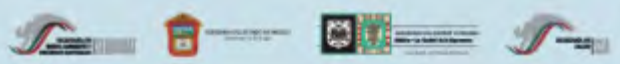
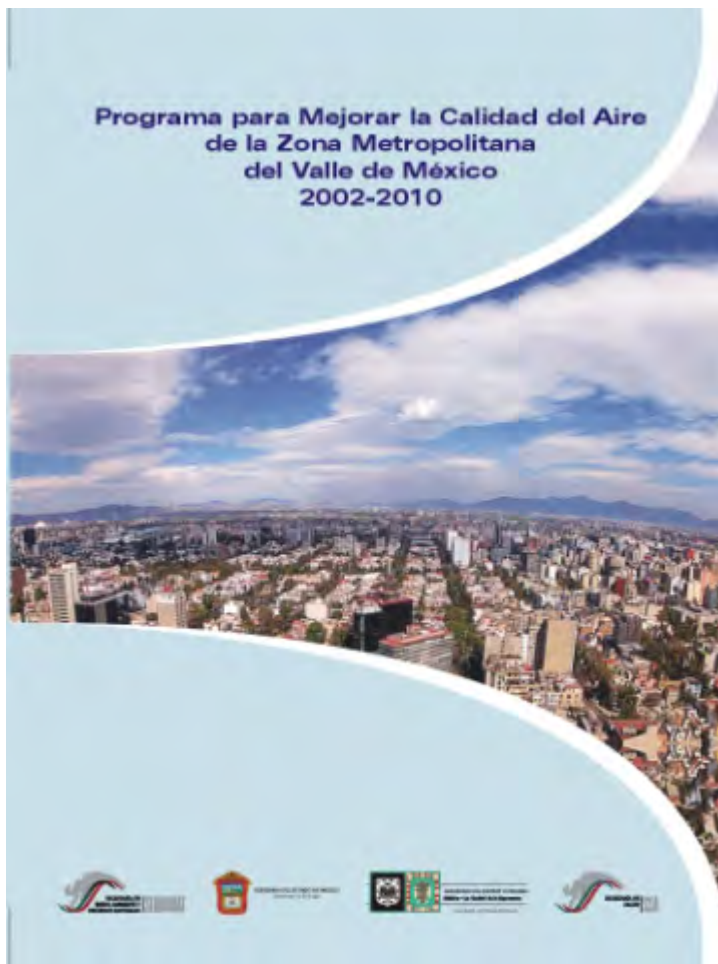


**Programa para Mejorar la Calidad del Aire  
de la Zona Metropolitana  
del Valle de México  
2002-2010**



**Lic. Arturo Montiel Rojas**

Gobernador Constitucional del Gobierno del Estado de México

**Lic. Andrés Manuel López Obrador**

Jefe de Gobierno del Distrito Federal

**Lic. Víctor Lichtinger Waisman**

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**Dr. Julio Frenk Mora**

Secretario de Salud

**Secretaría de Ecología  
Gobierno del Estado de  
México**

Parque de Orizaba 7, PH,  
Col. Del Parque,  
Naucalpan Estado de  
México, 53390  
5576 73 10  
5576 77 07

**Secretaría de Medio  
Ambiente  
Gobierno del Distrito  
Federal**

Plaza de la Constitución 1,  
piso 3  
Centro Histórico 06000,  
Delegación Cuauhtémoc,  
México D.F.  
5510 36 63  
5521 35 28

**Secretaría de Medio  
Ambiente y Recursos  
Naturales**

Periférico Sur 4209, piso  
6, Col. Jardines en la  
Montaña 14210  
Delegación Tlalpan,  
México D.F.  
5628 06 02  
5628 06 03

**Secretaría de Salud**

Lieja 7, piso 1,  
Col. Juárez, Delegación  
Cuauhtémoc 06696,  
México D.F.  
5553 69 67  
5553 13 53

## COORDINACIÓN

### **Gobierno del Estado de México**

Lic. Martha Hilda González Calderón  
Secretaría de Ecología

Lic. Luis César Fajardo de la Mora  
Director General de Prevención y Control de la  
Contaminación Atmosférica de la Secretaría de Ecología

### **Gobierno del Distrito Federal**

Dra. Claudia Sheinbaum Pardo  
Secretaría de Medio Ambiente

Dr. Victor Hugo Páramo Figueroa  
Director General de Gestión Ambiental del Aire  
de la Secretaría de Medio Ambiente

### **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

Biól. Raúl Enrique Arriaga Becerra  
Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental

Dr. Exequiel Ezcurra Real de Azua  
Presidente del Instituto Nacional de Ecología

Dr. Jorge Bolaños-Cacho Ruíz  
Director General de Manejo Integral de Contaminantes

Dr. Adrián Fernández Bremauntz  
Director General de Investigación sobre la Contaminación Urbana,  
Regional y Global

### **Secretaría de Salud**

Lic. Ernesto Enríquez Rubio  
Comisionado Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

Dr. Carlos Santos Burgoa Zarnecki  
Director General de Salud Ambiental

### **Comisión Ambiental Metropolitana**

Dr. Adolfo Mejía Ponce de León  
Secretario Técnico

Lic. César Reyna de la Madrid  
Secretario Técnico Suplente

## INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Aguilar Gómez Andrés  
Alfonso Soler Alfredo  
Borja Aburto Víctor Hugo  
Calva Cruz Gloria Julissa  
Cebrián Gómez Adrenalina  
Contreras Franco Jesús  
Cruz Arcos Cuitláhuac  
Chapa Magdaleno Laura  
De la Luz González Guadalupe  
Delgadillo Ramírez Joel  
Escamilla Báez Pablo  
Flores Román Miguel Ángel  
Gálvez Hernández César  
García Gutiérrez Alfonso  
Hernández Ortega Francisco  
Hernández Villaseñor Sergio Zirath  
Iniestra Gómez Rodolfo  
Jiménez Oliveros Rogelio  
Landa Fonseca Hugo  
Martínez Salgado Hilda  
Martínez Verde Roberto  
Meza Hernández María  
Montes González Mariano  
Muñoz Capetillo Alma Delia  
Muñoz Cruz Roberto  
Neydar Vázquez Silvia  
Perrusquía Máximo Rodrigo  
Ramos Villegas Rafael  
Reyes Martínez Ma. del Rocío  
Rodríguez Cabrera Lucero  
Rodríguez Rivera Sául  
Rojas Bracho Leonora  
Rojas López Magdalena  
Ruíz Ramírez Ma. Cristina  
Sánchez Martínez Sergio  
Sarmiento Rentería Jorge  
Torres Meza Víctor Manuel  
Villafaña Esquivel Leopoldo Fernando  
Zavaleta Mondragón Gabriel

Se agradece en especial a los técnicos e investigadores de las diversas instancias de los sectores social, privado, académico, legislativo y gubernamental que participaron en los grupos de trabajo, aportando su conocimiento y experiencia para la formulación de este Programa.

# CONTENIDO

## ***Presentación***

### ***CAPÍTULO 1. Antecedentes***

- 1.1 Mejoramiento de la calidad del aire durante los 90´s
- 1.2 Establecimiento de una ruta crítica para la formulación del PROAIRE 2002-2010
- 1.3 El proceso de integración del PROAIRE 2002-2010

### ***CAPÍTULO 2. La Zona Metropolitana del Valle de México***

- 2.1 La Zona Metropolitana del Valle de México y su entorno
  - 2.1.1 El crecimiento de la población de la ZMVM
  - 2.1.2 Expansión de la ZMVM
  - 2.1.3 La megalópolis
  - 2.1.4 Dinámica del desarrollo urbano
- 2.2 Dinámica del desarrollo económico
- 2.3 La movilidad urbana
  - 2.3.1 El ciclo económico del transporte urbano
  - 2.3.2 Proyección de la demanda de viajes
  - 2.3.3 Evolución del sistema modal de transporte
- 2.4 Uso de energía

### ***CAPÍTULO 3. Los indicadores de la calidad del aire***

- 3.1 Introducción
- 3.2 Partículas suspendidas
  - 3.2.1 Partículas menores a 10 micrómetros
  - 3.2.2 Partículas suspendidas totales
- 3.3 Ozono
- 3.4 Bióxido de nitrógeno
- 3.5 Hidrocarburos
- 3.6 Monóxido de carbono
- 3.7 Bióxido de azufre
- 3.8 Plomo
- 3.9 Lluvia ácida

### ***CAPÍTULO 4. Los efectos en salud por contaminación del aire***

- 4.1 Visión general
  - 4.2 Impacto a la salud por los contaminantes atmosféricos en la ZMVM
    - 4.2.1 Beneficios de la disminución de los niveles de O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> en la ZMVM
    - 4.2.2 Valoración económica de la reducción de contaminación atmosférica por O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> en la ZMVM
    - 4.2.3 Beneficios económicos por la reducción de la contaminación del aire en la ZMVM
  - 4.3 El caso de la ciudad de Los Ángeles
-

## ***CAPÍTULO 5. Inventario de emisiones 1998***

- 5.1 Introducción
- 5.2 Inventario de emisiones 1998
- 5.3 Proyección del inventario de emisiones 1998 al año 2010

## ***CAPÍTULO 6. Objetivos y metas***

- 6.1 Introducción
- 6.2 Objetivos y metas de calidad del aire
  - 6.2.1 Ozono
  - 6.2.2 Partículas menores a 10 micrómetros
  - 6.2.3 Partículas menores a 2.5 micrómetros
  - 6.2.4 Otros contaminantes
- 6.3 Reducción de emisiones necesaria para cumplir con las metas de calidad del aire
- 6.4 Análisis de escenarios

## ***CAPÍTULO 7. Estrategias para la reducción de emisiones***

- 7.1 Introducción
- 7.2 Reducción de emisiones generadas por el transporte
- 7.3 Reducción de emisiones en la industria y los servicios
- 7.4 Preservación y restauración de los recursos naturales y prevención de la expansión de la mancha urbana
- 7.5 Integración de las políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire
- 7.6 Prevención de la exposición de la población a niveles altos de contaminación, mediante la evaluación y comunicación de riesgos
- 7.7 Reforzamiento del marco normativo y su cumplimiento
- 7.8. Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico
- 7.9 Cobeneficios mediante la reducción de contaminantes urbanos y de gases de efecto invernadero

## ***CAPÍTULO 8. Medidas del programa***

- 8.1 Medidas para vehículos y transporte
- 8.2 Medidas para industria
- 8.3 Medidas para servicios
- 8.4 Medidas para la conservación de recursos naturales
- 8.5 Medidas para protección de la salud
- 8.6 Medidas para educación ambiental
- 8.7 Medidas para fortalecimiento institucional
- 8.8 Reducción de emisiones y costos de las medidas

## ***CAPÍTULO 9. Evaluación integral***

- 9.1 Planteamiento conceptual
  - 9.2 Definición de indicadores de desempeño
    - 9.2.1 Indicadores de calidad del aire
    - 9.2.2 Indicadores de salud
    - 9.2.3 Indicadores sociales y económicos
-

9.3 Estrategia para desarrollar la evaluación integral

**CAPÍTULO 10. *Financiamiento del Programa***

10.1 Introducción

10.2 El fideicomiso ambiental del Valle de México

10.3 Financiamiento de la banca de desarrollo

10.4 Financiamiento internacional

10.5 Esquemas locales de fortalecimiento financiero

***BIBLIOGRAFÍA***

***ANEXOS***

Anexo 1. Resumen ejecutivo del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010

Anexo 2. Indicadores del estado de la calidad del aire y métodos de análisis

Anexo 3. Agrupación por intervalos de las concentraciones diarias de la Zona Metropolitana del Valle de México y condiciones meteorológicas

Anexo 4. Sistema de monitoreo de la Zona Metropolitana del Valle de México

Anexo 5. Periodos de contingencia ambiental atmosférica en la ZMVM 1993-2001

Anexo 6. Participantes en los grupos de trabajo para la elaboración del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010

---

## PRESENTACIÓN

Por primera vez se ha planeado un programa a diez años, el cual reúne las acciones que desarrollarán las diferentes dependencias gubernamentales, los sectores privado, educativo y la sociedad en general, para lograr la reducción de las emisiones contaminantes que propician el incumplimiento de las normas de calidad del aire para la protección de la salud. El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (PROAIRE 2002-2010), ha sido concensado con los diferentes sectores de la sociedad, buscando con ello legitimarlo y hacerlo un programa integral para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Como antecedentes a este Programa, con el propósito de reducir las emisiones contaminantes y mejorar la calidad del aire, se instrumentaron en la última década, el *Programa Integral para el Control de la Contaminación Atmosférica* 1990-1994 (PICCA) y posteriormente el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000* (PROAIRE). En ellos se desarrollaron diferentes acciones que han servido para reducir en buena medida los niveles de contaminación del aire de esta zona del país.

Con base en los resultados y experiencias obtenidas en los dos programas anteriores, el PROAIRE 2002-2010 será revisado bianualmente con objeto de dar seguimiento a las medidas planteadas, con posibilidades de modificar y/o reestructurar aquellas que no sean efectivas e incluir nuevas si fuera el caso.

La incorporación a este Programa del conocimiento científico, adquirido en la última década por investigadores nacionales e internacionales que han trabajado sobre el problema de la contaminación del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, ha sido fundamental. Con estas investigaciones se ha apoyado el diseño de muchas de las estrategias planteadas, ya que se contó para la integración del mismo, con la asesoría de reconocidos investigadores e instituciones, que han desarrollado un gran número de estudios en la zona más habitada del país, los cuales sirvieron como base para el diseño de las estrategias y acciones que se proponen para reducir la contaminación atmosférica.

El apoyo para la realización de estudios en que se basó la elaboración de este programa fue obtenida del Banco Mundial, del Global Environmental Found (GEF), del Consejo de Estudios de Restauración y Valoración Ambiental (CONSERVA) y del Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM), entre otros. Cabe destacar el apoyo brindado por el Gobierno de Alemania, a través de la Agencia de Cooperación Técnica GTZ.



En particular, entre las investigaciones llevadas a cabo, es importante señalar la realización del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010, el cual se efectuó en el año 2000 a través del Programa Integral de Contaminación del Aire, Urbana, Regional y Global que coordina el Doctor Mario Molina Pasquel, con recursos otorgados por el Fideicomiso Ambiental del Valle de México. Dentro de los resultados de este proyecto, cabe destacar la información conjuntada sobre la naturaleza y magnitud de los efectos en la salud, debidos a la exposición a la contaminación del aire en la ZMVM. Por su importancia, las recomendaciones de orden técnico y científico, producto de este proyecto, se han reproducido en el Anexo 1 de este documento.

Por otra parte, el PROAIRE 2002-2010 cuenta con una evaluación de escenarios para los años de 1998 y 2010, simulando el crecimiento natural que tendría la ZMVM en los próximos diez años, con lo que se puede tener una idea de la magnitud del incremento de los niveles de contaminación de aire que se pueden alcanzar si no se da impulso y continuidad a las medidas para la gestión ambiental del aire que se proponen.

Un aspecto que es importante resaltar es la adopción de un enfoque de planeación participativa para la formulación del PROAIRE 2002-2010. Para ello se integraron nueve grupos de trabajo especializados en donde participaron representantes de diversos sectores de la sociedad. Los grupos de trabajo que fueron coordinados por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y sus tareas correspondientes se muestran en la tabla siguiente.

En todos los grupos de trabajo se logró una amplia participación de los principales interlocutores involucrados del sector público y privado. En el Anexo 6 se incluye una lista de las instituciones y organizaciones participantes.

Por la relevancia de la generación de energía eléctrica en el Valle de México y sus implicaciones sobre la calidad del aire, la CAM, la Secretaría de Energía, la Comisión Federal de Electricidad y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro han integrado un grupo de trabajo específico en relación con la reducción de las emisiones generadas por las centrales de generación de energía eléctrica y la definición de una política de calidad del aire de largo plazo para la ZMVM en relación con el sector eléctrico.

**Grupos de trabajo para la formulación del Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.**

Grupo de trabajo	Tareas principales
1. Inventario de emisiones/modelación/análisis de escenarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión del inventario de emisiones 1998 y proyección al año 2010.</li> <li>• Modelación de escenarios.</li> <li>• Evaluación de estrategias y medidas de control.</li> </ul>
2. Reducción de emisiones vehiculares, mejoramiento de especificaciones de combustibles de uso vehicular e introducción de combustibles alternos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación integral de estrategias de control e instrumentos de política, incluyendo: análisis de costos, estimación de reducción de emisiones, costo efectividad, factibilidad técnica, económica y social, barreras que requieren ser superadas, instrumentación, entre otros.</li> </ul>
3. Planeación integral del transporte	
4. Reducción de emisiones en la industria, servicios y sector doméstico	
5. Reducción de emisiones relativas al manejo de recursos naturales	
6. Protección a la salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de medidas a adoptar para prevenir la exposición de la población a altas concentraciones de contaminantes, principalmente ozono y partículas suspendidas finas.</li> <li>• Definición de indicadores de salud para dar seguimiento y enriquecer la evaluación del PROAIRE 2002-2010 .</li> <li>• Incorporación de los indicadores de salud en la evaluación integral de estrategias y análisis de escenarios.</li> </ul>
7. Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de una estrategia general de financiamiento para apoyar la instrumentación de medidas.</li> <li>• Identificación de barreras económicas, sociales, institucionales, etc., que limitan el acceso al financiamiento y su ejercicio.</li> <li>• Planteamiento de acciones específicas para superar dichas barreras.</li> </ul>
8. Educación ambiental y participación social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de una estrategia de educación ambiental y medidas específicas de educación ambiental para respaldar las medidas técnicas de prevención y control.</li> </ul>
9. Análisis integral de estrategias y escenarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación y sistematización de la información generada por los grupos de trabajo.</li> <li>• Evaluación Integral de la información generada.</li> <li>• Integración del PROAIRE 2002-2010.</li> </ul>

El documento esta organizado en diez capítulos. El capítulo 1 presenta una breve descripción de los trabajos realizados en los últimos diez años para mejorar la calidad del aire y sobre el proceso de formulación del Programa y sus principales elementos, que impulsó la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM).

El capítulo 2 tiene el objetivo de describir las actividades urbanas más importantes, que conllevan a la generación de contaminantes atmosféricos en la ZMVM, es decir, presenta las fuerzas inductoras de la contaminación del aire.

En el capítulo 3 se realiza un análisis del comportamiento de las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos en el periodo 1990-2000, así como un análisis de la localización espacial de dichas concentraciones dentro de la zona metropolitana. Con ello se pretende establecer las tendencias de los contaminantes criterio que son monitoreados por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

En el capítulo 4 se muestran los principales hallazgos de las investigaciones más recientes sobre los efectos que los contaminantes atmosféricos producen en la salud humana; asimismo, se presenta un análisis de los costos económicos y sociales que se derivan del aumento en las concentraciones de contaminantes en la atmósfera.

El capítulo 5 presenta el inventario de emisiones 1998, el cual se consideró como base para la formulación del PROAIRE 2002-2010, incorporando proyecciones al año 2010, permitiendo con ello la evaluación de escenarios de emisiones *con y sin* la aplicación de medidas del Programa. También sirvió como componente fundamental para aplicar un modelo fotoquímico para simular la formación y comportamiento del ozono.

El capítulo 6 describe los objetivos y metas específicos que tiene el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*, con relación a la reducción de las concentraciones atmosféricas de contaminantes en la ZMVM y la protección de la salud de su población.

En congruencia con dichos objetivos, en el capítulo 7 se presentan las estrategias consideradas para reducir, principalmente, las concentraciones del ozono y de las partículas suspendidas, así como los mecanismos para la instrumentación de dichas estrategias.

