunidad los índices de calidad del aire.
- Integrar y operar un programa de trabajo para la unidad móvil de monitoreo .
- Utilizar los datos generados por la RAMA-T en la elaboración y actividades de los diferentes instrumentos de planeación ambiental y en el sistema permanente de evaluación epidemiológica.

**Meta**

Incrementar la utilidad social de la RAMA-T.

**Proyecto 34. Creación del grupo de trabajo para la coordinación, seguimiento y evaluación del Programa**

La actuación de las diferentes dependencias de la administración pública de los tres ordenes de gobierno y de los sectores privado y social en materia ambiental, hasta la fecha se ha llevado a cabo de manera aislada, por lo que es necesario coordinar los esfuerzos de los diferentes actores involucrados para obtener los resultados esperados en la prevención y control de la contaminación atmosférica.

**Objetivo**

Contribuir a la coordinación de los diferentes sectores que actúan en la ZMVT para el diseño operación y difusión de políticas y acciones ambientales.

**Principales acciones:**

- Elaborar, suscribir y aprobar el acuerdo de creación del grupo de trabajo.
- Nombrar a los responsables del funcionamiento del grupo de trabajo.
- Incluir en el presupuesto anual de 1998 los recursos necesarios para la operación del grupo de trabajo.
- Elaborar el programa de acción del grupo de trabajo.

**Meta**

Constituir el grupo de trabajo para la coordinación, seguimiento y evaluación del presente Programa y otros que se consideren convenientes.





## **Subprograma V. Participación Social**

### **Proyecto 35. Concertación con los sectores público y privado**

Actualmente es cada vez mayor la participación de la sociedad en la solución de la problemática ambiental a través de las llamadas organizaciones no gubernamentales (ONG), no sólo demandando a las autoridades el cumplimiento de sus responsabilidades, sino a través de una participación activa en proyectos específicos de acuerdo con sus propias posibilidades económicas, humanas y tecnológicas. Por otra parte, los industriales se muestran interesados en participar a través de las asociaciones y cámaras industriales, mediante la obtención de apoyos para la instalación de equipos anticontaminantes. Sin embargo, la participación de ambos sectores se realiza de manera aislada e independiente de las acciones que realiza la administración pública para la prevención y el control de la contaminación atmosférica y otras acciones para la protección ambiental en general.

#### **Objetivo**

Involucrar a los grupos ambientalistas, organizaciones sociales, cámaras, asociaciones y empresas del valle de Toluca en acciones coordinadas para proteger el medio ambiente y promover el uso de tecnologías limpias.

#### **Principales acciones:**

- Asesorar y apoyar técnica y financieramente en la medida de lo posible la acción de los grupos ambientalistas y organizaciones sociales en la realización de acciones dirigidas a la prevención y control de la contaminación ambiental.
- Concertar con las cámaras, asociaciones y empresas ubicadas en la ZMVT la realización de acciones tendientes a la instalación de equipos de control para la contaminación atmosférica, la reconversión de procesos de producción y la mejora de los procesos de combustión, así como la participación coordinada con la autoridad ambiental en el diseño y ejecución de proyectos orientados a la prevención y control de la contaminación ambiental.

#### **Meta**

Intensificar la participación de los sectores público y privado en el diseño y ejecución de acciones para la prevención y control de la contaminación atmosférica.

### **Proyecto 36. Educación y capacitación ambiental**

La efectiva aplicación de las medidas para prevenir y controlar la contaminación atmosférica en la ZMVT requiere de la actuación de una sociedad consciente de la problemática y de la importancia de las acciones que se instrumen-

tarán a través de este programa. La educación ambiental es una herramienta indispensable para lograr una mayor contribución de la sociedad, asimismo, la capacitación técnica del personal que labora en las dependencias ambientales del estado y de los municipios de la ZMVT es fundamental para lograr el éxito en la instrumentación de este y otros programas ambientales.

### **Objetivo**

Intensificar las acciones de capacitación y educación ambiental formal y no formal.

### **Principales acciones:**

- Difundir e instrumentar en la ZMVT el Programa Estatal de Educación Ambiental.
- Promover conjuntamente con la Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social la aplicación de las guías didácticas de Educación Ambiental en los municipios del Valle de Toluca.
- Organizar cursos, seminarios, conferencias, talleres, foros, concursos, exposiciones, etc., relacionados con la prevención y control de la contaminación atmosférica.
- Establecer convenios con el gobierno federal para el desarrollo de actividades relacionadas con la capacitación técnica del personal adscrito a las dependencias ambientales del estado y municipios de la ZMVT.
- Intercambiar información y experiencias educativas y técnicas a nivel nacional e internacional relacionadas con la calidad del aire.

### **Meta**

Fortalecer la conciencia ambiental de la población e incrementar las capacidades técnicas de las autoridades ambientales.

### **Proyecto 37. Fortalecimiento del Consejo Consultivo de Protección al Ambiente y de los Consejos Municipales de Protección al Ambiente**

En 1993 se constituyó el Consejo Consultivo de Protección al Ambiente del Estado de México. En sus estatutos de creación y operación se establece como una de sus principales funciones la realización de diversas actividades relacionadas con la protección al ambiente acorde con la política ambiental y el marco jurídico vigente; sin embargo, es necesario fortalecer el Consejo Consultivo Estatal y a los Consejos Municipales para lograr que su función sea más eficiente.

### **Objetivo**

Consolidar el papel consultivo y de fomento de las actividades para la protección del ambiente de las instancias de participación ciudadana previstas por la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México.