El lector encontrará en el capítulo 8 las fichas descriptivas de cada una de las medidas del PROAIRE 2002-2010 organizadas por temas: para vehículos y transportes se incorporaron 38 medidas, para industrias 7, servicios 9, salud 8, recursos naturales 15, educación ambiental 4 y fortalecimiento institucional 8 medidas; que en su conjunto se estima reducirán, 4,403 ton/año de PM<sub>10</sub>, 5,180 ton/año de SO<sub>2</sub>, 590,972 ton/año de CO, 121,096 ton/año de NOx y 99,907 ton/año de HC. Estas reducciones se estimaron con base en el escenario proyectado para el año 2010, que no considera acciones para reducir la emisión de contaminantes.

En el capítulo 9 se plantean los criterios bajo los cuales se basará la evaluación periódica del programa y finalmente en el capítulo 10 se describen los principales mecanismos de financiamiento que serán aplicados, o explorados, y promovidos con el fin de llevar a cabo la instrumentación y seguimiento del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES



## 1.1 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE DURANTE LOS 90 ´S

La contaminación del aire ha sido uno de los retos ambientales más serios que han enfrentado los habitantes de la ZMVM, a partir de la segunda parte del siglo XX. Los primeros indicios del problema fueron identificados por investigadores universitarios a principios de la década de los sesenta. En ese entonces y en la década de los setenta se realizaron algunos esfuerzos aislados para medir los niveles de contaminación y se crearon las primeras instituciones y leyes ambientales del país.

A partir de 1986 se inicia el registro sistemático de los niveles de contaminación, con la instalación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

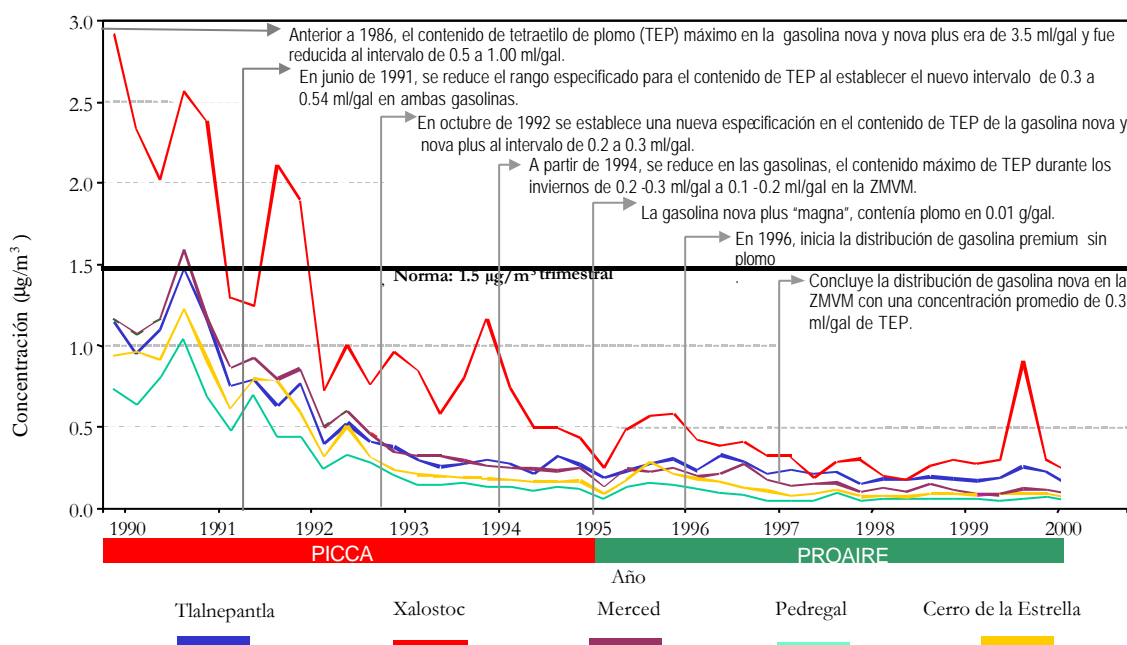
Las *21 Acciones para Reducir la Contaminación del Aire* y las *100 Medidas Necesarias* puestas en marcha en 1986 y 1987, respectivamente, dieron origen a esfuerzos importantes, entre los que destacaron el inicio de la sustitución de combustóleo con alto contenido de azufre por gas natural en las termoeléctricas y la reducción del contenido de plomo en la gasolina. Surgió el *Programa Un Día sin Auto*, una iniciativa voluntaria que más tarde se transformaría en el *Programa Hoy No Circula* en forma obligatoria.

En octubre de 1990, se acordó la instrumentación del *Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en el Valle de México* (PICCA). Los esfuerzos del PICCA se dirigieron a la reducción de las emisiones de plomo, bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, así como de las partículas generadas por la destrucción de bosques, erosión de zonas deforestadas, tiraderos clandestinos y calles sin pavimentar. Para ello, las estrategias del PICCA se concentraron en: a) el mejoramiento de la calidad de los combustibles, b) la reducción de emisiones en vehículos automotores, c) la modernización tecnológica y el control de emisiones en industrias y servicios, y d) la restauración ecológica de las áreas boscosas que circundan al Valle de México.

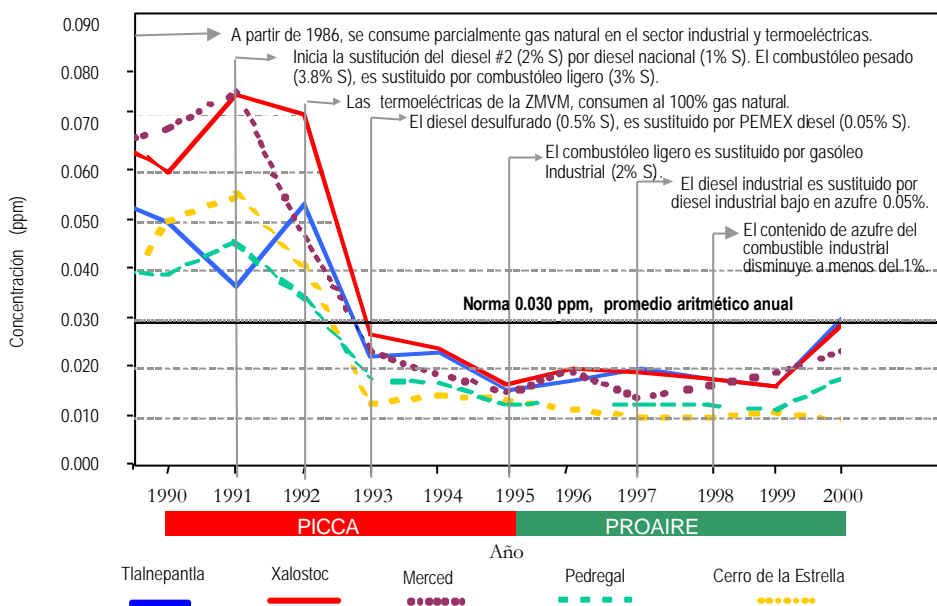
Algunos de los logros más relevantes fueron la introducción de convertidores catalíticos de dos vías en los vehículos nuevos a partir del modelo 1991, a la par que se introdujo el suministro de gasolina sin plomo. También se restringió el contenido de compuestos reactivos y tóxicos en la gasolina, se inició la comercialización, en 1993, de un diesel de bajo azufre (0.05 % en peso) y se establecieron normas vehiculares que propiciaron la introducción de convertidores catalíticos de tres vías en los nuevos vehículos a gasolina. Por otro lado, se completó la sustitución de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas y principales industrias del Valle de México en 1992 y se instrumentaron medidas para controlar las emisiones evaporativas en las terminales de distribución de las gasolinas. Una de las medidas de mayor resonancia fue el cierre definitivo de la Refinería 18 de Marzo en Azcapotzalco.

Con las medidas del PICCA se lograron mejoras sustanciales en la calidad del aire, principalmente respecto al plomo y al bióxido de azufre. Desde 1992 se logró que la concentración de estos contaminantes se mantuviera por debajo de la norma y que el monóxido de carbono solo rebase la norma en un porcentaje reducido de días (gráficas 1.1, 1.2 y 1.3).

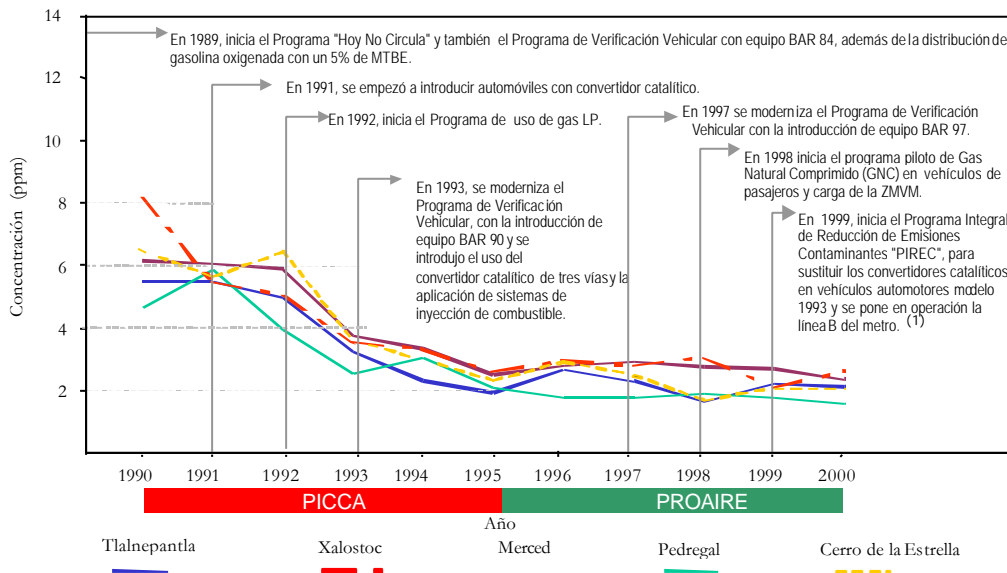
**Gráfica 1.1 Tendencia del monitoreo atmosférico de plomo y principales acciones para reducir sus emisiones en la ZMVM, 1990-2000.**



**Gráfica 1.2 Tendencia del monitoreo atmosférico de bióxido de azufre y principales acciones para reducir sus emisiones en la ZMVM, 1990-2000.**



**Gráfica 1.3 Tendencia del monitoreo atmosférico de monóxido de carbono y principales acciones para reducir sus emisiones en la ZMVM, 1990-2000.**

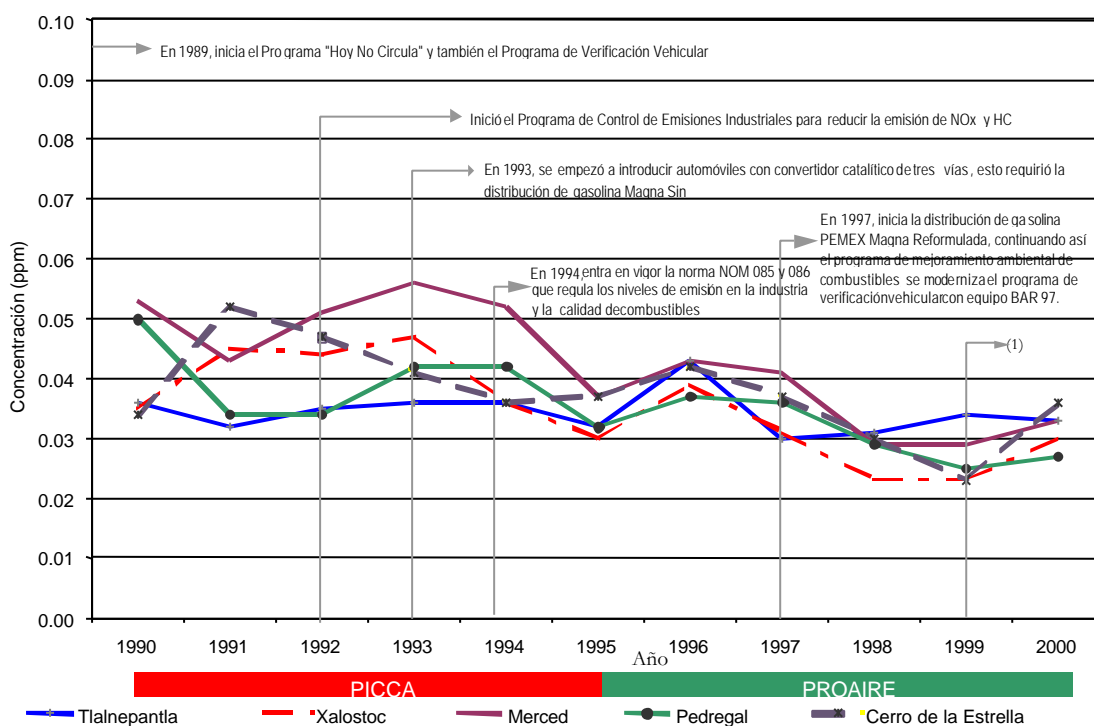


(1) En el tramo Buenavista-Villa de Aragón.



En 1996, la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Salud, el Gobierno del Estado de México y el entonces Departamento del Distrito Federal acordaron la instrumentación del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*, conocido como PROAIRE, con el propósito de ampliar, reforzar y dar continuidad a las medidas iniciadas a principios de la década. El objetivo del PROAIRE estuvo enfocado explícitamente a la reducción de las concentraciones pico y promedio de ozono, con la finalidad de disminuir el riesgo a la salud asociado con la exposición de corto y largo plazo a este contaminante. Para tal fin, y dado que el ozono es un contaminante que se forma en la atmósfera a partir de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, las medidas implementadas fueron dirigidas a la reducción de las emisiones de estos contaminantes (gráfica 1.4).

**Gráfica 1.4 Tendencia del monitoreo atmosférico de bióxido de nitrógeno y principales acciones para reducir sus emisiones en la ZMVM, 1990-2000.**



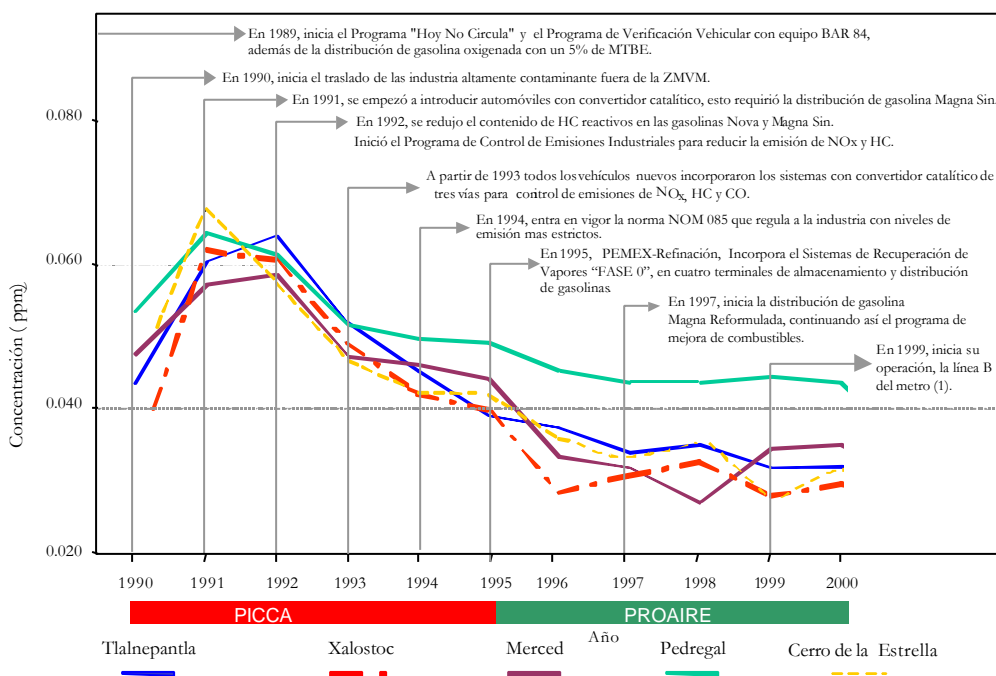
(1) En 1999, inicia el Programa PIREC, lo cual contribuyó a la reducción de NOx

Las líneas estratégicas del PROAIRE fueron: a) reducción de emisiones en la industria (industria limpia), b) disminución de emisiones por kilómetro en vehículos automotores (vehículos limpios), c) reducción de las tasas de crecimiento de los kilometrajes recorridos en vehículos automotores (nuevo orden urbano y transporte limpio), y d) reducción de la erosión del suelo (recuperación ecológica).

Con el PROAIRE se continuaron los esfuerzos para introducir tecnologías automotrices de menores emisiones contaminantes y se realizaron mejoras a las gasolinas, combustibles industriales y domésticos, destacando: la eliminación del Tetraetilo de Plomo (TEP) en la formulación de las gasolinas, incorporando un compuesto oxigenante, éter metil terbutílico (MTBE), y el establecimiento de valores máximos más estrictos para el contenido de aromáticos, olefinas y benceno; la disminución del contenido de azufre y aromáticos en el diesel automotriz; la disminución del contenido de azufre en el combustible industrial y la sustitución del combustóleo ligero por el gasóleo industrial cuyo contenido de azufre es menor.

Como resultado de estos programas, a lo largo de la década de los noventa se registró un avance en la reducción y contención de los niveles de contaminación atmosférica en la ZMVM, a pesar del continuo crecimiento de la población, del número de vehículos y del ritmo de actividad de esta zona. De esta forma, las concentraciones de plomo en el aire se redujeron en más de un 99% en comparación con los niveles que prevalecían en 1988; los niveles de bióxido de azufre son ahora muy bajos comparados con la norma; los niveles de monóxido de carbono se han reducido significativamente, aunque aún constituyen un riesgo a la salud en las zonas de mayor tránsito vehicular; y los niveles de ozono dejaron de aumentar en contraste con la tendencia que mantenían a principios de la década de los noventa (gráfica 1.5).

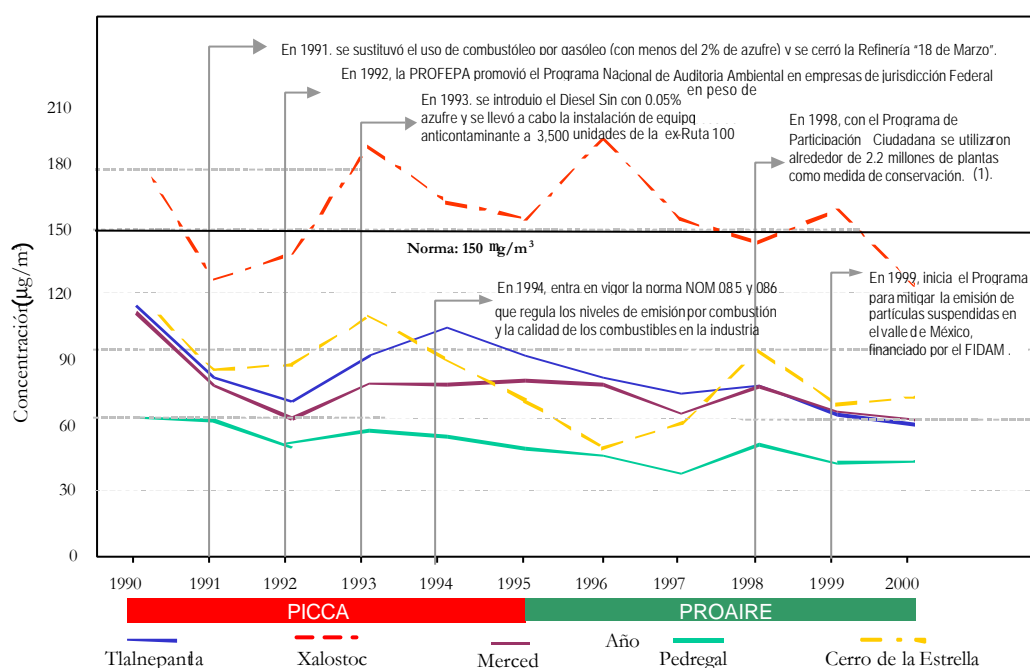
**Gráfica 1.5 Tendencia del monitoreo atmosférico de ozono y principales acciones para inhibir su formación en la ZMVM, 1990-2000.**



(1) En el tramo Buenavista-Villa de Aragón

A pesar de los logros, las concentraciones de ozono permanecen altas en la mayoría de los días y exceden los niveles aceptables por un factor de 2 o más. Los niveles de partículas, incluyendo PM<sub>10</sub> (gráfica 1.6), también son altas especialmente en las zonas altamente industrializadas y comerciales así como en las áreas donde persisten problemas de erosión. Los estudios más recientes indican que estos niveles de contaminación son inaceptables ya que ponen en riesgo la salud y el bienestar de los habitantes de la ZMVM.

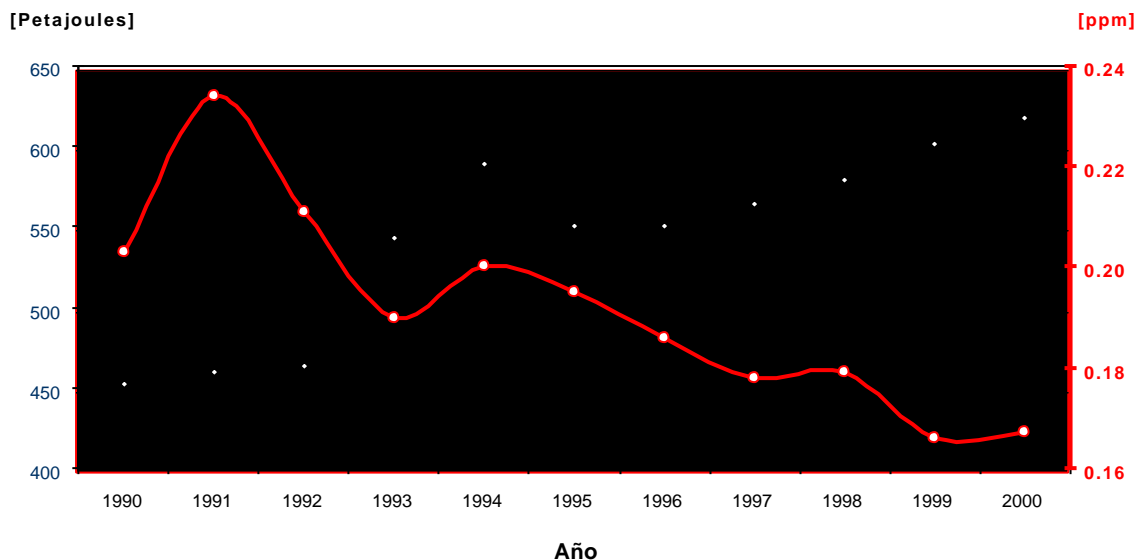
**Gráfica 1.6 Tendencia del monitoreo atmosférico de partículas menores a 10 µm y principales acciones para reducir sus emisiones en la ZMVM, 1990-2000.**



(1) Como parte del programa de pavimentación permanente en cobvias populares, los trabajos de bacheo en la red primaria del DF presentaron un avance de más de 97 mil metros cuadrados; se reforzó la recuperación de la Sierra de Santa Catarina y la Sierra de Guadalupe, las áreas lacustres de Tlahuac, y Texcoco.

Finalmente, es interesante señalar que aún cuando el consumo energético total aumentó entre 1995 y el 2000, el promedio anual del máximo diario de ozono mostró una reducción de sus niveles (gráfica 1.7).

**Gráfica 1.7 Tendencia del monitoreo atmosférico de ozono y consumo energético de la ZMVM, 1990-2000.**



(1) Monitoreo de las estaciones Xalostoc, Tlalnepantla, Merced, Pedregal y Cerro de la Estrella.

## 1.2 ESTABLECIMIENTO DE UNA RUTA CRÍTICA PARA LA FORMULACIÓN DEL PROGRAMA

Para la elaboración del PROAIRE 2002-2010 se diseñó una ruta crítica, en la cual se definieron las tareas a desarrollar. Las principales actividades consideradas en esta ruta crítica fueron las siguientes:

- Establecimiento del compromiso de las instituciones integrantes del Secretariado Técnico de la CAM para participar en el PROAIRE 2002-2010,
- definición de la ruta crítica y metodología de evaluación para la elaboración del PROAIRE 2002-2010,
- integración de los grupos de trabajo,
- análisis y selección de las estrategias de control e instrumentos de política propuestas para integrar el PROAIRE 2002-2010, a través de los grupos de trabajo,
- análisis del caso base: tendencias en emisiones y calidad del aire en ausencia de un nuevo programa,
- definición preliminar de objetivos de calidad del aire y metas de reducción de emisiones,
- elaboración de las estrategias del PROAIRE 2002-2010,
- análisis de la instrumentación de estrategias y de escenarios alternativos,

- estimación de beneficios a la salud de los escenarios resultantes y análisis de costo efectividad y costo beneficio para las estrategias de control identificadas,
- presentación de estrategias y escenarios a tomadores de decisión e interlocutores institucionales y sociales,
- integración del documento para el PROAIRE 2002-2010,
- adopción oficial del PROAIRE 2002-2010,
- integración y coordinación de los grupos de trabajo para la ejecución y el seguimiento del PROAIRE 2002-2010.

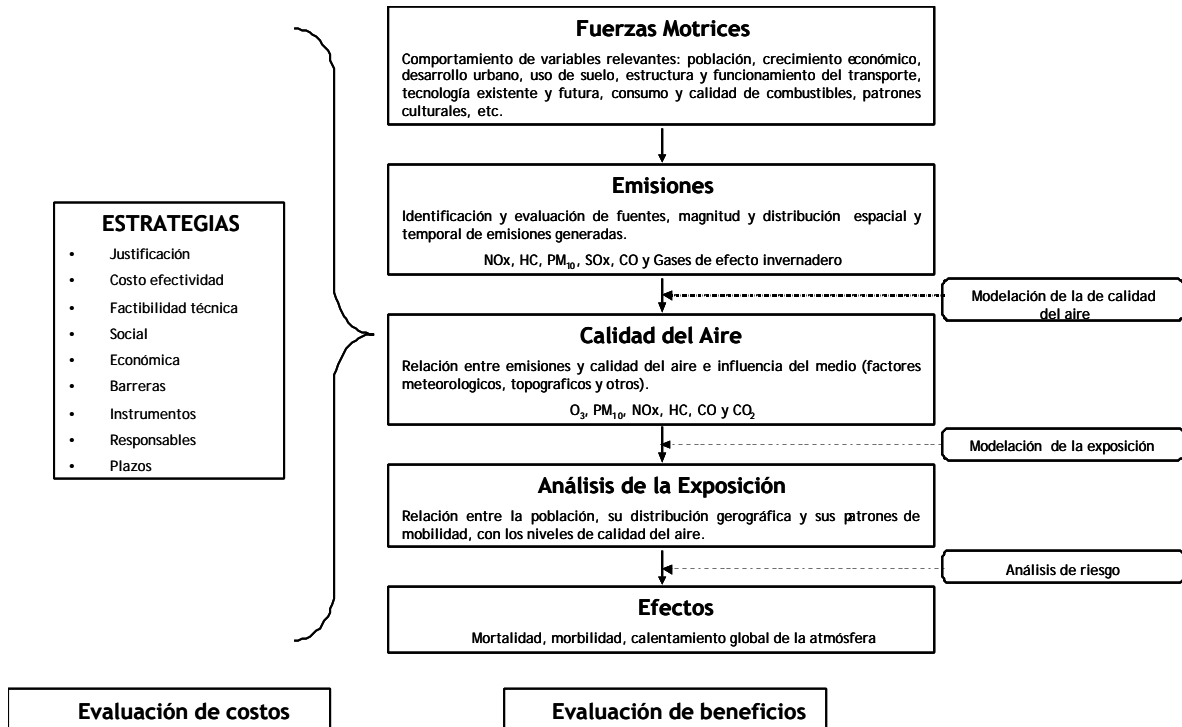
### 1.3 EL PROCESO DE INTEGRACIÓN DEL PROAIRE 2002-2010

El proceso de análisis y evaluación en el cual se basó el desarrollo del PROAIRE 2002-2010 se fundamentó en primer lugar en el análisis de las principales fuerzas motrices que determinan la generación de contaminantes atmosféricos, entre las cuales destacan el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la expansión de la mancha urbana y los patrones de uso del suelo, el crecimiento de la flota vehicular, los índices de motorización, las políticas ambientales, el consumo de energía y la calidad de los combustibles, entre otros (figura 1.1).

En segundo lugar, se analizó la generación de contaminantes en los diferentes sectores de actividad de la ZMVM, así como sus tendencias. Se revisó también la situación actual de la calidad del aire y los niveles que resultarían en caso de no aplicarse acciones adicionales. También se evaluaron los efectos a la salud asociados con los niveles de contaminación del aire prevalecientes y sus proyecciones.

A partir de esos elementos se definieron los objetivos de mejoramiento de la calidad del aire y las estrategias de control dirigidas a los diversos sectores que generan las emisiones de contaminantes. Las opciones de control identificadas fueron evaluadas con respecto a sus costos y reducción de emisiones, requerimientos de instrumentación, barreras que requieren ser superadas, entre otros aspectos.

Figura 1.1 Proceso de análisis y evaluación en el cual se basó el desarrollo del Proaire 2002-2010.



Fuente: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.

CAPÍTULO 2  
LA ZONA METROPOLITANA  
DEL VALLE DE MÉXICO





## 2.1 LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO Y SU ENTORNO

El Valle de México se ubica sobre los 19°20' de Latitud Norte y 99°05' de Longitud Oeste, formando parte de una cuenca, la cual tiene una elevación promedio de 2,240 msnm<sup>1</sup> y una superficie de 9,560 km<sup>2</sup>; presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco, Xochimilco y Chalco; está integrada por una parte del Estado de México, el sur del Estado de Hidalgo, el sureste de Tlaxcala y casi la totalidad del Distrito Federal.

Dentro del Valle se ubica la ZMVM (16 delegaciones y 18 municipios del Estado de México, figura 2.1 y tabla 2.1), con una superficie de 3,540 km<sup>2</sup> lo que representa el 37% de la cuenca del Valle de México, que cuenta con prominencias topográficas aisladas como el Cerro de la Estrella, el Peñón y el Cerro de Chapultepec, entre otros; su ubicación geográfica y su entorno característico ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire existente en esta zona.

El área urbana se extiende en una cuenca semicerrada, en la porción suroeste del Valle de México, la cual está sujeta de manera natural a condiciones que no favorecen una adecuada ventilación de la atmósfera. Entre los principales factores fisiográficos y climáticos que afectan la calidad del aire destacan los siguientes:

- El entorno montañoso que rodea la cuenca constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes. Por ello, es un medio propicio para la acumulación de los contaminantes atmosféricos. Las montañas que delimitan la cuenca alcanzan una altitud promedio de 3,200 metros, con elevaciones que superan los 5,400 metros.
- Las frecuentes inversiones térmicas que ocurren en el valle, en más del 70% de los días del año, son un fenómeno natural que causa un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera. Ello inhibe la capacidad de autodepuración de ésta y favorece la acumulación de los contaminantes. El estancamiento perdura hasta que, al transcurrir el día y de manera gradual, la inversión térmica se rompe debido al calentamiento de la atmósfera, entonces los contaminantes se dispersan.
- Los sistemas anticiclónicos que se registran frecuentemente en la región centro del país, tienen la capacidad de generar cápsulas de aire inmóvil en áreas que pueden abarcar regiones mucho mayores que el Valle de México.
- La intensa y constante radiación solar que se registra en el Valle de México a lo largo de todo el año, favorece la formación del ozono. Ello es resultado de las complejas reacciones que la luz ultravioleta del sol desencadena entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos emitidos a la atmósfera, los cuales son precursores del ozono.
- La altitud a la que se ubica el Valle de México (2,240 msnm), determina que el contenido de oxígeno sea 23% menor que a nivel del mar, lo cual tiende a hacer más contaminantes los procesos de combustión.

---

<sup>1</sup> Metros sobre el nivel del mar

Figura 2.1 Zona Metropolitana del Valle de México.

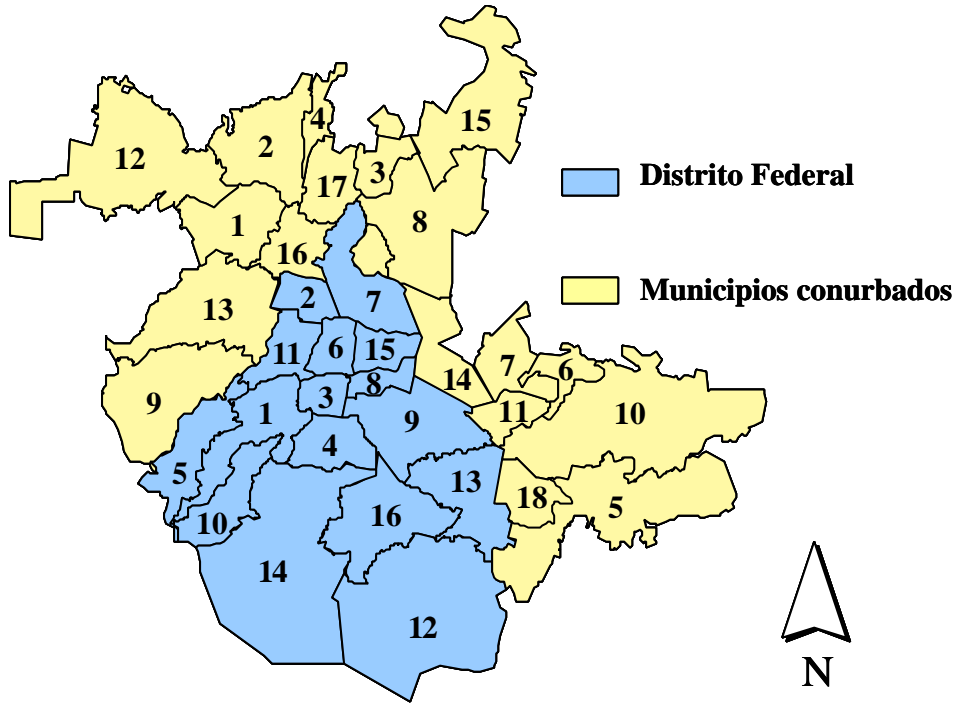


Tabla 2.1 Superficie por delegación y municipio.

Delegación		Superficie* (km <sup>2</sup> )	Municipio		Superficie** (km <sup>2</sup> )
1	Álvaro Obregón	95.9	1	Atizapán de Zaragoza	89.8
2	Azcapotzalco	33.7	2	Cuautitlán Izcalli	109.9
3	Benito Juárez	26.5	3	Coacalco	35.4
4	Coyoacán	53.9	4	Cuautitlán	37.3
5	Cuajimalpa	70.8	5	Chalco	234.71
6	Cuauhtémoc	35.5	6	Chicoloapan	60.8
7	Gustavo A. Madero	88.1	7	Chimalhuacán	46.6
8	Iztacalco	23.2	8	Ecatepec	155.4
9	Iztapalapa	113.5	9	Huixquilucan	143.5
10	M. Contreras	63.5	10	Ixtapaluca	315.1
11	Miguel Hidalgo	46.3	11	La Paz	26.7
12	Milpa Alta	287.5	12	Nicolás Romero	233.5
13	Tláhuac	86.3	13	Naucalpan	149.8
14	Tlalpan	308.7	14	Nezahualcóyotl	63.4
15	Venustiano Carranza	33.8	15	Tecámac	153.4
16	Xochimilco	119.2	16	Tlalnepantla	83.4
<b>Total</b>		<b>1,486.4</b>	17	Tultitlán	71.08
			18	Valle de Chalco	44.5
			<b>Total</b>		<b>2,054.3</b>

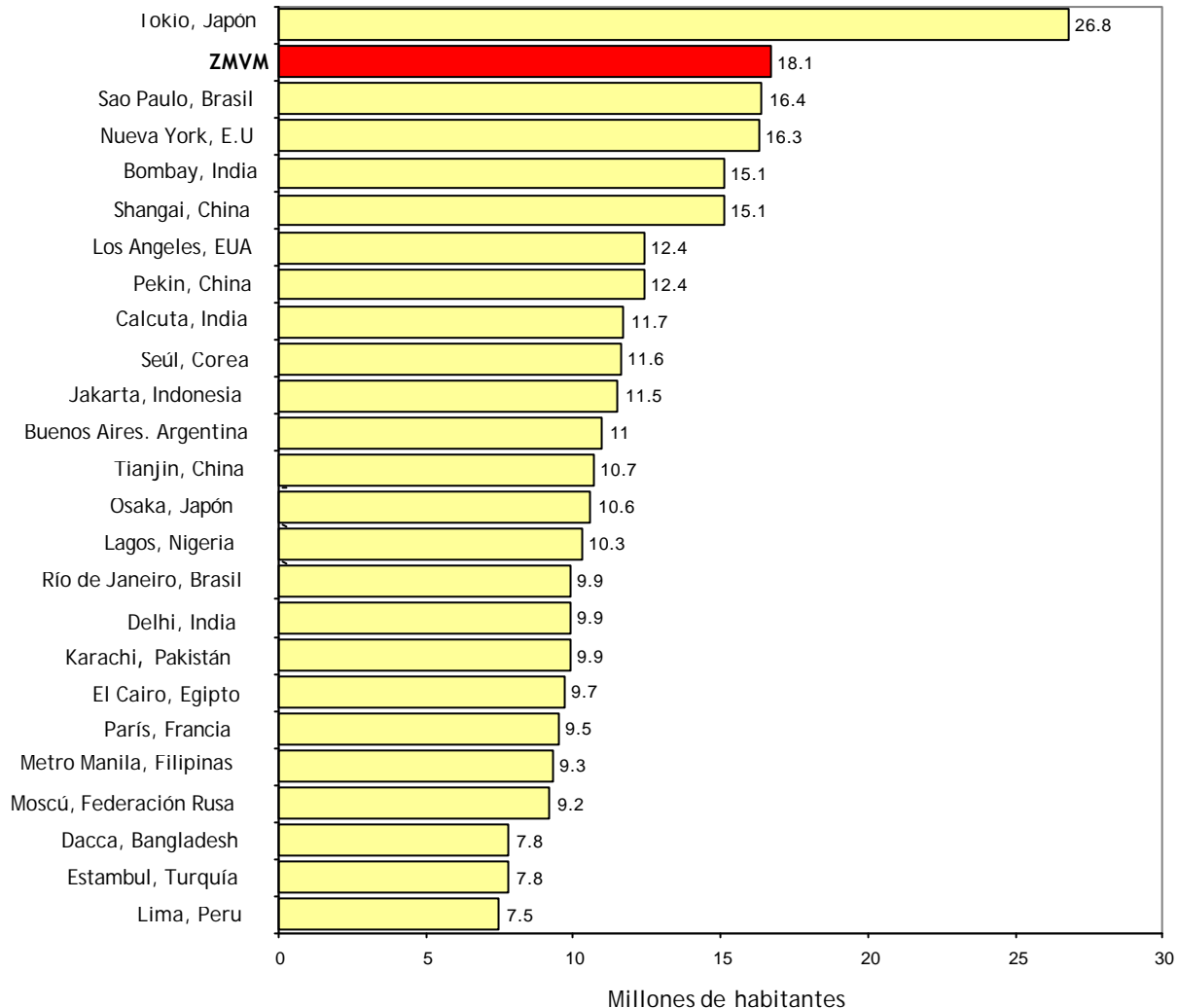
Fuentes: \*INEGI, Censo de población y vivienda 1995, Resultados Definitivos, Tabulados Básicos, 1996.

\*\*Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 1999.