**Principales acciones:**

- Reestructurar el Consejo Consultivo de Protección al Ambiente.
- Diseñar una estrategia para la obtención de recursos financieros para el cumplimiento de las funciones del Consejo Consultivo.
- Actualizar los Consejos Municipales de Protección al Ambiente (CMPA).
- Apoyar la actividad de los CMPA para que su actividad sea más resolutive.
- Apoyar a los CMPA en la gestión de servicios y requerimientos relacionados con la prevención y control de la contaminación atmosférica.

**Meta**

Incrementar el número y calidad de las acciones realizadas por el Consejo Consultivo de Protección al Ambiente y por los CMPA.

**Proyecto 38. Atención a la denuncia ciudadana**

Actualmente, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México cuenta con un mecanismo efectivo de atención a la denuncia ciudadana, que es el teléfono ecológico "Ecotel", sin embargo, el número de demandas de la sociedad es cada vez mayor de tal forma que supera la capacidad instalada de la Secretaría. Por otra parte, por desconocimiento del público se reciben denuncias cuya atención y solución son de competencia federal o municipal, por lo que éstas deben canalizarse a las autoridades correspondientes. En el caso de los municipios, es necesario mejorar y fortalecer este servicio.

**Objetivo**

Mejorar la atención a la denuncia ciudadana.

**Principales acciones:**

- Instaurar y en su caso mejorar el servicio a la comunidad de la denuncia ambiental ciudadana en los municipios de la ZMVT.
- Establecer los mecanismos de canalización de denuncias a las dependencias del sector ambiental del orden de gobierno que corresponda de acuerdo al marco de atribuciones.
- Informar al denunciante sobre la resolución a la denuncia formulada.

**Meta**

Reducir los tiempos de respuesta y aumentar la eficiencia de atención a la denuncia ciudadana.

### **Proyecto 39. Celebración de convenios con instituciones de educación media superior, superior y centros de investigación**

Las instituciones de educación están incorporando programas de educación ambiental en sus planes de estudios y cada vez es mayor el número de investigaciones e investigadores que realizan trabajos en la rama de ecología y en asuntos ambientales, sin embargo, muchas de las investigaciones que se realizan están desvinculadas de la problemática ambiental y de las necesidades ecológicas de la ZMVT.

#### **Objetivo**

Promover la investigación básica y aplicada relacionada con la problemática de la contaminación atmosférica, así como el desarrollo de tecnologías ambientales.

#### **Principales acciones:**

- Promover la creación de licenciaturas, cursos de especialización y posgrados en el área ambiental con énfasis en la prevención y control de la contaminación atmosférica.
- Fortalecer y diversificar las funciones del Instituto de Estudios Ambientales del Estado de México.
- Ampliar la disponibilidad de recursos financieros, materiales y humanos para el cumplimiento de las funciones que se asignan al Instituto de Estudios Ambientales.
- Financiar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que realicen las instituciones educativas y de investigación y cuya temática pueda verse en torno al estado de la calidad del aire en la ZMVT.

#### **Meta**

Incrementar el número y calidad de los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico que se realizan en la entidad sobre la problemática de la prevención y control de la contaminación del aire.

### **Proyecto 40. Campaña permanente de comunicación social**

La participación de la sociedad, ya sea en forma organizada a través de las ONG's o de manera individual, puede llevarse a cabo de manera más efectiva si se mantiene informada a la sociedad a través de los medios masivos de comunicación y de la publicación y distribución de diversos materiales de divulgación

#### **Objetivo**

Difundir de manera permanente los avances en el cumplimiento del Programa así como elementos para la toma de conciencia y acción ciudadana en torno a la problemática de la contaminación atmosférica en la ZMVT.

**Principales acciones:**

- Instrumentación de un programa de comunicación a través de medios masivos locales (prensa, radio y T.V.) de manera permanente para informar, sugerir y persuadir a los diversos sectores de la sociedad, sobre acciones específicas que se puedan desarrollar de manera individual o colectiva para mejorar la calidad del aire en la ZMVT.
- Elaborar y difundir un boletín informativo del grupo de trabajo para informar a la sociedad sobre los avances del programa y enviarlo a los medios masivos de comunicación nacionales y locales.
- Editar y promover publicaciones de divulgación y educación ambiental en torno a la calidad del aire en la ZMVT.
- Crear un módulo de información a la ciudadanía sobre los aspectos técnicos, administrativos y operativos del Programa.
- Concertar con empresas privadas la instalación de pantallas luminosas que mantengan informada a la población sobre los índices de calidad del aire y mensajes ambientales diversos.

**Meta**

Incrementar el nivel de información de la ciudadanía en torno a los resultados de la aplicación del Programa.



## **Subprograma VI. Actividades de Apoyo**

### **Proyecto 41. Creación de un laboratorio ambiental en el estado**

La evaluación de los niveles de deterioro ambiental requiere de la realización de análisis químicos especializados para determinar los principales tipos de contaminantes presentes en la atmósfera y su cuantificación, así como del análisis de la eficiencia en los procesos de combustión. Hasta la fecha, en el Estado de México no se cuenta con un laboratorio ambiental ni con los equipos especializados para la realización de este tipo de análisis.

#### **Objetivo**

Dotar al gobierno del estado del equipamiento que le permita realizar pruebas y análisis ambientales orientados principalmente a la evaluación de emisiones a la atmósfera y a la calidad de los procesos de combustión.

#### **Principales acciones:**

- Elaborar el proyecto ejecutivo del laboratorio.
- Diseñar una estrategia para la obtención de los recursos necesarios para su construcción, operación y mantenimiento.
- Elaborar el programa de trabajo del laboratorio.
- Establecer convenios de colaboración con instituciones educativas y de investigación y con otras dependencias del estado para la operación del Laboratorio.
- Elaborar el esquema para el servicio externo del laboratorio.
- Lograr la certificación del laboratorio por las instituciones competentes.

#### **Meta**

Crear el Laboratorio de Análisis Ambientales del Estado de México y garantizar su óptimo funcionamiento.