## 2.1.1 EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DE LA ZMVM

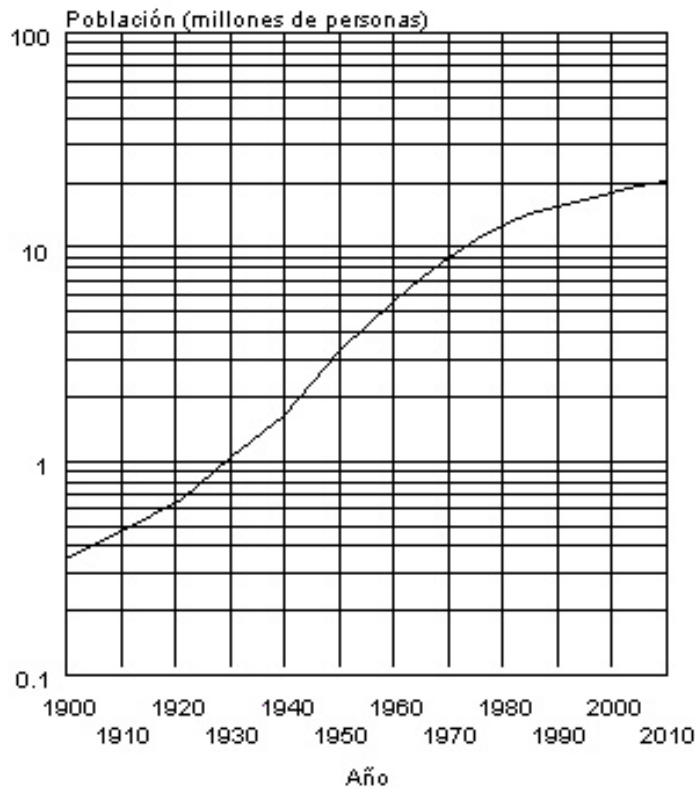
De acuerdo con las estadísticas del INEGI (gráfica 2.1), la ZMVM es el hogar de alrededor de 18.1 millones de personas, siendo la segunda ciudad más poblada del mundo, después de Tokio.

**Gráfica 2.1 Población de las principales ciudades del mundo.**



Fuente: INEGI, 1998. Población de las principales ciudades del mundo.

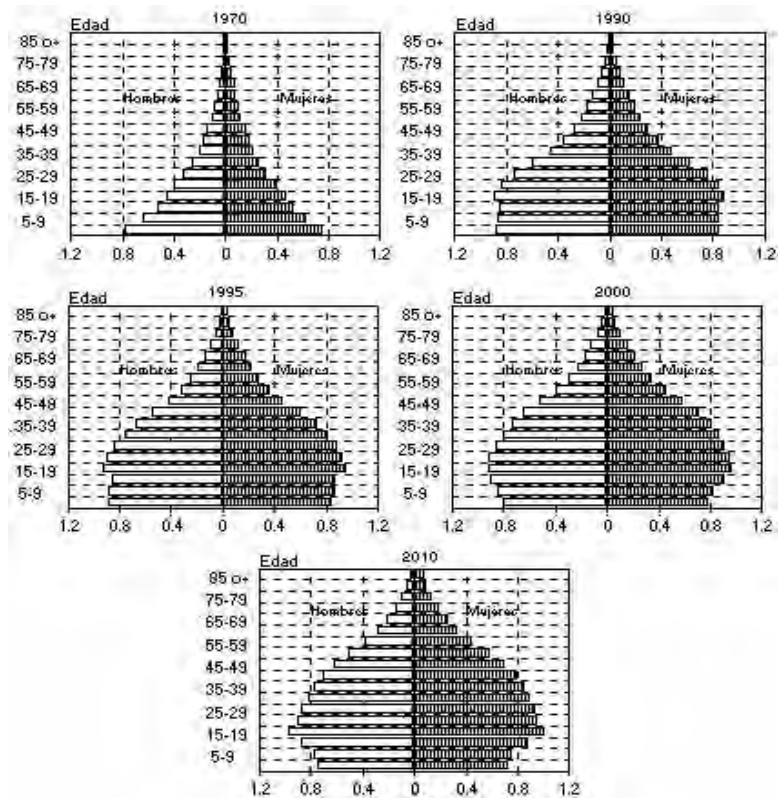
En los últimos veinte años, el ritmo de crecimiento de la población ha disminuido significativamente en la zona metropolitana; sin embargo, de continuar las tendencias actuales, la población de la ZMVM pasará de 18.1 millones de habitantes a aproximadamente 20.5 millones en el año 2010 y unos 22.5 millones en el año 2020. Esta cifra es significativamente inferior a los 25 millones que se proyectaban hace tres lustros, cuando en las previsiones aún no se consideraban los cambios en la migración que se hicieron evidentes a partir de 1980. En la gráfica 2.2 se muestra la evolución de la población de la ZMVM.

**Gráfica 2.2 Evolución y proyección de la población de la ZMVM, 1900-2010.**

Como resultado de la conjugación de diversos factores económicos y demográficos, metropolitanos y nacionales, se espera de acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO), que en la ZMVM la tasa de crecimiento poblacional actual de 1.6% se reduzca a 1.0% en el 2010. Asimismo, se prevé que continúe el desplazamiento de la vivienda del centro hacia la periferia en la ZMVM, pasando de una distribución casi equitativa en 1995 (8.5 millones de personas o 50.5% en el Distrito Federal y 8.3 millones o 49.5% en los municipios metropolitanos) a una mayor concentración en la parte conurbada con 11.7 millones (57.5%) en 2010, frente a 8.7 millones (42.5%) en el Distrito Federal.

Las proyecciones de CONAPO de la evolución futura de la fecundidad, la mortalidad y la migración indican que avanzará el envejecimiento de la población de la ZMVM. Hoy en día, 30.4% de los habitantes de la ciudad tienen menos de 15 años y 4.2% más de 65 años; en 2010 esos segmentos de la población representarán 23.4% y 6.4% del total, respectivamente, implicando un incremento en la edad promedio, de 27 a 32 años en los próximos trece años (gráfica 2.3). Esta información es importante en la definición de políticas de calidad del aire, debido a que los habitantes que se encuentran dentro de estos rangos de edades son más susceptibles a presentar enfermedades asociadas con la contaminación del aire.

Gráficas 2.3 Pirámides de población de la ZMVM, 1970-2010.

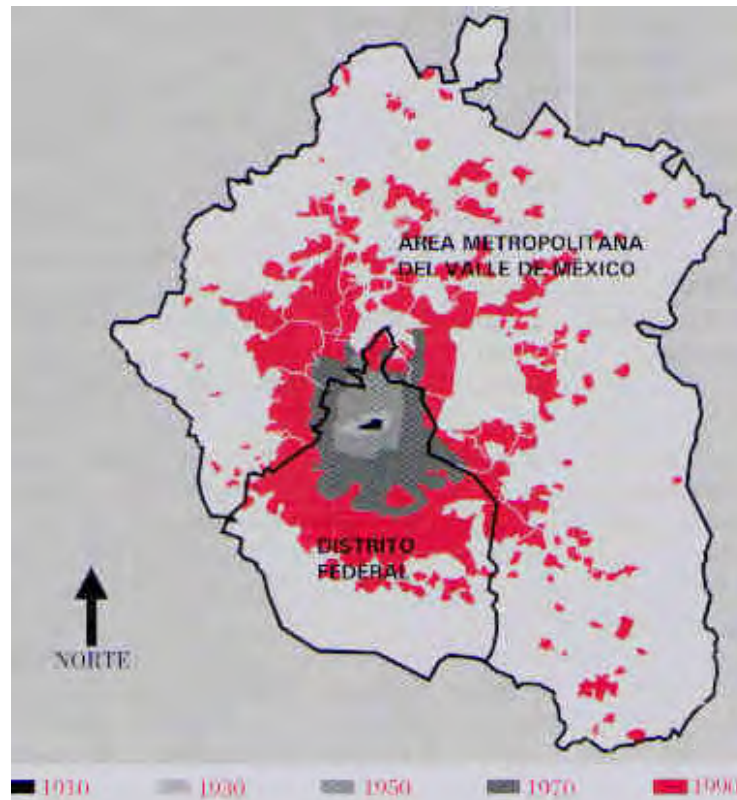


Fuente: CONAPO, 2000. Estimaciones y proyecciones de población.

## 2.1.2 EXPANSIÓN DE LA ZMVM

A lo largo del siglo XX, la superficie ocupada por la zona metropolitana se ha expandido dramáticamente a la par del crecimiento de la población (figura 2.2).

Alrededor de la década de los treinta, la población de la ZMVM aumentó a tasas relativamente altas, superiores a las del resto del país. En los años cincuenta se produjo la expansión espacial de la metrópoli, prácticamente dentro de los límites del Distrito Federal, donde entonces habitaba el 99% de la población de la región. Esta es la época en que el crecimiento demográfico tuvo las tasas de crecimiento más altas de la historia. En los años setenta, la zona metropolitana rebasó los límites del Distrito Federal y se extendió al Estado de México.

**Figura 2.2 Expansión territorial de la ZMVM (1910-1990).**

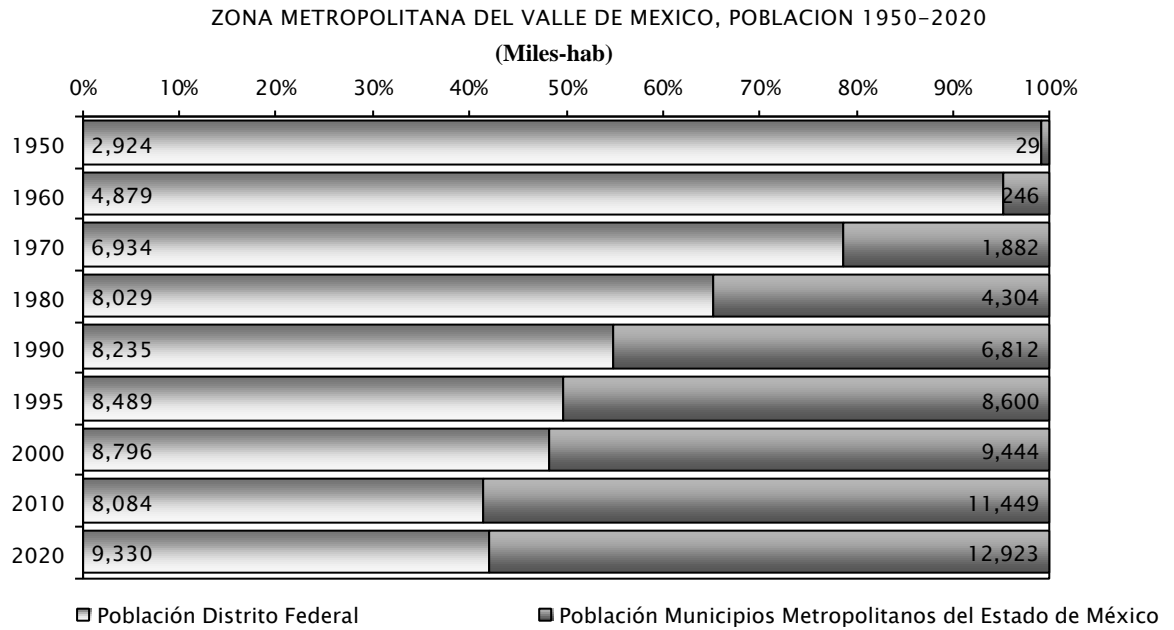
Fuente: Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.

La década de los noventa marcó un cambio importante en las tendencias de crecimiento urbano de la ZMVM; a partir de entonces, el crecimiento metropolitano se produjo en mayor medida en el territorio del Estado de México. De hecho, la migración hacia éste proviene también del Distrito Federal.

Asimismo, en esa década, el crecimiento metropolitano empieza a presionar las áreas de conservación ecológica, principalmente en las delegaciones de Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco, Tlalpan, Magdalena Contreras y Milpa Alta. En el Estado de México, el área urbana se expande en forma discontinua y en muchos casos segregada.

Para el periodo 2000-2020 se proyecta que casi la totalidad de la expansión urbana se producirá en el territorio del Estado de México. En la gráfica 2.4 se puede observar el crecimiento de la población de la ZMVM.

**Gráfica 2.4 Crecimiento de la población de la ZMVM y la proporción de la población urbana en el Distrito Federal y en el Estado de México.**



Fuente: Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.

El comportamiento del crecimiento de la población en la ZMVM se muestra en la tabla 2.2, esta prospectiva considera los municipios y delegaciones que se irían integrando a la ZMVM de seguir las tendencias de crecimiento metropolitano.

**Tabla 2.2 Crecimiento de la población 1970-2020.**

Delegación o Municipio	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Benito Juárez	480,741	407,811	367,278	351,922	361,463	
Cuauhtémoc	734,277	595,960	528,106	493,023	506,389	
Miguel Hidalgo	2,907,000	501,334	406,868	356,119	332,462	341,475
Venustiano Carranza	634,340	519,628	489,817	481,834	494,897	
Alvaro Obregón	466,000	570,384	642,753	711,560	749,513	769,832
Azcapotzalco	549,000	557,427	474,688	456,353	444,536	456,587
Coyoacán	347,000	541,328	640,066	675,668	692,501	711,275
Gustavo A. Madero	1,205,000	1,384,431	1,268,068	1,279,279	1,277,409	1,312,040
Ixtacalco	488,000	523,971	448,322	421,471	412,767	423,957
Magdalena Contreras	77,000	159,564	195,041	226,451	245,152	251,798
Iztapalapa	539,000	1,149,411	1,490,499	1,766,261	1,830,941	1,880,578
Tlalnepantla	377,000	683,077	702,807	718,089	717,694	811,020
Cuajimalpa de Morelos	39,000	84,665	119,669	150,331	170,289	174,906
Tlalpan	135,000	328,800	484,866	605,641	683,806	702,344
Tláhuac	63,000	133,589	206,700	293,134	356,033	365,685
Xochimilco	119,000	197,819	271,151	378,644	455,826	468,184
Chimalhuacán	20,000	54,262	242,317	462,205	545,125	616,011
Ecatepec	221,000	688,637	1,218,135	1,579,945	1,768,719	1,998,717
Naucalpan de Juárez	392,000	640,940	786,551	869,753	907,696	1,025,729
La Paz	33,000	87,284	134,784	223,220	310,844	351,265
Nezahualcóyotl	651,000	1,177,325	1,256,115	1,226,167	1,201,001	1,357,175
Tultitlán	53,000	120,108	246,464	455,015	640,353	723,622
Atizapán de Zaragoza	45,000	177,532	315,192	537,578	755,386	853,614
Cuautitlán	42,000	34,697	48,858	64,199	75,423	85,231
Coacalco	14,000	85,456	152,082	255,817	356,064	402,365
Huixquilucan	34,000	68,599	131,926	201,248	261,935	295,996
Milpa Alta	47,417	63,654	90,748	106,012	108,886	
Chalco	68,813	282,940	220,967	310,972	351,410	
Chicoloapan	24,011	57,306	83,724	105,789	119,545	
Ixtapaluca	68,347	137,357	236,286	332,531	375,772	
Nicolás Romero	98,879	184,134	285,832	376,506	425,465	
Tecámac	73,848	123,218	169,567	205,634	232,374	
Cuautitlán Izcalli	152,520	326,750	500,621	653,534	738,517	
Acolman		43,276	64,476	82,570	93,307	
Atenco		21,219	33,632	44,074	19,805	
Jaltenco		22,803	28,879	33,081	37,383	
Melchor Ocampo		26,154	40,125	52,430	59,218	
Nextlalpan		10,840	18,372	24,655	27,864	
Teoloyucan		41,964	66,076	87,893	99,322	
Tepotztlán		39,647	68,508	96,414	108,951	
Texcoco		140,368	201,555	251,661	284,386	
Tultepec		47,323	95,672	134,642	152,250	
Zumpango		71,413	109,383	141,867	160,315	
Valle de Chalco- Solidaridad			361,400	508,607	574,744	
Cocotitlán		10,230	11,729	13,254		
Coyotepec			36,096	45,936	51,909	
Chiconcuac			16,266	17,408	19,672	
Chiautla			17,936	19,968	22,565	
Huehuetoca			39,304	51,482	58,177	
San Martín de las Pirámides			19,804	25,014	28,267	
Temamatla			9,596	13,244	14,966	
Teotihuacán			46,326	59,217	66,917	
Tezoyuca			20,052	27,140	30,669	
Tizayuca			49,278	65,854	74,417	
Temascalapa				34,811	35,242	
Nopaltepec				8,699	8,807	
Axapusco				21,656	2,924	
Otumba				32,812	33,218	
Tepetlaoxtoc				26,739	27,070	
Papalotla				4,526	4,582	
<b>Total</b>	<b>8,816,000</b>	<b>12,333,833</b>	<b>15,047,687</b>	<b>18,240,060</b>	<b>20,533,361</b>	<b>22,253,251</b>

Fuente: Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.



Para estimar el crecimiento de la ZMVM, los urbanistas han propuesto dos escenarios: uno tendencial y otro programático. En el tabla 2.3 se muestran las proyecciones de población de acuerdo a estos escenarios.

**Tabla 2.3. Proyecciones de población de la ZMVM, 2000-2020 (escenarios programático y tendencial).**

Año	Población nacional <sup>2</sup>	Población ZMVM <sup>3</sup>	Porcentaje de la ZMVM con respecto a la población nacional	ZMVM, escenario programático <sup>4</sup>	%	ZMVM, escenario tendencial <sup>5</sup>	%
2000	99,582,251	18,240,060	18.32	18,700,000	18.78	18,800,000	18.83
2010	112,230,723	20,533,361	18.29	20,600,000	18.36	22,500,000	20.05
2020	122,106,672	22,253,251	18.12	21,800,000	17.85	26,200,000	21.46

La evolución de la población permite estimar la ocupación territorial del área urbana del Valle de México. De seguir un patrón no planeado, se estima que en el conjunto mantendría densidades similares a las que se han venido presentando, en que coexisten áreas de intensa urbanización con otras de vacantes y baldíos (tabla 2.4.). La ZMVM aún concentra casi la quinta parte de la población nacional, en un espacio que representa únicamente el 0.3% del territorio nacional.

**Tabla 2.4. Población, superficie y densidad del área urbana de la ZMVM, 1950- 2020.**

Año	Población (miles)	Superficie (ha)	Densidad ( hab/ha)
1950	2,953	22,960	129
1960	5,125	41,010	125
1970	8,816	68,260	129
1980	12,333	105,660	117
1990	15,047	121,320	124
1995	17,089	132,570	129
2000	18,210	145,000	125
2010	20,533	162,690	126
2020	22,253	174,830	127

Fuente: Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.

Este crecimiento poblacional podría tener efectos negativos porque desplazaría la frontera agrícola, afectaría el sistema agropecuario del Valle e influiría en las áreas de protección ecológica, ambiental y de recarga acuífera, generando efectos en la contaminación del aire, agua y suelo.

<sup>2</sup> CONAPO, 2000. Proyecciones de población.

<sup>3</sup> Cálculos basados en CONAPO, 2000. Proyecciones de población.

<sup>4</sup> A partir de las proyecciones de CONAPO para 2010 y considerando la incorporación de dos municipios.

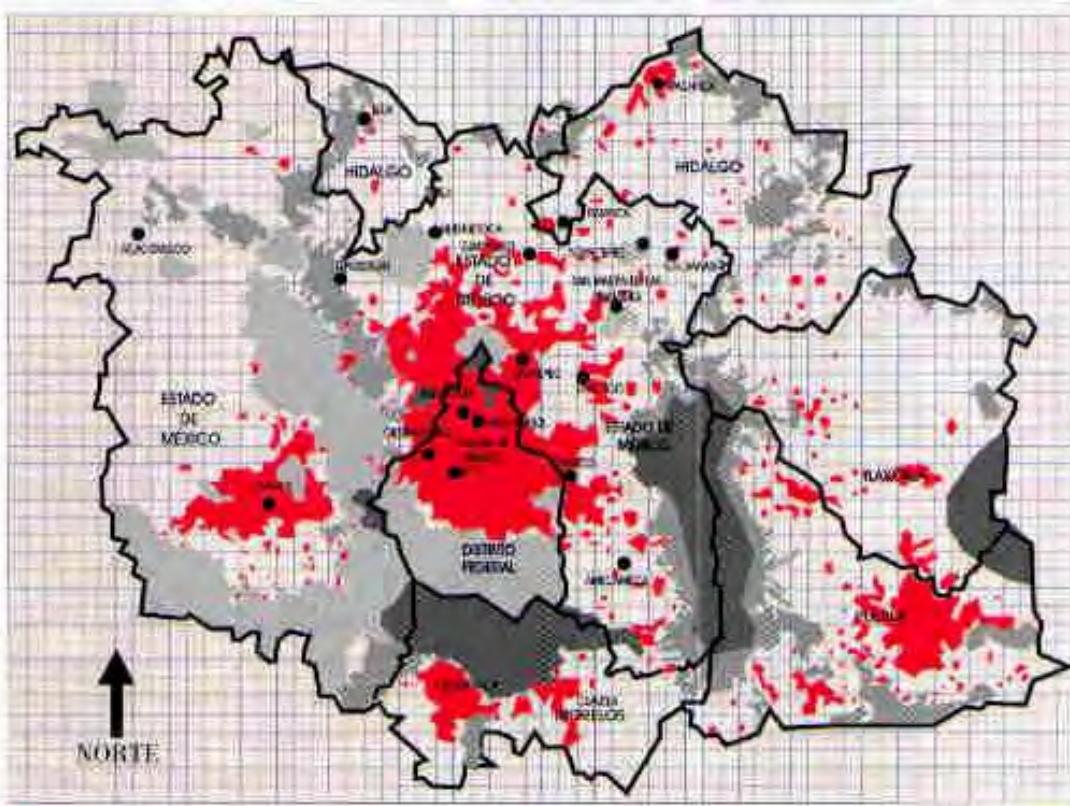
<sup>5</sup> Agustín Porras, *et.al.* Programa de Ordenación de la ZMVM. Escenario Programático y Tendencial, COMETAH.

### 2.1.3 LA MEGALÓPOLIS

El concepto de ciudad-región se utiliza para aludir a una formación de tipo megalopolitano y describir porciones del territorio, relativamente integradas entre sí y con la *Ciudad Central*, dentro de una amplia zona que se denomina "*corona regional de la ciudad*", aún cuando por el momento no estén articulados económicamente entre sí (Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, 1996).

La megalópolis (figura 2.3) es el área que comprende los municipios correspondientes a las zonas metropolitanas de las capitales de los estados limítrofes al Valle de México, más la totalidad de los municipios que mantienen relación funcional estrecha con la Ciudad de México y los que se ubican entre las zonas metropolitanas que integran la corona regional de ciudades y el Distrito Federal. En total se incluyen 189 municipios que corresponden, respectivamente, 91 al Estado de México, 16 al Estado de Morelos, 29 al Estado de Puebla, 37 al Estado de Tlaxcala y 16 al Estado de Hidalgo, así como las 16 Delegaciones del Distrito Federal.

Figura 2.3 Megalópolis.



Fuente: Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.

Se identifican tres niveles de zonas metropolitanas según su grado de aglomeración; en el primero se encuentran las áreas más pobladas, esto es, México y Puebla-Tlaxcala, en el segundo, Cuernavaca y Toluca y en el tercero, Pachuca. En el área existen también algunas formaciones metropolitanas, como la formación binodal de Cuernavaca-Cuautla, la más compleja de Puebla, que cuenta con cuatro nodos regionales, Tlaxcala, Atlixco, Apizaco y San Martín Texmelucan, que suma a su compleja estructura su condición político-administrativa de conurbación interestatal; o bien, como la de Toluca, fragmentada pero igualmente susceptible de conurbarse.

La ZMVM se encuentra en una etapa de transición de una fase metropolitana, al surgimiento y consolidación de una corona regional megalopolitana, en la que el Distrito Federal disminuye su participación relativa en población con respecto al Estado de México, al mismo tiempo que se transforma el uso de suelo, desplazándose el habitacional y el industrial hacia el Estado de México, mientras que el comercial y de servicios se concentra en el Distrito Federal.

Los indicadores comparativos de concentración poblacional, dinámica de crecimiento demográfico y densidad territorial señalan que, a pesar de los procesos de cambio territorial y la emergencia de nuevos ámbitos de atracción, sobre todo en el norte del país, la región centro, la megalópolis en formación y la ZMVM seguirán siendo polos de atracción de los flujos migratorios y de creciente concentración poblacional, sobre todo urbana. No se visualizan aún las condiciones que darían lugar a la reducción o estabilización de la población metropolitana (tabla 2.5).

**Tabla 2.5. Distribución porcentual de la población por entidad federativa y por década.**

Región/ entidad	1970	1980	1990	2000
<b>Región centro</b>	<b>33.04</b>	<b>35.21</b>	<b>33.32</b>	<b>33.76</b>
Distrito Federal	14.25	13.21	10.14	8.82
Estado de México	7.95	11.32	12.08	13.44
Hidalgo	2.48	2.31	2.32	2.29
Morelos	1.28	1.42	1.47	1.59
Puebla	5.20	5.01	5.08	5.20
Querétaro	1.01	1.11	1.29	1.44
Tlaxcala	0.87	0.83	0.94	0.98
<b>Región nororiente</b>	<b>8.84</b>	<b>8.97</b>	<b>9.01</b>	<b>9.11</b>
Coahuila	2.31	2.33	2.43	2.36
Nuevo León	3.51	3.76	3.81	3.93
Tamaulipas	3.02	2.88	2.77	2.82
<b>Resto del país</b>	<b>58.12</b>	<b>55.82</b>	<b>57.67</b>	<b>57.13</b>
<b>Total nacional</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEGI, 2000, *Estadísticas del Medio Ambiente, México 1999 Tomo I*. INEGI, 1990, *Estadísticas Históricas de México, Tomo I*. SECOFI, 1972, *XI Censo General de Población y Vivienda 1970*.

## 2.1.4 DINÁMICA DEL DESARROLLO URBANO

La estructura urbana intrametropolitana refleja en su extensión territorial, patrones de usos del suelo y una cierta distribución de densidades de población, que explica entre otros aspectos la demanda de transporte y la generación de viajes, las distancias recorridas en los vehículos automotores y, por lo tanto, juega un papel fundamental en la generación de contaminantes atmosféricos.

La estructura urbana intrametropolitana es el resultado de los patrones de desarrollo urbano y de los procesos de desarrollo económico que ha experimentado la zona metropolitana, sobre todo en los últimos cincuenta años. Durante la segunda mitad del siglo XX, el Valle de México experimentó un proceso sin precedente de crecimiento, tanto de su población como en la ocupación de su territorio. Las causas son múltiples y obedecen principalmente a la política seguida desde los años cincuenta que estimuló el desarrollo industrial, al mismo tiempo que ofrecía mejores condiciones y expectativas para el establecimiento de nuevos pobladores, en un momento en que las tasas de reproducción de la población alcanzaron su máximo histórico en el país.

El crecimiento de la ZMVM en los últimos 40 años, ocurrió en los municipios conurbados del Estado de México; ocasionado en parte, por la restricción a la construcción de nuevos fraccionamientos en el Distrito Federal, la cual originó un acelerado proceso de ocupación irregular de pobladores de escasos recursos al oriente del Valle, en los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec, Chimalhuacán y más recientemente en el Valle de Chalco Solidaridad y en las delegaciones de Xochimilco, Tlalpan y Magdalena Contreras, en el Distrito Federal. Esta tendencia se mantiene en el sur-oriental del Estado de México y sur del Distrito Federal, poniendo en peligro su riqueza forestal y su potencial de producción agropecuaria y con ello, la sustentabilidad futura de su desarrollo.<sup>6</sup>

Por otra parte, también en el poniente y norponiente del Valle de México se ha dado un crecimiento importante, en este caso principalmente de estratos socioeconómicos medios y altos, que afecta a las delegaciones de Álvaro Obregón y Cuajimalpa y a los municipios de Huixquilucan, Naucalpan, Atizapán, Nicolás Romero, Cuautitlán Izcalli y Tepozotlán, con efectos en el medio ambiente que amenazan la conservación de su riqueza forestal.

Debido al dinámico crecimiento de la población y a los elementos micro y macro económicos que lo motivaron, a pesar de las acciones realizadas por los gobiernos locales, la planeación en muchos casos ha tenido que ser correctiva.

## 2.2 DINÁMICA DEL DESARROLLO ECONÓMICO

En México, la tasa de crecimiento promedio del Producto Interno Bruto (PIB) fue del 4.9% para el periodo 1950-1999, mientras que para las fases de 1950-1981 y 1982-1999 fue de 6.5% y 2.3%, respectivamente (tablas 2.6 y 2.7). Estas diferencias también están presentes en las tasas de crecimiento de ingresos *per cápita* en pesos y en dólares.

---

<sup>6</sup> Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1999.

**Tabla 2.6. Porcentaje de las tasas de crecimiento del PIB para el periodo 1950-1999 para México.**

Variable	Porcentaje
Tasa de crecimiento del PIB	4.9
Tasa de crecimiento del PIB <i>per cápita</i> en pesos	2.0
Tasa de crecimiento del PIB <i>per cápita</i> en dólares	5.4
Tasa de crecimiento de la población	2.8

**Tabla 2.7. Porcentaje de las tasas de crecimiento del PIB por periodo para México.**

Variable	1950-1981	1982-1999
Tasa de crecimiento del PIB	6.5	2.3
Tasa de crecimiento del PIB <i>per cápita</i> en pesos	3.2	0.2
Tasa de crecimiento del PIB <i>per cápita</i> en dólares	6.9	4.3

Desde 1950, la economía mexicana ha mostrado movimientos cíclicos alrededor de una tendencia al aumento, así mismo mostró un alto pero también variable crecimiento económico entre 1950 y 1981. El crecimiento económico para el periodo 1982 a 1999 fue muy bajo, debido a los principales procesos de ajuste y realineación de diversas variables económicas relevantes.

Como centro de la economía y la política, la capital del país ha desempeñado un papel estratégico en la vida nacional. La fuerza de atracción del centro del poder funcionó como un poderoso imán que atrajo hacia sí capitales y gente; ampliando la dimensión del mercado y dando lugar a un crecimiento acelerado y autosostenido.

De 1980 a 1996 el PIB *per cápita* de la región centro del país, integrada por el Distrito Federal y los Estados de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Querétaro, disminuyó, no obstante, su peso específico sigue siendo relevante, toda vez que en esta parte del territorio nacional viven el 32.5% de sus habitantes, mismos que generan el 46.6% de la producción anual del país.

La disminución en la importancia de la región centro en estas dos variables, refleja un doble proceso de descentralización relativa de la población y de la producción desde la ZMVM hacia otras zonas metropolitanas y otras partes del país.

Por otra parte, el proceso de terciarización de la región centro avanzó sistemáticamente. De los tres sectores básicos que conforman la estructura de la economía, el primario y el secundario perdieron peso relativo, avanzando por su parte el sector servicios que para 1996 aportaba el 74% de la producción. Esta dinámica fue empujada fundamentalmente en el Distrito Federal, en donde los servicios ganaron 10.2 puntos y generaron 78.6 centavos de cada peso producido en esa entidad.

Aunque el descenso relativo del sector primario es un rasgo estructural de largo plazo de las economías de mercado, la pérdida del dinamismo en este sector ha sido sensiblemente más pronunciada que en el resto del país. Como consecuencia de lo anterior, la participación regional de estas actividades en la producción total es casi tres veces menor que en el conjunto nacional.

Con respecto a la industria, ha ocurrido un importante proceso de descentralización. Los cambios económicos que se viven en la región centro de México son de naturaleza estructural. Los mismos están relacionados con las nuevas formas de organización de la economía mundial, así como con las decisiones estratégicas de reinserción de México en el nuevo escenario económico global.

Dadas las dimensiones adquiridas por la ZMVM, el área enfrenta una problemática de diseconomías de escala. Los costos de construcción de infraestructura, así como los de la oferta de bienes y servicios públicos, se han disparado. Lo mismo ha ocurrido con el precio de la tierra. La transportación de bienes y personas es demasiado lenta y, en consecuencia, cara, en tanto el alto grado de deterioro ambiental es evidente.

Desde esta perspectiva, es deseable que las políticas de desarrollo en México se estructuren a partir de la dimensión regional. Este enfoque tiene la virtud de facilitar la participación social en estas tareas, mejorar la eficiencia en la asignación de recursos y allanar el camino a la necesaria coherencia que debe existir entre los instrumentos, así como entre las instancias participantes en el proceso de planeación.

Dados los graves problemas relacionados con los altos niveles de concentración poblacional en la ZMVM, el crecimiento de otras regiones económicas en el país puede verse como una oportunidad para replantear el desarrollo de esta zona y de la región centro. Hasta ahora estos cambios han sido inducidos por las leyes del mercado; es deseable que sean acompañados por la definición de políticas públicas enmarcadas en una estrategia de desarrollo regional sustentable.

Los procesos económicos y sociales que se viven en la urbe desbordan crecientemente los ámbitos político administrativos que forman la ZMVM. Se ha registrado un continuo proceso de expansión y relocalización territorial de la población y actividad económica de la ciudad central hacia los estados circundantes, cuya influencia se expresa en la densidad de los intercambios al interior de la región centro del país.

Este hecho prefigura la creación de un sistema urbano interdependiente y obliga la competencia de las diferentes instancias y niveles gubernamentales de los estados sobre los que se asienta. Sin embargo, aún no se logra una coordinación y gestión pública integral y planificada sobre la metrópolis como unidad y menos aún se planifica sobre la megalópolis como estructuración regional emergente; por el contrario, lo que se tiene es una gestión fragmentada con una limitada e insuficiente coordinación, que ocasiona una deficiente planificación regional y no favorece la consolidación de un sistema megalopolitano equilibrado, situación que impacta visiblemente no sólo a la zona metropolitana, sino al funcionamiento de toda la región económica de primer orden en el ámbito nacional.

## 2.3 LA MOVILIDAD URBANA

### 2.3.1 EL CICLO ECONÓMICO DEL TRANSPORTE URBANO

El crecimiento económico es la fuerza rectora fundamental que conlleva a la congestión vial y a la contaminación del aire, debido a que influye sobre las tasas de motorización, la generación de viajes y el crecimiento urbano. Existen evidencias de una fuerte correlación

---

entre los niveles de ingreso económico y la posesión de vehículos (los grupos de mayores ingreso aprecian la conveniencia que ofrecen los automóviles, sin mencionar el estatus que conlleva su posesión). Por otra parte, la generación de viajes también se incrementa con el ingreso, a medida que los individuos añaden a su rutina diaria viajes de compras, recreación y sociales. Finalmente, un mayor ingreso se asocia a menudo con fuertes tendencias de expansión tales como la dispersión de sitios de áreas residenciales, comerciales e industriales a través de las zonas urbanas.

Un mayor número de vehículos que realiza más viajes y recorre distancias más largas, conlleva a un crecimiento en el agregado de los vehículos y los kilómetros recorridos. Ello ha sido especialmente importante en el proceso de crecimiento que ha experimentado la ZMVM. Dada una oferta fija de infraestructura (carreteras, vías ferroviarias, servicios de tránsito, etc.), un incremento en los vehículos y los kilómetros recorridos, produce síntomas que incluyen la congestión vial y la contaminación. Sin embargo, es posible y necesario modificar esta vinculación.

El alcanzar metas de movilidad y de calidad del aire en presencia de una situación de crecimiento económico es, por lo tanto, el contexto en el cual se establece la discusión sobre los esfuerzos de la ZMVM.

Para entender mejor los desafíos que confronta el gran desarrollo de la ZMVM, es importante primero considerar el ciclo económico que determina la dinámica del transporte urbano. Este sirve como columna vertebral de cualquier área urbana, a través de las facilidades que brinda al crecimiento económico; este crecimiento crea a su vez impactos en el transporte que a menudo se manifiestan en el incremento de las tasas de movilidad, con una creciente motorización, cambios hacia modos más rápidos de transporte y un aumento en las distancias de viaje.

Estos efectos del transporte producen entonces, por sí mismos, impactos económicos y a menudo efectos "externos" negativos, como el congestionamiento, contaminación del aire y accidentes.

De acuerdo con la encuesta origen destino de 1994<sup>7</sup> en la ZMVM se realizan 20.57 millones de viajes (tabla 2.8) y el Distrito Federal concentra el 66.5% del total de viajes; mientras que los viajes de los municipios conurbados del Estado de México representan sólo el 33.5%, situación que manifiesta la menor producción de viajes, a pesar de encontrarse la población de los municipios conurbados del Estado de México en una proporción semejante a la del Distrito Federal.

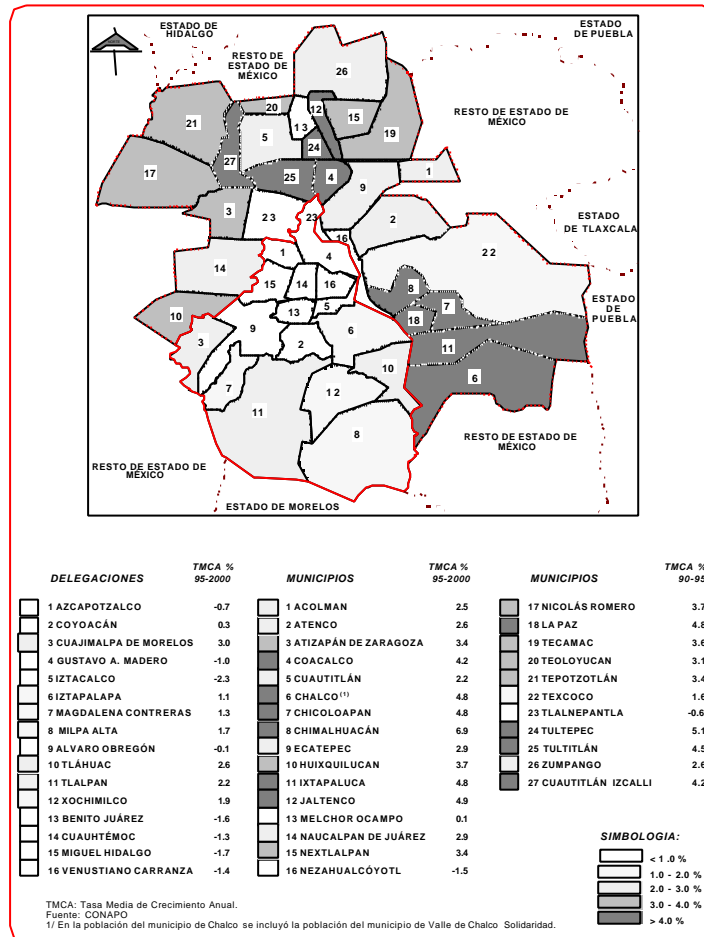
Estas cifras representan un índice de 1.6 viajes por persona al día en el Distrito Federal y de 0.83 en los municipios conurbados del Estado de México, resultando en un promedio general de 1.23 viajes por persona al día en toda la zona. Al considerar casi 30 millones de tramos de viaje en la ZMVM, los índices respectivos se amplían en casi 50% (1.73 tramos de viaje/habitante).

A nivel metropolitano, ocho unidades político - administrativas, entre delegaciones y municipios (Cuauhtémoc, M. Hidalgo, G.A. Madero, V. Carranza, Iztacalco, B. Juárez, Ecatepec y Naucalpan), concentran el 53% de todos los viajes de la ZMVM.

---

<sup>7</sup> INEGI, 1994. Encuesta de origen y destino de los viajes de los residentes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Figura 2.4. Proyección al 2020 de las tasas de crecimiento por delegación y municipio en la ZMVM.



Fuente: SETRAVI, 2001. Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001- 2006.