### **Proyecto 42. Programa de contingencias ambientales**

Gracias al monitoreo de la calidad del aire en la zona metropolitana del Valle de Toluca que se realiza a través de la RAMA se ha podido detectar que los niveles de contaminación han rebasado las normas de calidad del aire tan sólo algunos días al año. Lo cual indica que las condiciones atmosféricas y de cali-

dad del aire en la zona metropolitana del Valle de Toluca no llegan a ser críticas; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que se registren eventos o episodios de altos niveles de contaminación, por lo que es necesario estar en posibilidades de dar respuesta en caso de que se presenten situaciones de emergencia que requieran tomar medidas de control más estrictas. En tal caso, se debe contar con un Programa de Contingencias Ambientales.

### **Objetivo**

Diseñar e instrumentar las acciones emergentes que en conjunto contribuyan a disminuir los valores alcanzados por el índice metropolitano de la calidad del aire y en virtud de los cuales se decreta la contingencia ambiental.

### **Principales acciones:**

- Con base en el inventario de emisiones y la información aportada por el Sistema Permanente de Evaluación Epidemiológica y la RAMA-T, definir los valores del IMECA a partir de los cuales se decretarán las fases de precontingencia y contingencia ambiental.
- Identificar el conjunto de acciones que formarán parte integral del Programa, así como las instituciones, organismos y dependencias involucradas en su ejecución.
- Concertar con las instituciones, organismos y dependencias involucradas, su participación activa en la operación del Programa.
- Diseño del Programa y presentación del mismo a la sociedad.

### **Meta**

Evitar los riesgos a la salud de la población por exposición a concentraciones elevadas de contaminantes en la atmósfera de la ZMVT.

### **Proyecto 43. Instrumentos de financiamiento del Programa**

La aplicación de algunos de los proyectos contenidos en este Programa y de otras medidas de protección al ambiente requiere apoyos financieros. El presupuesto asignado a la Secretaría de Ecología y a otras dependencias del Estado involucrados en el Programa es insuficiente para tales fines, por lo que es necesario contar con mecanismos de financiamiento alternativos para lograr los objetivos planteados.

### **Objetivo**

Obtener los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos y metas del Programa.



**Principales acciones:**

- Con base en lo establecido por la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México crear e instrumentar el Fondo de Recursos Financieros para promover la protección al ambiente.
- Gestionar con autoridades federales y PEMEX la creación de un Fideicomiso Ambiental de la ZMVT con el propósito de financiar los proyectos relacionados con la instalación de sistemas de recuperación de vapores en estaciones de servicio, vigilancia de emisiones en vehículos en circulación, modernización del transporte público y vigilancia de establecimientos que generan emisiones a la atmósfera.

**Meta**

Lograr el financiamiento de los proyectos que por su propia naturaleza, complejidad y costo elevado no puedan ser financiados con los recursos económicos asignados presupuestalmente a las dependencias del estado involucradas en el Programa.

**Proyecto 44. Sistema de financiamiento**

El cumplimiento de la normatividad por parte de empresarios e industriales, en algunos casos, requiere de la factibilidad en la obtención de créditos blandos para la reconversión tecnológica y la obtención de equipos anticontaminantes.

**Objetivo**

Estimular la incorporación de tecnologías para la prevención y control de la contaminación ambiental en la industria.

**Principales acciones:**

- Concertar con la banca nacional y regional la creación de instrumentos específicos para la obtención de créditos blandos que permitan a las empresas la adopción de esquemas tecnológicos de reducción significativa de emisiones a la atmósfera, con el fin de prevenir y controlar la contaminación a la misma.

**Meta**

Incrementar el ritmo de incorporación de nuevas tecnologías ambientales a los procesos productivos en la ZMVT.

**Proyecto 45. Mecanismos de apoyo y colaboración con la Comisión Ambiental Metropolitana del Valle de México**

La CAM-VM fue creada en 1992 y reformada en 1996, con el objeto de definir, coordinar y dar seguimiento, en forma concurrente, a las políticas, programas, proyectos y acciones en materia de protección al ambiente, y de preservación y

restauración del equilibrio ecológico en la Zona Metropolitana del Valle de México. Este organismo cuenta con un acervo de experiencias y de información muy valiosas, los cuales en un momento dado podrían ser de utilidad y ayudar a enriquecer el *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*.

**Objetivo**

Intercambiar opiniones e información que permitan mejorar el desempeño del grupo de trabajo que se crea exprofeso.

**Principales acciones:**

- Elaborar de manera conjunta los términos de la colaboración entre ambos grupos de trabajo.
- Elaborar y firmar el convenio de colaboración.
- Diseñar un programa de trabajo conjunto.

**Meta**

Incrementar la capacidad de gestión y coordinación del grupo de trabajo.

# INSTRUMENTACIÓN DEL PROGRAMA





## **7. INSTRUMENTACIÓN DEL PROGRAMA**

Con base en las atribuciones que le confiere el artículo 32 Bis de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México es la dependencia encargada de la formulación, ejecución y evaluación de la política estatal en materia ecológica. Asimismo, le corresponde a la Secretaría convenir con los Gobiernos Federal, de las Entidades Federativas y de los Ayuntamientos del Estado, así como con los particulares, la realización conjunta y coordinada de acciones de protección ambiental.

Con fundamento en lo anterior, la Secretaría de Ecología del Estado de México, en coordinación con el Instituto Nacional de Ecología, es el organismo encargado de la formulación e instrumentación del *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997 - 2000*, en común acuerdo con las demás dependencias de la administración pública estatal y federal involucradas, y con los sectores académico, social y privado que participan.

Los subprogramas y proyectos contenidos en el Programa se llevarán a cabo con la participación de las dependencias y organismos señalados en los cuadros resumen que se presentan a continuación. Cada proyecto se instrumentará en diferentes fases, de acuerdo con las necesidades identificadas y con los grados de avance que registran hasta la fecha. La primera fase consiste en la realización de los estudios necesarios para el diseño de las acciones específicas para cada proyecto; la segunda, incluye el diseño de estrategias particulares y la concertación con los actores involucrados; y la tercera fase es la instrumentación de las acciones en forma coordinada.

La Secretaría de Ecología del Estado de México realizará lo necesario para dar cumplimiento a las acciones contenidas en el Programa hasta el término de su vigencia, contando siempre con la participación y el apoyo de los actores involucrados, con el objetivo último de proteger el ambiente y cuidar la salud de la población de la ZMVT.

Las instituciones que participan en el *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*, son las siguientes:


SEGEM:	Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.
SGGEM:	Secretaría General de Gobierno del Estado de México.
SCTGEM:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México.
SFPPEM:	Secretaría de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado de México.

SDEGEM:	Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de México.
SEDAGRO:	Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México.
CGCS:	Coordinación General de Comunicación Social del Estado de México.
CCPAEM:	Consejo Consultivo de Protección al Ambiente del Estado de México.
SDUOP:	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas.
SECBS:	Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social.
ISEM:	Instituto de Salud del Estado de México.
Ayuntamientos:	Toluca, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco y Zinacantepec.
ONG:	Organizaciones No Gubernamentales.
CCEM:	Consejo Coordinador Empresarial Mexiquense.
SEMARNAP:	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
PROFEPA:	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
INE:	Instituto Nacional de Ecología.
SCT:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SHCP:	Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
SSA:	Secretaría de Salud.
SE:	Secretaría de Energía.
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.
SECOFI:	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
Inst. de Educ. Sup:	Instituciones de Educación Superior.

**SUBPROGRAMA I. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por el Sector Transporte.**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
1. Actualización del programa de verificación vehicular adoptando los límites estrictos establecidos en la NOM-041-ECOL-1997	SEGEM, SCTGEM, Inst. de Educ. Sup. ONG					NE	7.0	9,557	13,484	NA	134,190	1,198
2. Detención de vehículos ostensiblemente contaminantes	SCT SEGEM SGGEM SCTGEM SEMARNAP(PROFEPA) Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3. Modernización del transporte público	SEGEM SCTGEM SFPGEM SHCP					NE	197.0	34	264	NE	1288	NE
4. Fomento al sistema de transporte institucional y de personal	SEGEM SCTGEM CCEM					NE	NE	NE	NE	NA	NE	NE
5. Uso de combustibles alternos en vehículos de uso intensivo	SEGEM SCTGEM SDEGEM SEMARNAP (INE) SECOFI PEMEX SE					NE	2.9	289	88	NE	NE	NE
6. Mejora de las condiciones de vialidad en zonas críticas	SEGEM SCTGEM Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
7. Desarrollo de infraestructura vial	SEGEM SCTGEM SDUOP Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
8. Eliminar el suministro de gasolina con plomo y proveer gasolinas con características similares a las establecidas en la NOM-086-ECOL-1994 para zonas metropolitanas	SEGEM SDEGEM SEMARNAP (INE) PEMEX CCEM					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

 Estudio

 Diseño y concertación


 Instrumentación

NA No Aplica  
NE No Estimado

**SUBPROGRAMA II. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por el Sector Industrial**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
9. Observar el cumplimiento de la NOM-085-ECOL-1994 en los establecimientos industriales, comerciales y de servicio que generen contaminantes a la atmósfera	SEGEM SEMARNAP(PROFEPA) SEMARNAP Delegación Ayuntamientos CCEM					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
10. Control de emisiones fugitivas por almacenamiento y distribución de gas LP	SEGEM SDEGEM SECOFI CCEM					NE	NE	NA	1,150	NA	NA	NA
11. Autorregulación y auditoría ambiental	SEGEM SEMARNAP(PROFEPA) SEMARNAP Delegación CCEM Inst. de Educ. Sup.					1.0	141.0	1,735	2,499	4,110	NE	1,042
12. Promoción del uso de combustibles menos contaminantes en la industria	SEGEM SDEGEM SEMARNAP(INE) SEMARNAP(PROFEPA) PEMEX SE CCEM					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
13. Control de emisiones en ladrilleras y hornos de alfarería	SEGEM SDEGEM SFPGEM SEMARNAP(INE) CCEM					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
14. Recuperación de vapores en estaciones de servicio	SEGEM SDEGEM SEMARNAP(INE) PEMEX CCEM					NA	7.0	NA	778	NA	NA	NA
15. Restauración de bancos de material	SEGEM SDEGEM SDUOP Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación


NA No Aplica  
NE No Estimado



**SUBPROGRAMA III. Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por Fuentes No Convencionales**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
		16. Control de emisiones por quema de residuos a cielo abierto	SEGEM SEMARNAP(INE) Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE
17. Creación de áreas verdes en zonas urbanas	SEGEM SDUOP Ayuntamientos ONG					0.8	NE	NE	NE	NE	NE	92
18. Pavimentación urbana	SCTGEM SDUOP Ayuntamientos					400	NA	NA	NA	NA	NA	470
19. Control de incendios forestales	SEGEM SGGEM SEDAGRO SEMARNAP Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NA	NE	NE
20. Reforestación de zonas urbanas y rurales	SEGEM SEDAGRO SEMARNAP Ayuntamientos ONG					55.0	NA	NA	NA	NA	NA	50,000
21. Preservación de áreas naturales protegidas	SEGEM SEMARNAP(INE) Inst. de Educ. Sup. Ayuntamientos ONG					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22. Regularización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales	SEGEM SEDAGRO Ayuntamientos					NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA
23. Manejo adecuado de los residuos generados por las macroplantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la ZMVT	SEGEM SDUOP					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