Los viajes metropolitanos entre el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México, representan el 20.6% del total de viajes, con 4.2 millones de viajes diarios; de éstos:

- El 19% se realizan en automóvil particular, con un volumen de 793 mil viajes al día,
- cuatro millones de tramos de viaje se efectúan en vehículos de baja capacidad (microbuses y combis) complementándose con otros modos de transporte;
- cerca de 1.7 millones se realizan en el Metro, lo cual se refleja en la concentración de usuarios en las estaciones terminales, principalmente: Pantitlán, Indios Verdes y Cuatro Caminos,

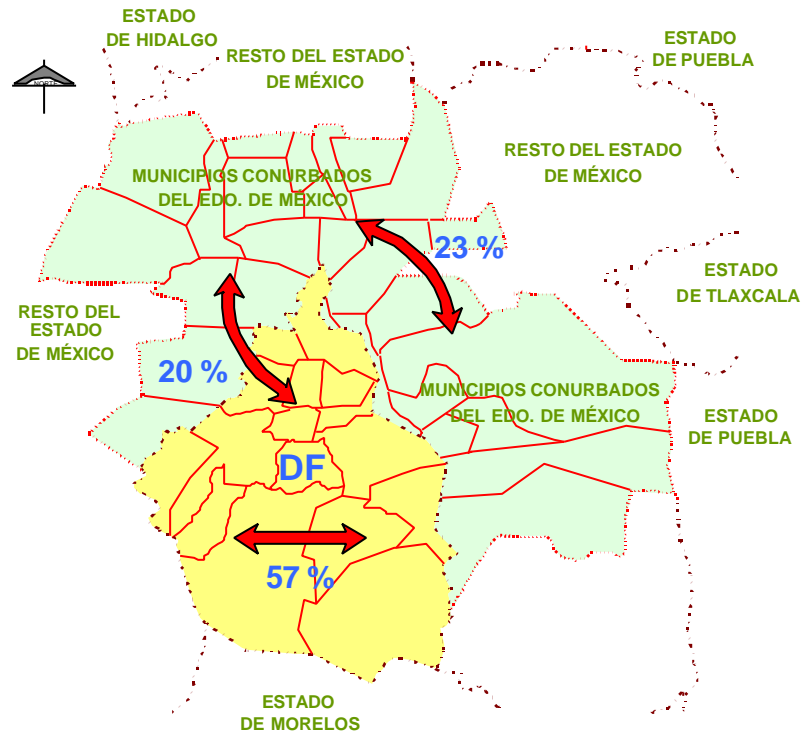


- en el Estado de México, los municipios conurbados que concentran el mayor número de viajes, además de Ecatepec y Naucalpan, son Nezahualcóyotl y Tlalnepantla, mismos que en conjunto representan el 19.5% del total de los viajes metropolitanos.

Derivado del análisis del patrón de viajes diarios en la ZMVM, se tienen las siguientes conclusiones:

- Es imperante la necesidad de atender principalmente con transporte masivo, los movimientos entre las delegaciones que forman el núcleo central de la ciudad y los municipios conurbados, que representan más de 50% del total de viajes en la zona. Al respecto, el Estado de México elaboró su *Plan Maestro de Transporte Masivo*,
- desde el punto de vista de la eficiencia del sistema de transporte, preocupa el hecho de que un volumen tan alto de viajes se realicen en medios colectivos de baja capacidad tanto en el Distrito Federal (donde se realizan cerca de ocho millones de tramos de viajes en estos medios), como en los viajes entre el Distrito Federal y el Estado de México, que suman cuatro millones de tramos de viaje adicionales.

Figura 2.5. Movilidad en la ZMVM, 1994.



Fuente: SETRAVI, 2001. Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001, 2006.

## 2.3.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE VIAJES

El reducido crecimiento de la población del Distrito Federal en los próximos 20 años, no se traducirá en una disminución en la movilidad a su interior, por el contrario, se prevé un incremento en los desplazamientos generados en la ciudad.

En un escenario tendencial, se estima que para el año 2020 se generarán un total de 28.3 millones de viajes en día laborable<sup>8</sup>, de los cuales el 61.5% corresponderán al Distrito Federal, y el 38.5% a los municipios conurbados del Estado de México. Esta distribución aumenta la proporción de viajes en los municipios conurbados en 5% respecto a los registrados durante 1994. En la tabla 2.8 y gráfica 2.5 se muestra la distribución estimada de los viajes en la ZMVM para 1994 y su pronóstico para el 2020.

**Tabla 2.8 Generación de viajes en la ZMVM 1994-2020 (Miles de viajes en día laborable).**

Ámbito Geográfico	1994	%	2020	%
<b>Distrito Federal</b>	<b>13 673.1</b>	<b>66.5%</b>	<b>17 426.3</b>	<b>61.5%</b>
• Viajes al interior del DF	11 598.6	56.4%	14 647.3	51.7%
– En delegaciones	4 977.4	24.2%	6 398.1	22.6%
– Entre delegaciones	6 621.1	32.2%	8 249.2	29.1%
• Viajes metropolitanos	2 074.5	10.1%	2 778.9	9.8%
<b>Municipios conurbados del Estado de México</b>	<b>6 900.6</b>	<b>33.5%</b>	<b>10 914.3</b>	<b>38.5%</b>
• Viajes al interior de la ZMEM	4 744.1	23.1%	8 101.7	28.6%
– En municipios	3 168.0	15.4%	5 340.8	18.8%
– Entre municipios	1 576.0	7.7%	2 760.8	9.7%
• Viajes metropolitanos	2 156.5	10.5%	2 812.6	9.9%
<b>Total Viajes en la ZMVM</b>	<b>20 573.7</b>	<b>100.0%</b>	<b>28 340.6</b>	<b>100.0%</b>
• Total viajes internos	8 145.5	39.6%	11 738.9	41.4%
• Total viajes entre delegaciones/municipios	8 197.2	39.8%	11 010.1	38.8%
• <b>Total de viajes metropolitanos</b>	<b>4 231.1</b>	<b>20.6%</b>	<b>5 591.6</b>	<b>19.7%</b>

Fuente: INEGI, 1994. Encuesta Origen – Destino. Análisis y Proyecciones de SETRAVI.

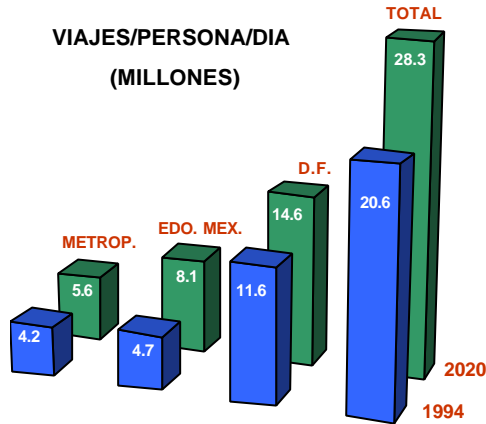
El crecimiento periférico de la zona metropolitana tendrá una incidencia muy importante en las vialidades de acceso al Distrito Federal; se estima que el número de viajes entre los municipios conurbados del Estado de México y las delegaciones centrales del Distrito Federal se incrementará de 4.2 millones registrados en 1994<sup>9</sup>, a 5.6 millones de viajes en el 2020 (gráfica 2.5), mismos que se verán reflejados en la demanda de infraestructura vial y de

<sup>8</sup> Para el pronóstico de los viajes se utilizó un modelo de nivel esquemático que permite determinar (para distintos horizontes de tiempo), los viajes generados en el Distrito Federal y la zona metropolitana del Valle de México.

<sup>9</sup> Estudio de Origen - Destino de los viajes de los residentes de la zona metropolitana de la ciudad de México. INEGI, 1994

transporte a lo largo de tres corredores metropolitanos: al norte, al oriente y uno más de menor intensidad hacia el poniente de la ZMVM, que conecta el corredor México - Toluca, impulsando la integración megalopolitana.

**Gráfica 2.5. Proyección de la generación de viajes en la ZMVM, 1994 - 2020**



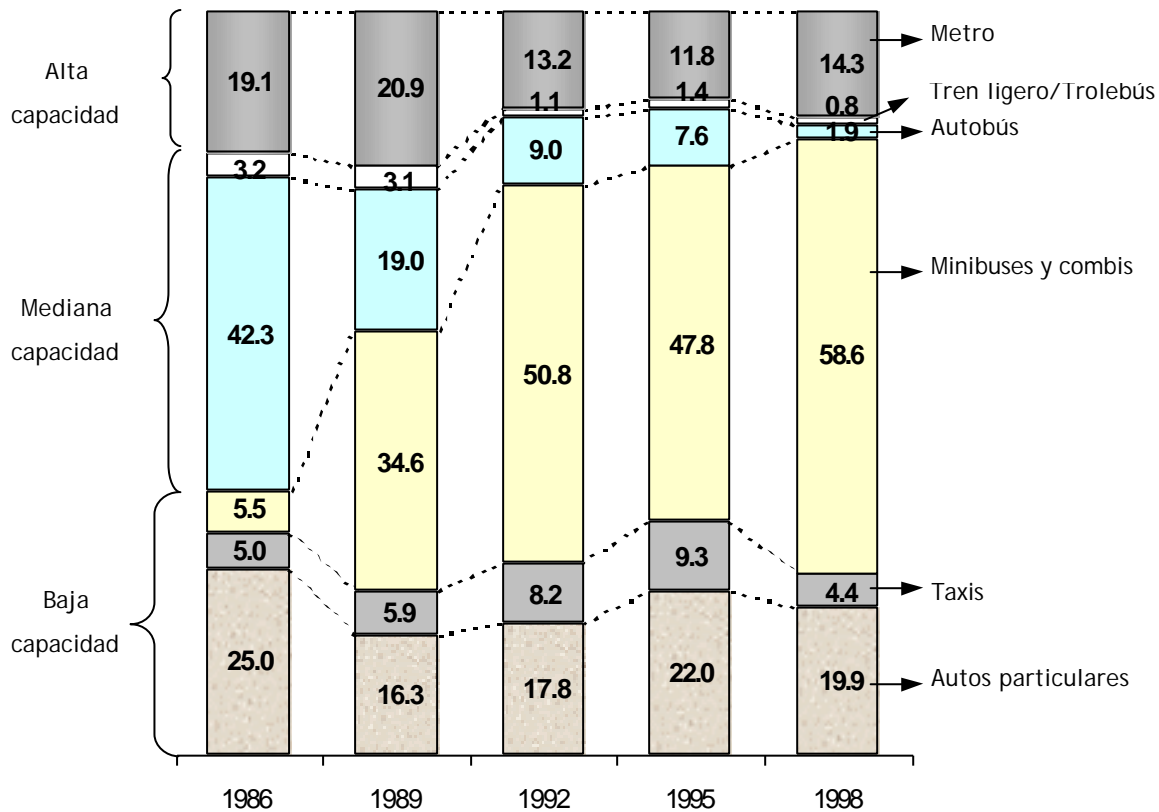
Fuente: SETRAVI, 2001. Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001- 2006.

### 2.3.3 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA MODAL DEL TRANSPORTE

La participación de los distintos modos de transporte ha cambiado en los últimos 15 años, resaltando que en 1986 el transporte eléctrico (Metro, Trolebús y Tren Ligero) proporcionó el 22% de los viajes persona/día y que actualmente su participación es menor al 14%, incrementándose, por otra parte, la del transporte colectivo y taxis de un 11% a un 58%.

En 1986 la captación de usuarios de los modos de transporte de alta y mediana capacidad fue de casi el 65%, pero se ha reducido a menos del 20% (gráfica 2.6). Esta tendencia continúa pues se estima que en el periodo 1994 - 1998, la captación de los modos de mediana y alta capacidad se redujo aún más, frente a una mayor participación de los colectivos y de los automóviles particulares.

**Gráfica 2.6. Evolución de la participación modal de transporte en la ZMVM (%).**



Fuente: CGT y COVITUR- DDF, 1989 - 1998. Poder Ejecutivo Federal, 1986. 3er Informe de Gobierno.

## 2.4 USO DE ENERGÍA

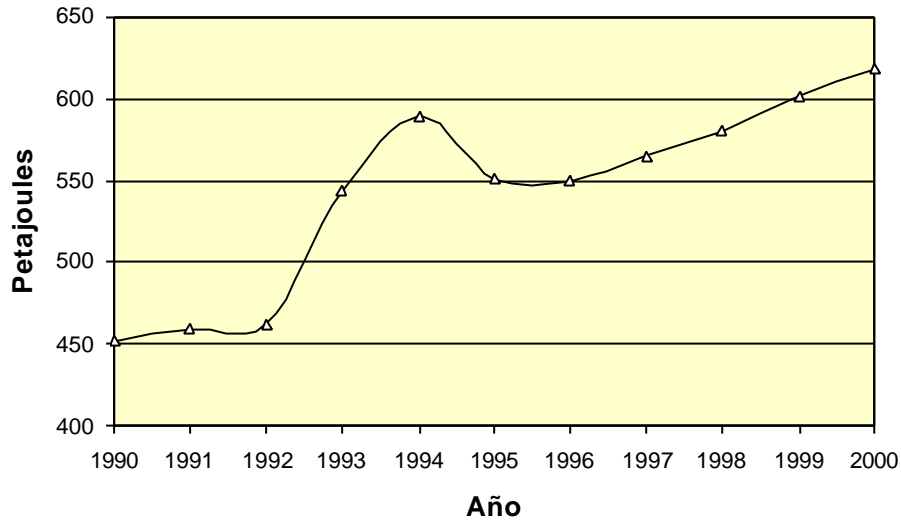
El uso de energía es el hilo conductor entre la actividad urbana y la generación de contaminantes atmosféricos. En particular, el uso de combustibles fósiles en el transporte, la industria, los servicios y en el sector doméstico, constituye una de las causas más significativas de emisiones a la atmósfera.

La magnitud de la actividad comercial, industrial y agrícola de esta metrópoli puede expresarse entre otras formas, a través de la manera como se distribuye la demanda de energía. Al respecto, existen diversos estudios que consignan una correlación significativa entre el producto interno y la demanda de energía. La forma en que esta demanda impacta la calidad del aire depende en gran medida del balance energético, del tipo y calidad de los combustibles, así como del nivel tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

La ZMVM en 1998 consumió 579 petajoules de energía por el uso de combustibles fósiles (14% del consumo nacional), esto equivale a consumir 301 mil barriles diarios de gasolina.

En la gráfica 2.7 se presenta la evolución histórica del consumo energético de la zona metropolitana, donde se puede apreciar que de 1994 a 1995, disminuyó casi en un 7%; posteriormente aumentó gradualmente hasta alcanzar un máximo en el año 2000 con respecto a los últimos diez años (618 petajoules).

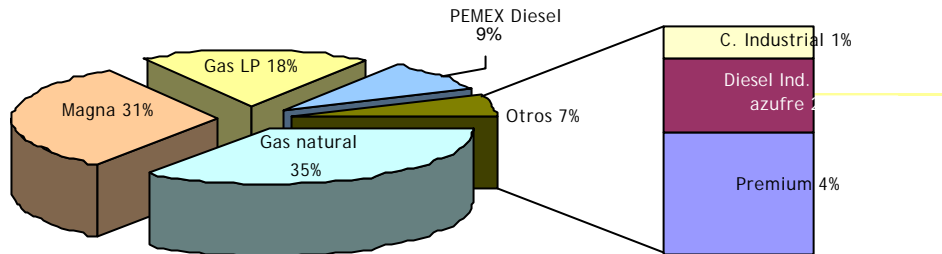
Gráfica 2.7 Consumo energético histórico ZMVM 1990-2000.



Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 2000; PEMEX Refinación, 2001 y Secretaría de Energía, 1999.

Actualmente los principales aportadores de energía son las gasolinas con el 35%, el gas natural con el 35%, el gas LP con un 18% y el diesel vehicular con el 9%. La gráfica 2.8 muestra la distribución energética por tipo de combustible.

Gráfica 2.8 Distribución energética por combustible en el año 2000.



Agrupando los consumos porcentuales energéticos por tipo de combustible, se obtienen los consumos por sector<sup>10</sup> mostrados en la tabla 2.9. Como se puede observar, la participación en el consumo de energía por el sector transporte se ha reducido, mientras que se ha incrementado la de la industria.

**Tabla 2.9 Consumo energético porcentual por sector ZMVM 1990-2000.**

Actividad	Año										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Transporte	48.4	50.7	50.2	46.7	47.9	48.7	47.9	47.9	47.4	45.0	44.8
Industria	36.7	34.5	32.9	39.4	37.9	35.6	36.9	37.8	38.6	39.6	39.4
Residencial/Comercial	14.9	14.8	16.9	13.9	14.2	15.7	15.2	14.3	14.0	15.4	15.8

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, PEMEX Refinación y Secretaría de Energía.

Haciendo un análisis más detallado, se tiene que desde 1990 el transporte es el principal consumidor de energía, su demanda más baja en el periodo 1990-2000 fue del 45% y la mayor fue de 50.7% del total de la energía generada por la combustión de los combustibles incluidos en este balance energético. Para el caso de la industria se tiene que en este mismo periodo su consumo energético se ha mantenido entre el 32.9% y el 39.6%; la participación en la demanda energética por el sector residencial/comercial de 1990 respecto al 2000 varió en un 1%.

En la tabla 2.10 se presenta el consumo anual por tipo de combustible de la ZMVM expresada en petajoules<sup>11</sup>, en el que se aprecia que el consumo de combustibles, desde 1990 a el año 2000, se ha incrementado de sobremanera, esto debido al crecimiento de la población y sus necesidades de servicios.

Así, se observa que en el periodo 1990-2000 la demanda de gasolina se incrementó en casi un 19%; aunque el consumo de gasolina Nova fue disminuyendo hasta desaparecer en 1998; en la misma proporción la demanda de gasolina Magna fue aumentando y en 1996 se inicia la distribución de la nueva gasolina PEMEX "Premium".

<sup>10</sup> Para agrupar por sector el consumo energético de gas LP y Gas natural se tomaron como base los porcentajes de distribución que utilizó Gerardo Bazán Navarrete en el estudio de "Energía y Contaminación del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México" y se complementó para el caso de gas LP con el estudio del TUV Rheinland de México "Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM".

<sup>11</sup> Se puede comparar el consumo energético del año 2000, que es de 618.2 petajoules, que equivaldría a 52.5 mil metros cúbicos por día de gasolina.

Tabla 2.10 Consumo energético de la ZMVM, 1990- 2000 (Petajoules).

Tipo de Combustible		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Transporte	Nova	177.9	189.0	162.6	143.2	135.4	119.4	100.9	27.0	N/C	N/C	N/C
	Premium	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	0.2	6.4	13.4	16.1	20.6
	Magna	1.6	14.7	40.4	65.5	87.1	94.1	106.1	178.0	200.8	193.1	193.6
	Diesel especial	29.7	22.3	24.9	26.7	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
	Diesel nacional	6.5	1.2	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C
	PEMEX diesel	N/C	N/C	N/C	11.6	53.2	49.8	52.7	55.3	57.9	58.2	58.5
	<b>Subtotal</b>	<b>215.7</b>	<b>227.2</b>	<b>227.9</b>	<b>247</b>	<b>275.7</b>	<b>263.3</b>	<b>259.9</b>	<b>266.7</b>	<b>272.1</b>	<b>267.4</b>	<b>272.7</b>
Industria y servicios	Gasóleo industrial	N/C	0.7	16.0	15.6	12.6	11.7	12.4	12.9	N/C	N/C	N/C
	Diesel industrial	N/C	N/C	N/C	2.0	12.7	10.1	10.0	N/C	N/C	N/C	N/C
	Diesel industrial de bajo azufre	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/S	N/S	10.0	8.9	11.5	12.1
	Combustible industrial	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	15.1	10.0	5.3
	Diáfano	1.5	1.2	1.0	0.8	1.1	0.9	0.9	0.3	N/C	N/C	N/C
	Gasóleo doméstico	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/C	N/S	0.1	0.1	N/S
	Gas natural*	157.4	151.8	129.0	191.4	192.3	167.6	172.4	183.3	190.6	207.4	217.1
	<b>Subtotal</b>	<b>158.9</b>	<b>153.7</b>	<b>146</b>	<b>209.8</b>	<b>218.7</b>	<b>190.3</b>	<b>195.7</b>	<b>206.5</b>	<b>214.7</b>	<b>229</b>	<b>234.5</b>
Residencial	Gas LP**	77.9	78.1	89.1	85.9	94.8	97.4	94.4	91.5	92.6	105.1	110.8
	<b>Subtotal</b>	<b>77.9</b>	<b>78.1</b>	<b>89.1</b>	<b>85.9</b>	<b>94.8</b>	<b>97.4</b>	<b>94.4</b>	<b>91.5</b>	<b>92.6</b>	<b>105.1</b>	<b>110.8</b>
<b>Total</b>		<b>452.4</b>	<b>459.2</b>	<b>463.0</b>	<b>542.8</b>	<b>589.3</b>	<b>551.0</b>	<b>550.0</b>	<b>564.6</b>	<b>579.5</b>	<b>601.5</b>	<b>618.2</b>

Nota: \*Del 1 al 2% de este combustible se consume en el sector residencial y el 0.1% en el sector transporte.