 Estudio

 Diseño y concertación


 Instrumentación

NA No Aplica  
NE No Estimado

**SUBPROGRAMA IV. Planeación Metropolitana e Instrumentos de Política Ambiental**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
24. Actualización del marco jurídico normativo	SEGEM SGGEM SEMARNAP(PROFEPA) Ayuntamientos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
25. Diagnóstico ambiental.	SEGEM SEMARNAP Delegación Ayuntamientos					2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
26. Actualización del inventario de emisiones	SEGEM SDEGEM SEMARNAP (INE) SEMARNAP Delegación Ayuntamientos CEEM					4.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27. Ordenamiento ecológico de la ZMVT y su zona de influencia	SEGEM SEDAGRO SEMARNAP(INE) Ayuntamientos					1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
28. Elaboración de los programas municipales de protección al ambiente	SEGEM Ayuntamientos					3.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
29. Actualización del Plan Metropolitano de Toluca	SEGEM SDUOP SCTGEM Ayuntamientos					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
30. Creación de reservas territoriales	SEGEM SDUOP Ayuntamientos					0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
31. Plan Maestro de Transporte Público	SEGEM SGGEM SCTGEM Ayuntamientos					0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
32. Creación del sistema permanente de evaluación epidemiológica	SEGEM CGCS ISEM SSA					1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
33. Monitoreo atmosférico	SEGEM CGCS SEMARNAP(INE) Inst. de Educ. Sup.					3.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
34. Creación del grupo de trabajo para la coordinación, seguimiento y evaluación del Programa	SEGEM CCPAEM SEMARNAP(INE)					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

 Estudio

 Diseño y concertación


 Instrumentación

NA No Aplica  
NE No Estimado

**SUBPROGRAMA V. Participación Ciudadana**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
35. Concertación con los sectores público y privado	SEGEM Ayuntamientos CCEM Inst. de Educ. Sup. ONG					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
36. Educación y capacitación ambiental	SEGEM SECBS SEMARNAP SEMARNAP(INE) Ayuntamientos Inst. de Educ. Superior					0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
37. Fortalecimiento del Consejo Consultivo de Protección al Ambiente y de los Consejos Municipales de Protección al Ambiente	SEGEM SFPEM Ayuntamientos ONG					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
38. Atención a la denuncia ciudadana	SEGEM SEMARNAP(PROFEPA) Ayuntamientos					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
39. Celebración de convenios con instituciones de educación media superior, superior y centros de investigación	SEGEM SECBS SFPEM Inst. de Educ. Superior					2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
40. Campaña permanente de comunicación social	SEGEM CGCS Ayuntamientos					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

 Estudio

 Diseño y concertación


 Instrumentación

NA No Aplica  
NE No Estimado

**SUBPROGRAMA VI. Actividades de Apoyo**

Proyecto	Responsables	Avance y desarrollo				Inversión estimada (millones de pesos)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
		1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PARTÍCULAS
		41. Creación de un laboratorio ambiental en el estado	SEGEM SFPEM SEMARNAP(INE) Inst. de Educ. Sup. CCEM					5.0	NA	NA	NA	NA
42. Programa de contingencias ambientales	SEGEM SGGEM CGCS SECBS ISEM Ayuntamientos CCEM					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
43. Instrumentos de financiamiento del Programa	SEGEM SGGEM SDEGEM SFPEM SEMARNAP(INE) PEMEX SHCP CCEM					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
44. Sistema de financiamiento	SEGEM SGGEM SDEGEM SFPGEM SHCP Ayuntamientos CCEM					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
45. Mecanismos de apoyo y colaboración con la Comisión Ambiental Metropolitana del Valle de México	SEGEM SEMARNAP(INE)					NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación

NA No Aplica  
NE No Estimado

7. Instrumentación del Programa

**Resumen de costos y reducciones de emisiones**

Subpro- grama	Inversión Estimada (millones de pesos)		Reducciones (toneladas/año)				
	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	Partículas
I	NE	206.9	9,880	13,836	NE	135,478	1,198
II	1.0	148.0	1,735	4,427	4,110	NE	1,042
III	455.8	NE	NE	NE	NE	NE	50,562
IV	15.0	NE	NE	NE	NE	NE	NE
V	2.5	NE	NA	NA	NA	NA	NA
VI	5.0	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Total</b>	<b>479.3</b>	<b>354.9</b>	<b>11,615</b>	<b>18,263</b>	<b>4,110</b>	<b>135,478</b>	<b>52,802</b>
<b>% Reducción respecto al total</b>			<b>54.3</b>	<b>39.3</b>	<b>39.1</b>	<b>50.4</b>	<b>42.8</b>



# BIBLIOGRAFÍA





## **BIBLIOGRAFÍA**

Badillo J.F.; *Plomo*. En: Lilia A. Albert (Eds.), *Curso Básico de Toxicología Ambiental*, Ed. Limusa, México (1995): 105-119.

Bishop C.A.; *EJC Policy Statement on Air Pollution and Its Control*; Chemical Engineering Program, 53 (11): 146, USA (1957).

Clermont M. Luganière G.; *Estudio de Prefactibilidad de la Gestión de Residuos Peligrosos en los Corredores Industriales Toluca- Lerma y Ocoyoacac-Tianguistenco (3 tomos)*; Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (Le Consortium SM-Dynamis Envirotec), Gobierno del Estado de México; (1992).

Comisión Ambiental Metropolitana; *¿Dónde Causa Daño?*; Respuesta a preguntas sobre contaminación y salud, folleto informativo; 1996.

Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma, Gobierno del Estado de México; *Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma (tomo 1)*; (1993).

Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, Secretaría de Transporte y Vialidad, Secretaría de Comunicaciones y Transportes Gobierno del Estado de México; Documentos sobre: *Directivas y Metas de los Grupos de Trabajo*; (1996-1997).

Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca y Secretaría de Salud. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*. COMISA, México. (1996).

Diario Oficial de la Federación; *NOM-020-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-021-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-022-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-023-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-024-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-025-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-026-SSA1-1993*; 23 de diciembre de 1994.

Diario Oficial de la Federación; *NOM-086-ECOL-1994*; 2 de diciembre de 1994.

Ember L.R.; *Global Environmental Problems: Today and Tomorrow*; Environmental Science and Technology; 12 (8): 874 (1978).

Environmental Protection Agency; *Compilation of Air Pollutant Emission Factors Vol. 1: stationary Point and Area Sources*; 5ª Edición; US (1995)

Fernández B. A., Ashmore M.R. Merrit J.Q.; *A Survey of Street Sellers exposure to Carbon Monoxide in Mexico City*; Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology ; 3, 1: 23-35,

Fernández B. A., Commuters' Exposure to Carbon Monoxide in the Metropolitan Area of Mexico City: *Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, (1993)*.

Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud; *Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001*; SEMARNAP, México, (1997).

Gobierno del Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía; *Atlas del Estado de México*; (1992).

Gobierno del Estado de México, *Directorio de Empresas Manufactureras del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Económico, Dirección General de Industria, Minas y Artesanías, (2 tomos); (1994)*.

- *Ley de Protección al Ambiente del Estado de México (1991)*.
- *Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1999. COLOR, México.(1996)*.
- *Reglamento de la Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (1991)*.

Gong HJr. *Effects of Ozone on Exercise Performance*, Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, Marzo 1987.

Bibliografía

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. Gobierno del Estado de México; *Anuario Estadístico del Estado de México*; (1996).

- *Estado de México, Censo de Población y Vivienda, Resultados Definitivos, Tabulados Básicos (2 tomos)*; (1996).
- *Guías para la Interpretación de Cartografía, 3 volúmenes, climatología, geología e hidrología*; 2a reimpresión (1990).
- *Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de México. 1 reimpresión. México (1987)*.

Nehis G. and Akland G. Procedures for Handling Aerometric Data. Environmental Protection Agency. Journal of Air Pollution Control Association. USA (1973).

Peavy H.S., Rowe D. R., Tchobanoglous G.; *Environmental Engineering*; Mc Graw Hill Co. Singapore (1986).

Poder Ejecutivo del Estado. *Plan de Desarrollo del Estado de México 1993-1999*. Gaceta de Gobierno No. 121 Tomo CLVI. 22 de diciembre 1993, Toluca México.

- Plan Regional Metropolitano de Toluca. *Gaceta de Gobierno No. 52 Tomo CLV. 18 de marzo 1993, Toluca México*.

Poder Ejecutivo Federal. *Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000*

- Programa de Medio Ambiente 1995-2000. *Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Talleres Gráficos de México. México (1996)*.

Romieu I. et al; *Air Pollution and School absenteeism Among Children in Mexico City*; American Journal of Epidemiology; 136: 1524-1531; 1992.

Saltzman, E. *Simplified methods for Statistical Interpretation of Monitoring Data*. Journal of the Air Pollution Control Association, USA (1973).

Sawyer CnN., Mc Carty P.L.; *Chemistry for Environmental Engineering*; 4a Ed. Mc Graw Hill, 1984.

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*; 1996.

- *Instituto Nacional de Ecología; Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, Propuesta Ejecutiva Nacional*; marzo 1997.

- Western Governors Association; *Mexico Emissions Inventory Program Manuals; Vol III, Basic Emission Estimating Techniques*, Radian International; Sacramento, Cal. EU (1996).
- Western Governors Association; *Mexico Emissions Inventory Program Manuals; Vol IV, Point Source Inventory Development*, Radian International; Sacramento, Cal. EU (1996).
- Western Governors Association; *Mexico Emissions Inventory Program Manuals; Vol V, Area Sources, Inventory Development*, Radian International; Sacramento, Cal. EU (1996).

Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. *Normales Climatológicas 1951-1980*.

Staff Subcommittee on Air and Water Pollution; *Air Quality Criteria*, Air and Water Pollution Committee on Public Works; US Senate; 94-411 (jul. 1968)

Suess, M.J. y Craxford, S.R. *Manual de calidad del Aire*. Organización Panamericana de la Salud. México (1980).

Strauss, W.; S.J. Mainwaring; *Contaminación del Aire: Causas, Efectos y Soluciones* (Traducción al castellano por S.J. Mendoza), Ed. Trillas, México, (1990).

World Health Organization. *Analysing and Interpreting Air Monitoring Data*. World Health Organization. Geneva, Italy (1980).

53ª Legislatura; *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México*; Poder Legislativo del Estado de México; (1997).

# GLOSARIO DE TÉRMINOS



## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

*Aerosol*: Suspensión en el aire de partículas cuyo diámetro es inferior a 0.003 mm. Producto que se aplica por aspersión.

*Aforo*: Conteo del número y tipo de vehículos que transitan en un punto y tiempo determinado.

*Alcanos*: Hidrocarburos saturados formados exclusivamente por carbono e hidrógeno.

*Alquenos*: Compuestos orgánicos insaturados con uno o más enlaces dobles.

*Alquinos*: Compuestos orgánicos insaturados con uno o más enlaces triples.

*Antropogénico*: Que se origina a causa de las actividades desarrolladas por el hombre.

*Área metropolitana*: La extensión territorial en la que se encuentra la unidad político-administrativa de la ciudad central y las localidades contiguas, que presentan características urbanas tales como sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a labores no agrícolas y que mantienen una relación socioeconómica directa y constante con la ciudad central.