\*\*Del 11 al 12.4% de este combustible lo consume la industria y los servicios y del 2.8% al 4.5% el sector transporte.

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX, PEMEX Gas y Petroquímica Básica y la SENER.

## CAPÍTULO 3

### LOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE



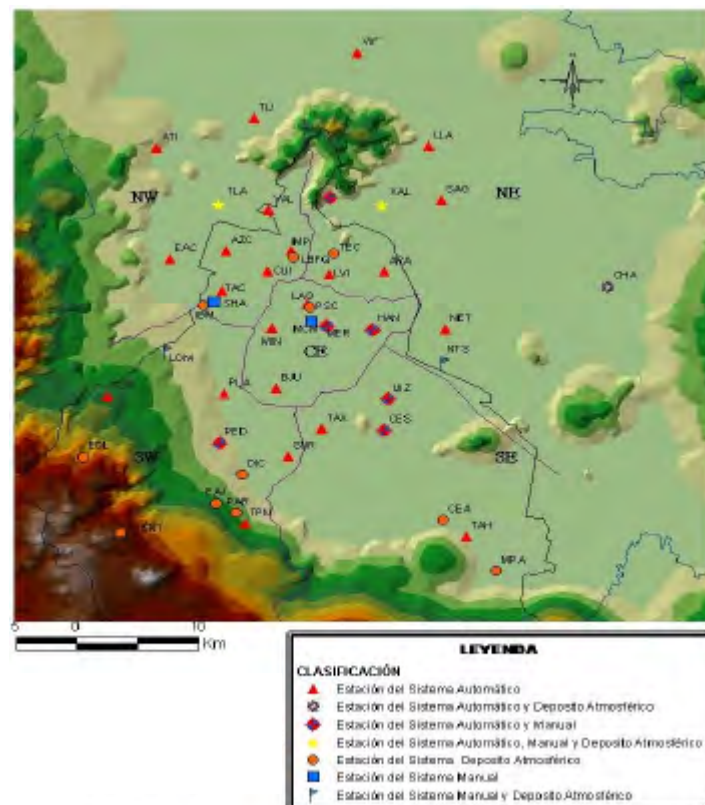


### 3.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, en la ZMVM se cuenta con una amplia infraestructura para la medición, registro, procesamiento y difusión de los niveles de contaminantes atmosféricos y de los principales factores meteorológicos que influyen sobre los niveles de la contaminación del aire. Esta infraestructura integra un sistema de monitoreo que tiene los siguientes objetivos principales: a) vigilar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos cada hora del día, los 365 días del año, como base para la activación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA); b) evaluar las tendencias de la calidad del aire y el impacto de las estrategias de control aplicadas; y c) informar a la población sobre los niveles de contaminación del aire.

El sistema de monitoreo atmosférico de la ZMVM está integrado por 5 subsistemas operativos: a) la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA); b) la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA); c) la Red de Depósito Atmosférico (REDDA); d) la Red Meteorológica (REDMET); y e) la Red de Radiación Solar (REDRAS). Adicionalmente se cuenta con una unidad móvil de monitoreo atmosférico. La figura 3.1 ilustra la localización del Sistema de Monitoreo Atmosférico y la tabla 3.1 muestra los objetivos específicos, número de estaciones y parámetros que mide cada uno de los subsistemas que lo integran. En el anexo 4 se describe con mayor detalle la configuración actual del sistema, así como los distintos contaminantes y parámetros que registra.

**Figura 3.1 Sistema de Monitoreo Atmosférico.**



Fuente: Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

**Tabla 3.1 Sistema de monitoreo atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de México.**

	RAMA	REDMA	REDDA	REDMET	REDRAS	UNIDAD MÓVIL
OBJETIVO	Registro de la calidad del aire ambiente en la ZMVM, con métodos de medición automáticos	Registro de partículas suspendidas totales y PM <sub>10</sub> con métodos de medición manuales, complementario al registro de la RAMA	Seguimiento de sustancias que determinan la acidez del agua de lluvia	Medición de los parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión, transporte y transformación de los contaminantes en la atmósfera	Medición de radiación solar para investigación de procesos fotoquímicos e información a la población para prevenir la exposición	Apoyo a estudios específicos en lugares remotos o donde no se cuenta con información de calidad del aire
NÚMERO DE ESTACIONES	32 estaciones, 21 en el DF y 11 en el Estado de México	13 estaciones en la ZMVM	16 estaciones ubicadas en la zona urbana, rural y de conservación ecológica de la ZMVM	10 estaciones	8 estaciones	1 unidad móvil
PARÁMETROS QUE MIDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ozono</li> <li>PM<sub>10</sub></li> <li>Monóxido de carbono</li> <li>Bióxido de azufre</li> <li>Óxidos de nitrógeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM<sub>10</sub></li> <li>Partículas Suspendidas Totales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sulfatos</li> <li>Nitratos</li> <li>Potencial hidrógeno (pH)</li> <li>Aniones</li> <li>Cationes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad y dirección del viento.</li> <li>Humedad relativa</li> <li>Temperatura ambiente</li> <li>Perfiles del viento en la horizontal y la vertical de la tropósfera baja</li> <li>Perfiles de temperatura en la vertical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radiación ultravioleta</li> <li>Radiación global total</li> <li>Medición de actividad fotosintética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ozono</li> <li>PM<sub>10</sub></li> <li>Monóxido de carbono</li> <li>Bióxido de azufre</li> <li>Óxidos de nitrógeno</li> <li>Velocidad y dirección del viento</li> <li>Humedad relativa</li> <li>Temperatura ambiente</li> </ul>

En las siguientes secciones se describe el comportamiento histórico, la situación actual y las perspectivas de los principales indicadores de la calidad del aire en la ZMVM.

## 3.2 PARTICULAS SUSPENDIDAS

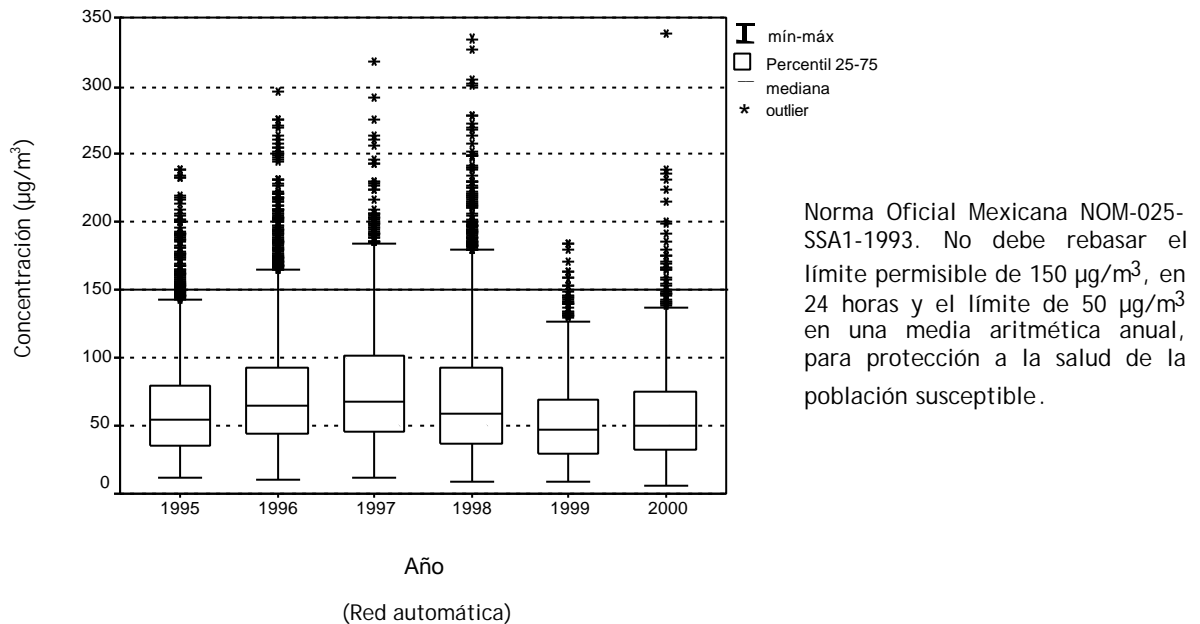
### 3.2.1 Partículas menores a 10 micrómetros

Las concentraciones de PM<sub>10</sub> en la atmósfera de la ZMVM están con mucha frecuencia fuera de los límites establecidos por la norma de protección a la salud. Por una parte, los niveles de este contaminante exceden el límite permisible para periodos de 24 horas (150 µg/m<sup>3</sup>), lo cual puede tener como consecuencia efectos de tipo agudo. Por otro lado, la concentración promedio anual de PM<sub>10</sub> supera los 50 µg/m<sup>3</sup> (promedio anual), lo cual aumenta el riesgo de efectos de tipo crónico.

Hasta ahora, los niveles de  $PM_{10}$  registrados han desencadenado la activación de la Fase I del PCAA en la ZMVM en dos ocasiones: una en 1998 y otra en el año 2000.

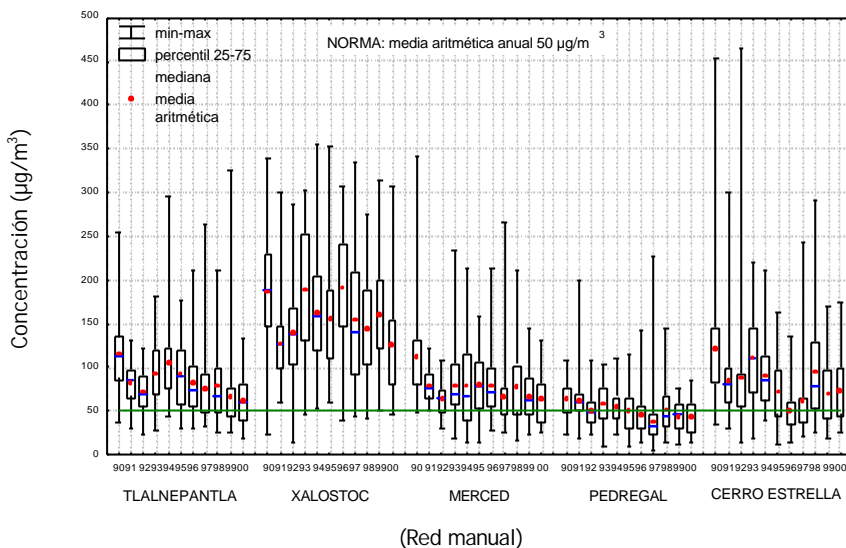
La figura 3.2 ilustra el comportamiento que han tenido las  $PM_{10}$  en la ZMVM, a partir de 1995. Entre 1996 y 1998, las concentraciones de  $PM_{10}$  excedieron el límite establecido para periodos de 24 horas hasta en el 38% de los días del año. En contraste, durante 1999 las concentraciones de  $PM_{10}$  se mantuvieron en niveles relativamente bajos y únicamente excedieron el límite prescrito el 2% de los días del año. En el año 2000, las concentraciones de  $PM_{10}$  excedieron el límite permisible el 6% de los días del año.

**Gráfica 3.2 Comportamiento de las concentraciones máximas diarias de  $PM_{10}$  en la ZMVM en 10 estaciones de monitoreo (1999-2000).**



Históricamente, los niveles más altos de este contaminante se han presentado por lo general en la zona noreste de la ZMVM. En la gráfica 3.3 se observa que el límite establecido por la norma se ha excedido en más de un 50% de las mediciones registradas en la estación Xalostoc (representativa de la zona industrial ubicada en dicha zona). Es conveniente resaltar que es en esta zona donde se presenta un mayor riesgo para la salud con respecto a este contaminante.

**Gráfica 3.3 Tendencia histórica de las PM<sub>10</sub> en la ZMVM (1990-2000).**



Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. No debe rebasar el límite permisible de 150 µg/m<sup>3</sup>, en 24 horas y el límite de 50 µg/m<sup>3</sup> en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

Las concentraciones de PM<sub>10</sub> exceden la norma anual (50 µg/m<sup>3</sup>) en la mayor parte de la ZMVM, con la única excepción del suroeste (representado por la estación Pedregal de la RAMA).

Entre los años de 1995 al 2000 se ha observado que en las estaciones representativas de la zona noroeste (Tlalnepantla) y noreste (Xalostoc) se ha registrado una ligera disminución de las concentraciones de PM<sub>10</sub>. En las estaciones ubicadas en el centro y el sur de la ZMVM, la tendencia no es clara todavía (tabla 3.2).

**Tabla 3.2 Prueba de tendencia de Mann-Kendall para partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) en la ZMVM (por estación) de 1995 a 2000.**

Periodo 1995 a 2000 (nivel de confianza 90%)	CES*	MER*	PED*	TLA*	XAL*
Presenta tendencia	NO	NO	NO	SI	SI
Tasa instantánea de cambio <sup>1</sup>	-	-	-	-9.225	-12.667
Concentración estimada al inicio y al final del periodo (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	-	-	-	121   76	165   102
Porcentaje de disminución del periodo 1995-2000	-	-	-	38%	38%

Notas:

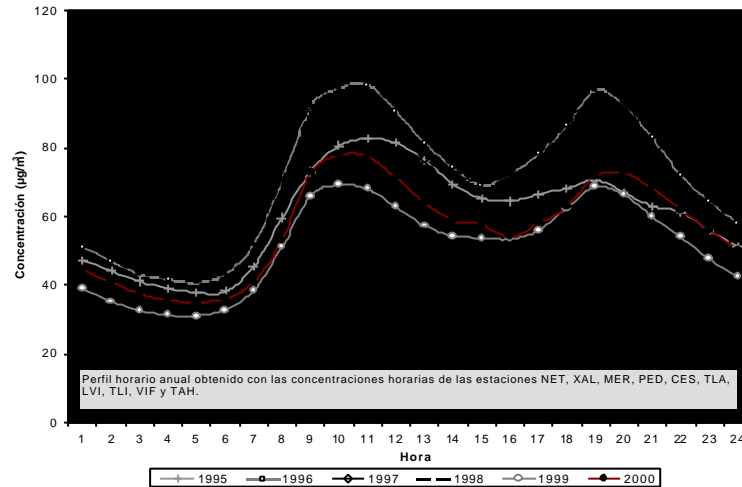
1) La pendiente se estima por el método de Sen's y a partir de esta se obtienen las concentraciones estimadas de cada periodo de tiempo seleccionado.

2) Es importante destacar que en este análisis no se aprecia una influencia de los eventos de 1998, ya que el uso del percentil 95 evita la influencia de las concentraciones extremas que se registraron en ese año.

\* Cerro de la Estrella (CES), Merced (MER), Pedregal (PED), Tlalnepantla (TLA) y Xalostoc (XAL).

La gráfica 3.4 muestra que las concentraciones de PM<sub>10</sub> más altas se registran entre las 10 y las 12 del día y entre las 7 y las 9 de la noche, lo cual indica que su presencia en el aire guarda una estrecha relación con el ritmo de actividad en la ZMVM. Entre otras implicaciones, este comportamiento podría sugerir que las emisiones del transporte, la actividad industrial y la resuspensión de polvos por la circulación de vehículos se encuentran entre las principales causas de la presencia de PM<sub>10</sub> en la atmósfera de la ZMVM.

**Gráfica 3.4 Comportamiento diario de las PM<sub>10</sub> en la ZMVM (1995-2000).**

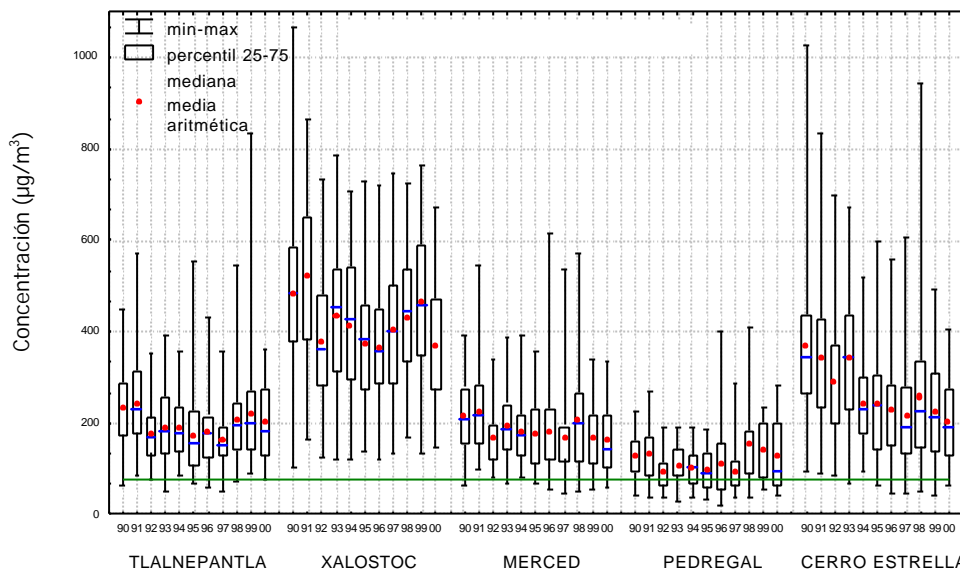


### 3.2.2 Partículas suspendidas totales

En los Estados Unidos de América, las partículas suspendidas totales (PST) han dejado de ser un parámetro para fines de evaluación de la calidad del aire, ya que en su lugar se emplean las PM<sub>10</sub>. En México se decidió mantener en vigor la norma de protección a la salud para PST, por lo cual continúa su medición y reporte como un indicador del avance en el control de las partículas de mayor tamaño.

En la gráfica 3.5 se observa que las PST exceden el límite anual establecido por la norma de calidad del aire para la protección a la salud (75 µg/m<sup>3</sup>, media aritmética anual) en toda la Zona Metropolitana del Valle de México. Aunque en la mayoría de las estaciones no hay una tendencia definida en la primera mitad de la década, después de 1995 hubo un aumento generalizado en la ZMVM, excepto para el año 2000, cuando los niveles disminuyeron ligeramente.

De acuerdo con los resultados que se ilustran en la gráfica 3.5, los niveles de PST más altos se presentan en las zonas noreste y sureste de la ZMVM (representadas por las estaciones Xalostoc y Cerro de la Estrella, respectivamente). En estas estaciones, es frecuente que los muestreos de 24 horas rebasen la norma de 260 µg/m<sup>3</sup>. En el caso de Xalostoc, en algunos años de la década pasada fue común que se registraran concentraciones superiores a 400 µg/m<sup>3</sup> en muestreos de 24 horas.