*Atmósfera*: Capa de aire que circunda la tierra, se extiende alrededor de 100 Km por encima de la superficie terrestre.

*Autorregulación*: Medidas voluntarias encaminadas a un mejor desempeño ambiental de la industria y caracterizadas por el deseo de cada empresa de cumplir con metas más estrictas que las marcadas en las normas.

*Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)*: Contaminante producido durante el proceso de combustión de los combustibles con contenido de azufre. Las emisiones de este contaminante provienen principalmente de la industria

*Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*: Gas inorgánico, incoloro, sin sabor ni olor, se produce como producto de la respiración o por la quema de productos fósiles.

*Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)*: Contaminante generado cuando el nitrógeno contenido en los combustibles y en el aire es oxidado en un proceso de combustión.

*Butano*: Hidrocarburo saturado gaseoso, compuesto de 4 átomos de carbono y 10 de hidrógeno, es uno de los componentes del gas licuado de petróleo (LP).

*Caldera:* Equipo industrial sujeto a presión que se utiliza para generar vapor.

*Calidad del aire:* Condición de los parámetros del aire ambiente.

*Carcinogénico:* Agente físico, químico o biológico que puede actuar sobre un tejido causándole daño.

*Clima:* Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado atmosférico en una región. Lo constituyen la temperatura, el régimen de lluvias, el régimen estacional y otros factores como los vientos dominantes, la humedad relativa, la insolación, la presión atmosférica y la nubosidad.

*Clorofluorocarbonos:* Gases usados como propelentes de los aerosoles que una vez liberados pueden llegar hasta la estratósfera y en ella el cloro que contienen reacciona con el ozono reduciendo el volumen de la capa protectora de este último.

*Combustibles fósiles:* Carbón mineral, petróleo y gas, así llamados por ser productos derivados de los restos de plantas y animales que vivieron en épocas remotas.

*Combustibles limpios:* Todos aquellos que originan emisiones de contaminantes muy pequeñas.

*Concentración:* Cantidad relativa de una sustancia en una masa o volumen específico de un medio.

*Contaminación:* Presencia de materia o energía cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos ambientales indeseables. Alteración hecha o inducida por el hombre a la integridad física, biológica, química y radiológica del medio ambiente.

*Contaminante:* Sustancia o forma de energía o radiación que al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente, modifica su composición o afecta a la salud. En el caso del aire es una sustancia que, en alta concentración, puede causar daño al hombre, a los animales, vegetales o a los materiales. Puede incluir casi cualquier compuesto susceptible de ser transportado por el aire en forma de partículas sólidas, gotas líquidas, gases o sus combinaciones. Se clasifican en primarios, secundarios y terciarios.

*Control de emisiones:* Conjunto de medidas aplicadas a la reducción de las emisiones de contaminantes al aire.

*Convertidor catalítico:* Dispositivo para abatir la contaminación del aire que remueve contaminantes de los gases de escape de los automóviles.



*Criterios de salud ambiental:* Resúmenes críticos del conocimiento existente expresado en términos cuantitativos, sobre efectos identificables inmediatos y a largo plazo en la salud y el bienestar humano, que pueden esperarse por la presencia de sustancias en el aire, el agua, el suelo, los alimentos, etc.

*Destilación:* Separación de una mezcla utilizando los diferentes puntos de ebullición de sus componentes.

*Ecosistema:* Unidad funcional básica de interacción de los organismos entre sí y de estos con el ambiente en un espacio determinado.

*Emisión:* Descarga a la atmósfera de contaminantes.

*Erosión:* Remoción de las capas del suelo por acción de la lluvia y el viento.

*Estaciones de servicio:* Establecimientos donde se expenden gasolinas, diesel y aceites.

*Estomas:* Estructuras de las hojas de las plantas que sirven para el intercambio de gases y sustancias líquidas.

*Estructura urbana:* Conjunto de obras que constituyen los soportes del funcionamiento de las ciudades como son la vialidad, el agua potable, el alcantarillado, la energía eléctrica, el gas, el teléfono, etc.

*Factor de emisión:* Relación entre la cantidad de contaminación producida y la cantidad de materias primas procesadas o la energía consumida en un proceso.

*Fotoquímicos:* Contaminantes que se producen por la reacción de dos o más compuestos en presencia de luz solar.

*Fotoreactividad:* Característica de algunos contaminantes que consiste en su reacción en presencia de luz solar.

*Fracción respirable:* Partículas menores a 10 micras (0.01 mm) que pueden introducirse al interior de los pulmones.

*Freón:* Gases utilizados en refrigeración que al liberarse a la atmósfera reaccionan con el ozono de la estratósfera reduciendo el volumen de la capa protectora de ozono.

*Fuente fija:* Es el punto fijo de emisión de contaminantes en grandes cantidades, son por lo general industrias.

*Fuente móvil:* Cualquier máquina o aparato emisor de contaminantes a la atmósfera, agua, o suelo y que no tiene un lugar fijo.

*Gestión ambiental:* Proceso administrativo mediante la fijación de metas, la planificación, y la aplicación de mecanismos jurídicos para prevenir y corregir el deterioro ambiental.

*Hidrocarburo (HC):* Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno en combinaciones variadas.

*Hidrocarburos alifáticos:* Hidrocarburos de cadena abierta como las grasas.

*Hidrocarburos aromáticos:* Compuestos derivados del benceno, el cual es un anillo cerrado de 6 carbonos con tres dobles ligaduras.

*Hidrólisis:* Fenómeno en el que se libera agua a partir de la ruptura de moléculas.

*IMECA:* Índice Metropolitano de la Calidad del Aire. Unidad adimensional que permite comparar las magnitudes de los diversos contaminantes en una escala homogénea que va de cero a 500, el nivel 100 puntos corresponde al valor de la norma oficial mexicana establecida para cada uno de los contaminantes.

*Ingeniería de tránsito:* actividades de planeación de vialidades urbanas, semaforización y señalamientos, entre otras, encaminadas a obtener el funcionamiento de la estructura vial de una ciudad.

*Inventario de emisiones:* Es un listado por fuente, de la cantidad de contaminantes del aire descargados a la atmósfera de una comunidad, se utiliza para establecer estándares de emisión. Es la columna vertebral de un programa de mejoramiento de la calidad del aire.

*Inversión térmica:* Condición atmosférica natural en la cual una capa de aire frío es atrapada bajo una capa de aire caliente, de tal manera que impide el movimiento natural de convección del aire. Esto hace que los contaminantes sean difundidos horizontalmente en lugar de serlo verticalmente, aumentando su concentración en la superficie.

*Metabolismo:* Obtención de energía y formación de estructuras celulares a través de la degradación de los alimentos.

*Metano (CH<sub>4</sub>):* Hidrocarburo gaseoso, principal componente del gas natural. Es producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

*Meteorología:* Estudio de los fenómenos que se producen en la atmósfera.

*Monitoreo:* Medición periódica para determinar los niveles de contaminación en varios medios.

*Monóxido de carbono (CO):* Gas venenoso, incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta de combustibles fósiles.

*Niebla:* Nube en contacto con el suelo. En la región se forman por diferentes procesos. En invierno por irradiación; es decir, por el enfrentamiento de las capas cercanas a la superficie terrestre y su consecuente condensación. En el verano por el desplazamiento de núcleos nubosos del Golfo de México.

*Norma:* Dato numérico adoptado para utilizarse como marco de referencia, con el cual se comparan las mediciones ambientales con el propósito de interpretarlas.

*Ordenamiento ecológico:* Proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional.

*Oxidantes:* Compuesto que acepta electrones y aumenta el número de valencia de otro al reaccionar con él.

*Oxidantes fotoquímicos:* Contaminantes formados por la acción de la luz solar sobre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos reactivos en el aire.

*Ozono:* Oxidante fotoquímico que se produce por la reacción entre hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y la intensidad de la radiación solar. En Toluca su formación es acentuada por los altos índices de radiación solar.

*Parámetro:* Cantidad medida o ponderada sobre un indicador ambiental.

*Partículas:* Contaminante generado por los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manipulación de materiales pulverizados; está constituido por cenizas, humos, polvos, metales, etc. Su principal fuente emisora es la industria que cuenta con calderas, hornos, incineradores, etc., al igual que los vehículos automotores que utilizan diesel. Como fuentes naturales se encuentran las áreas erosionadas, áreas sin pavimentación, emisiones volcánicas, etc. Las partículas en el aire se pueden medir como PST o PM10.

*Presión de vapor:* Característica de los compuestos químicos que en fase de vapor ejerce una presión sobre el medio que lo rodea con tendencia a volatilizarse.

*Sinergismo:* Efecto de dos o más agentes químicos que es mucho mayor que el efecto producido por la suma de los efectos individuales.

*Sistemas Extratropicales:* Fenómenos meteorológicos generados en latitudes altas y que se relacionan normalmente con temperaturas elevadas y vientos fuertes. Los sistemas extratropicales característicos son frentes fríos, masas de aire polar, corrientes de chorro, etc. Asimismo, en la temporada invernal son característicos los sistemas anticiclónicos, los cuales después del paso de un sistema de aire frío se colocan sobre el país; son sistemas atmosféricos cuyo núcleo presenta presión alta y vientos débiles girando en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Este tipo de sistemas provocan una mala dispersión de contaminantes, en la zona de influencia de éstos.

*Sistemas Tropicales:* Fenómenos meteorológicos originado en la zona intertropical de convergencia (zona donde los vientos del hemisferio norte y sur confluyen) los cuales son formados por diferentes condiciones atmosféricas (vientos, masas de aire, temperatura, etc.), que se manifiestan como huracanes, tormentas, depresiones, perturbaciones u ondas tropicales. Normalmente, cuando estos sistemas se aproximan al país, provocan condiciones favorables para la dispersión de contaminantes.

*Smog:* Contaminante generado por los gases de escape de los autos y de las chimeneas de las fábricas, es sinónimo de contaminación del aire y se deriva de las palabras inglesas smoke (humo) y fog (niebla).

*Sublimación:* Paso directo de una sustancia a partir del estado sólido al estado gaseoso.

*Sustentable:* Toma de decisiones ambientalmente racionales y continuas, que ayudan a la continuidad del proceso de desarrollo económico y social en beneficio de generaciones futuras.

*RAMA-T:* Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de Toluca.

*Terpenos:* Hidrocarburos producidos por las hojas de los pinos, son los causantes de la neblina azulosa de los bosques y debido a ellos los montes se ven azules.

*Urbanización:* Dotación de servicios básicos a una comunidad.

*Uso de suelo:* Propósito específico que se da a la ocupación o empleo de un terreno.

*ZMVT:* Zona Metropolitana del Valle de Toluca, integrada por los municipios de Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec, en el Estado de México.

## NOTAS

## NOTAS

## NOTAS

*AIRE LIMPIO: PROGRAMA PARA EL VALLE DE TOLUCA 1997-2000*  
Se terminó de imprimir en

el 10 de junio de 1997

Participaron en la elaboración de este trabajo  
la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México,  
la Delegación de la SEMARNAP en el Estado de México  
y el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP

La edición corrió a cargo  
de la  
Dirección General de Planeación Ambiental  
de la Secretaría de Ecología del Gobierno  
del Estado de México  
y de la  
Dirección General de Gestión e Información Ambiental  
del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP

El tiraje fue de 2,000 ejemplares