**Gráfica 3.5 Tendencia histórica de PST en la ZMVM (1990-2000).**

Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA1-1993. No debe rebasarse el límite máximo permisible de  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en 24 horas, en un periodo de un año y  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

### 3.3 OZONO

A lo largo de la década de los 90's, hubo una reducción gradual de las concentraciones de ozono que ocurren en la ZMVM. De acuerdo con los resultados de tendencia del indicador percentil 95, en 5 de estos sitios (PED, CES, MER, TLA, XAL), que son identificados como representativos de las zonas del área metropolitana, durante el periodo 1990-2000 tuvieron una tendencia decreciente estadísticamente significativa. En el periodo 1995-2000, cuando operó el PROAIRE, la tasa de reducción de esta tendencia disminuyó en las 5 estaciones. En este último periodo las disminuciones oscilaron entre un 12%, en el caso de la estación PED del suroeste, y un 26% en la estación CES del sureste.

Esta disminución generalizada del  $Q_3$  en toda la ZMVM, también se observó cuando se analizó el comportamiento del indicador percentil 75 de las concentraciones máximas diarias registradas. Fue notable que el 50% de los datos de este grupo de estaciones, fueron menores al valor de la norma de protección a la salud en los últimos 4 años de la década. El análisis del perfil diario de las concentraciones registradas en estas estaciones, mostró que de 1990 a 1996 hubo una disminución gradual de los niveles de ozono en todas las horas del día y que en los 2 últimos años fueron similares.

Por el contrario, al evaluar el estado de la calidad del aire al nivel de la ZMVM, tomando

en cuenta la concentración máxima diaria de cualquiera de las estaciones de monitoreo, se observó que desde 1997 la norma de protección se ha rebasado en casi el 90% de los casos. Este análisis conlleva la incertidumbre del desempeño histórico de las estaciones consideradas, es decir, incluye estaciones con pocos años de monitoreo o aquellas que han medido de manera inconsistente.

Por lo anterior, se puede concluir que la evaluación del estado de la calidad del aire del  $O_3$ , señala disminuciones significativas cuando se evalúa al nivel local, seleccionando solamente aquella información que es consistente a lo largo del tiempo; en tanto que el análisis con información de todas las estaciones de monitoreo, no indica cambios importantes del estado de la calidad del aire en toda Zona Metropolitana del Valle de México.

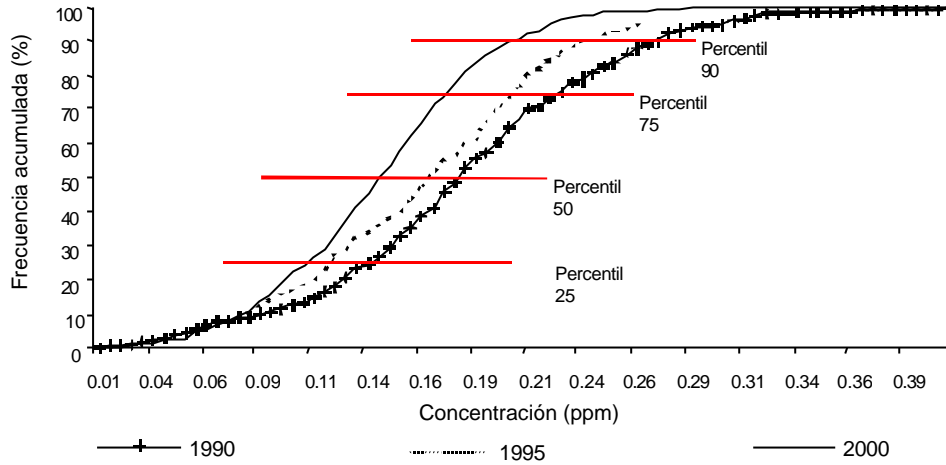
El ozono rebasa el límite establecido por la norma de protección a la salud (0.11 ppm, 1 hora, una vez al año); desde 1995, la concentración máxima diaria de toda la ZMVM rebasa el valor de esta norma en cerca del 88% de los días del año; la excepción a esta situación fue 1999, que se considera como el año más limpio de la década pasada (ver tabla A del Anexo 3).

En la gráfica 3.6, se observa el comportamiento de la distribución acumulada del  $O_3$  en la estación de monitoreo Pedregal en 3 años clave de la gestión ambiental en la zona metropolitana: en 1990 cuando se instrumentó el PICCA, 1995 cuando se instrumentó el PROAIRE y 2000 cuando concluye este programa. El comportamiento de esta distribución indica que a lo largo de la década, las concentraciones máximas diarias de  $O_3$  disminuyeron en intensidad, lo que se puede asociar indirectamente con los programas mencionados, sin descartar la influencia de las condiciones meteorológicas.

En esta gráfica, el percentil 90 del año 2000 indica que el 90% de las concentraciones máximas diarias fueron inferiores a 0.203 ppm (176 puntos del IMECA), en tanto que en 1995 fueron inferiores a 0.236 ppm (203 puntos del IMECA). En el caso del percentil 50, su valor señala que en el 2000 el 50% de los días tuvieron una concentración máxima de 0.141 ppm (125 puntos del IMECA), mientras que en 1995 fueron de 0.163 ppm (143 puntos del IMECA).



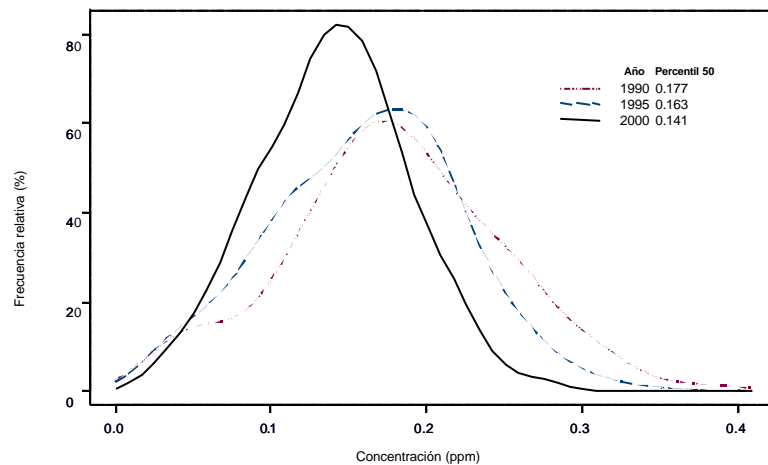
**Gráfica 3.6 Distribución acumulada de las concentraciones máximas de ozono en la estación Pedregal durante 1990, 1995 y 2000.**



Por su parte, el percentil 25 indica que al menos el 25% de los días del 2000 registró concentraciones máximas de O<sub>3</sub> inferiores a 0.107 ppm (97 puntos del IMECA), lo que indica que también se incrementaron los días en que se cumplió la norma a lo largo de la década.

En la gráfica 3.7 se muestra otra representación gráfica del comportamiento de las concentraciones máximas diarias del O<sub>3</sub> en la estación Pedregal en los 3 años señalados. En ésta se puede observar como aumenta la frecuencia de concentraciones con valores más bajos en el 2000, en tanto que en 1995 y en 1990 se registraron concentraciones extremas que prolongan este tipo de distribución.

**Gráfica 3.7 Distribución relativa de las concentraciones máximas de ozono en la estación Pedregal durante 1990, 1995 y 2000.**



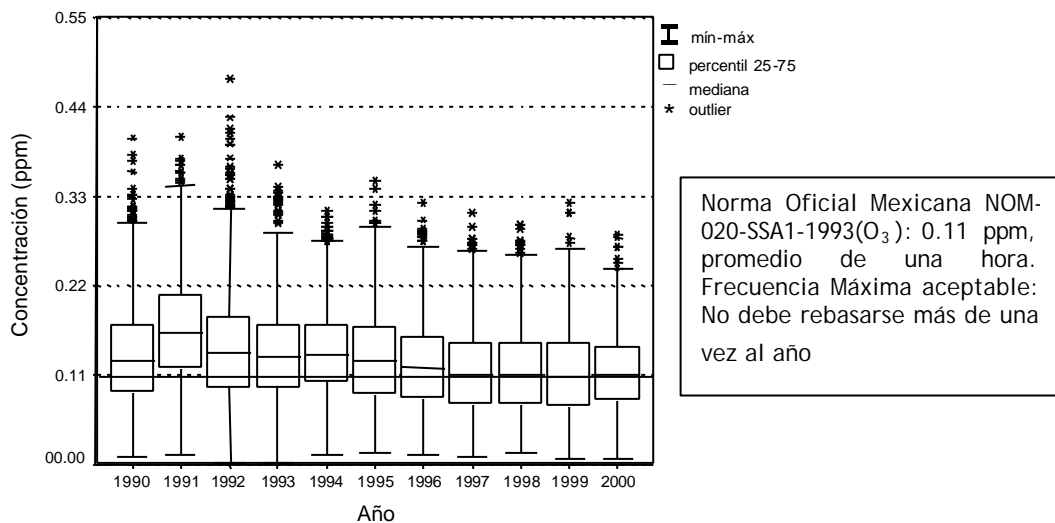
En la actualidad la disminución de la intensidad de los niveles de  $O_3$  se generaliza a toda la ZMVM. De hecho, la última ocasión en que se instrumentó el PCAA por niveles altos de  $O_3$  fue el 15 de octubre de 1999; sin embargo, aún se presentan concentraciones superiores a 0.233 ppm (más de 200 puntos IMECA) que motivan la instrumentación de la fase de Precontingencia del PCAA; en el 2000 esto ocurrió en 19 días (tabla A del Anexo 3).

Desde el 28 de mayo de 1998 la instrumentación del PCAA por  $O_3$  se realiza cuando se registra una concentración superior a 0.282 ppm (240 puntos IMECA); antes se instrumentaba cuando se alcanzaba una concentración de 0.294 ppm (250 puntos IMECA). En el Anexo 5 se presenta un listado de las ocasiones en que se ha activado el PCAA en la Zona Metropolitana del Valle de México.

La elección de la estación Pedregal (PED) para ejemplificar el comportamiento del  $O_3$ , se debe a que es la estación que ha registrado históricamente los niveles más altos, de hecho la instrumentación del PCAA se ha debido con mayor frecuencia a las concentraciones que históricamente ha registrado esta estación.

El comportamiento de las concentraciones máximas diarias de  $O_3$ , registradas en las 6 estaciones con mejor desempeño histórico de 1990 a 2000, indica una disminución generalizada en toda la ZMVM. Es notable que entre 1997 y 2000, cuando operó el PROAIRE, el valor del percentil 50 estuvo cercano al valor de la norma de protección a la salud, es decir, que en estos 4 años cerca del 50% de las concentraciones máximas diarias registradas en estas 6 estaciones fueron inferiores al límite de la norma de protección a la salud para ozono (Anexo 3).

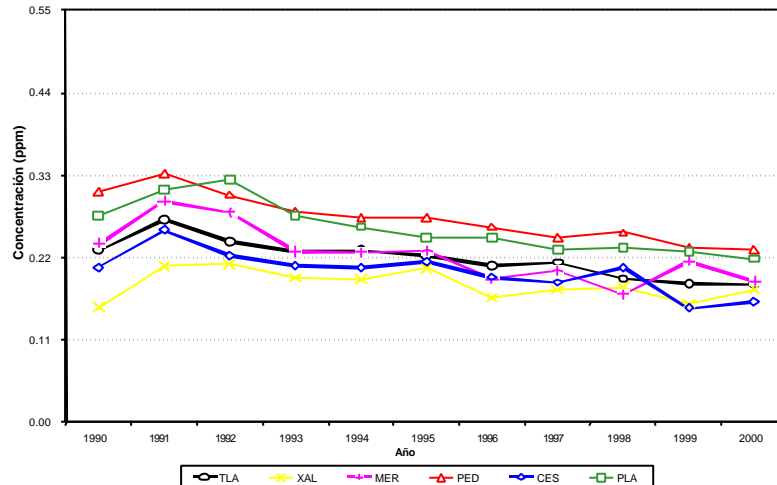
**Gráfica 3.8 Comportamiento de las concentraciones máximas diarias de ozono en 6 estaciones de monitoreo de la ZMVM. 1999-2000.**



En el caso de las concentraciones críticas, el comportamiento del percentil 75 señala también una disminución paulatina de este tipo de eventos en las 6 estaciones consideradas. La concentraciones críticas, superiores al percentil 75, motivan la instrumentación del PCAA y, en los últimos años han ocurrido como eventos atípicos (outlier), es decir, son datos que no ocurren frecuentemente (Anexo 3).

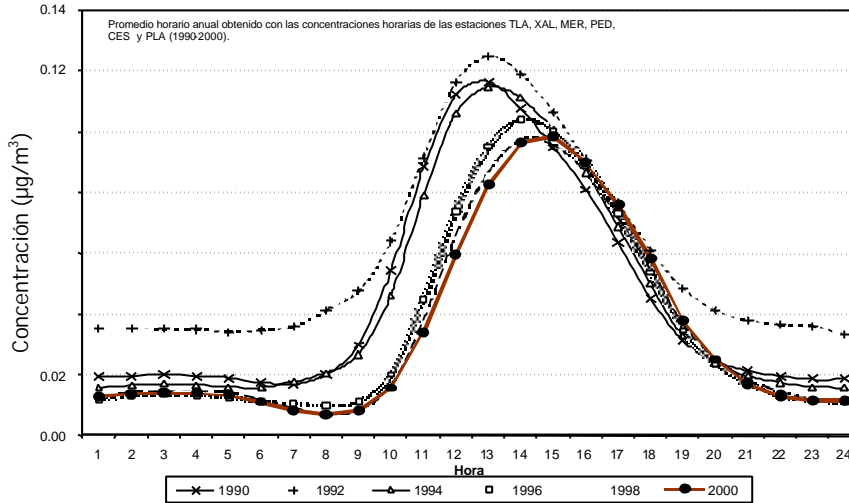
La tendencia del ozono calculada con los primeros 30 valores máximos (TOP 30) ocurridos durante un año, presenta una disminución generalizada desde 1995, después de un periodo de poca variación de 1993 a 1994. Destacan en este análisis las estaciones Pedregal (PED) y Plateros (PLA) de la zona suroeste de la ZMVM, ya que los valores de este indicador duplican al valor de la norma de salud de 0.11 ppm, por lo que se caracteriza a esta región como la de mayor riesgo (gráfica 3.9).

**Gráfica 3.9 Promedio anual 1990-2000 de los primeros 30 máximos diarios por año (TOP 30).**



La evolución del comportamiento diario del  $O_3$  también muestra una disminución paulatina a lo largo de la década, tanto en la magnitud de los promedios horarios máximos como en la amplitud del periodo de ascenso de sus valores (gráfica 3.10). Esto sugiere una disminución del riesgo por exposición a niveles altos de ozono en periodos prolongados y de manera indirecta señala la eficiencia de los programas de prevención y control. Es importante observar que en los dos últimos años los promedios son similares.

**Gráfica 3.10 Comportamiento promedio diario del ozono en la ZMVM (1990 -2000).**

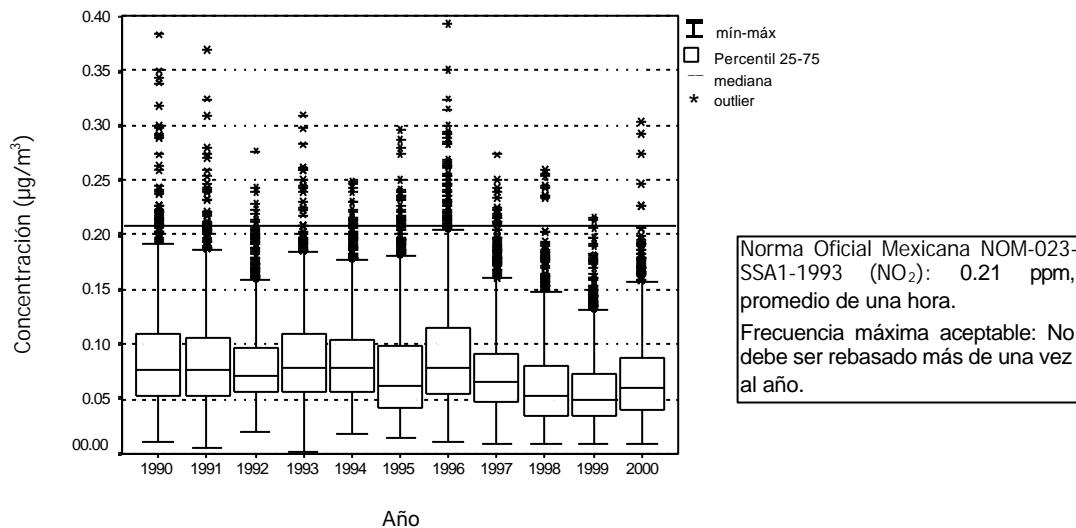


### 3.4 BIÓXIDO DE NITRÓGENO

Las concentraciones de bióxido de nitrógeno tuvieron un comportamiento relativamente estable a lo largo de la década de los 90; si bien la norma de protección a la salud (0.21 ppm, promedio de una hora) se excede en alrededor de un 10% de días del año, las concentraciones máximas han tendido a disminuir (entre el 26 y 33%), excepto en la zona noroeste donde se localiza una alta concentración de industrias y grandes flujos vehiculares.

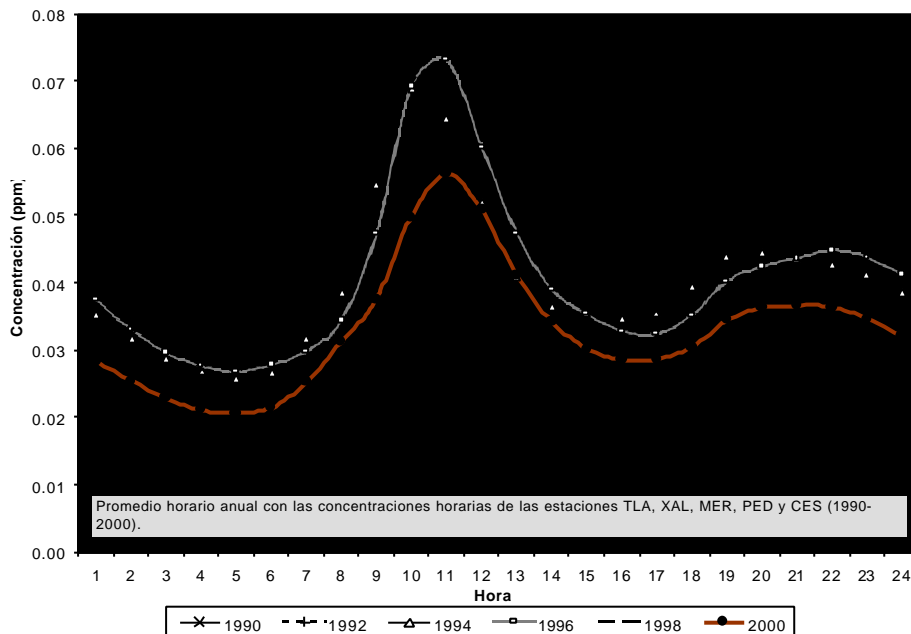
Este comportamiento sugiere que los programas enfocados al control de los óxidos de nitrógeno, como precursores del NO<sub>2</sub>, han sido eficientes en alguna medida. La gráfica 3.11 muestra el comportamiento de las concentraciones máximas diarias del NO<sub>2</sub>.

**Gráfica 3.11 Comportamiento de las concentraciones máximas diarias de bióxido de nitrógeno en 5 estaciones de monitoreo de la ZMVM.**



La gráfica 3.12 muestra el comportamiento del patrón típico diario del  $\text{NO}_2$ , identificándose una relación de este contaminante con las actividades económicas de esta metrópoli. Es notable la disminución gradual que presenta este patrón en todas las horas del día de 1990 a 1998, principalmente en el periodo matutino de mayor ascenso; así mismo, resalta el aumento del 2000 en todas las horas del día.

**Gráfica 3.12 Comportamiento diario del bióxido de nitrógeno en la ZMVM (1990-2000).**



## 3.5 HIDROCARBUROS

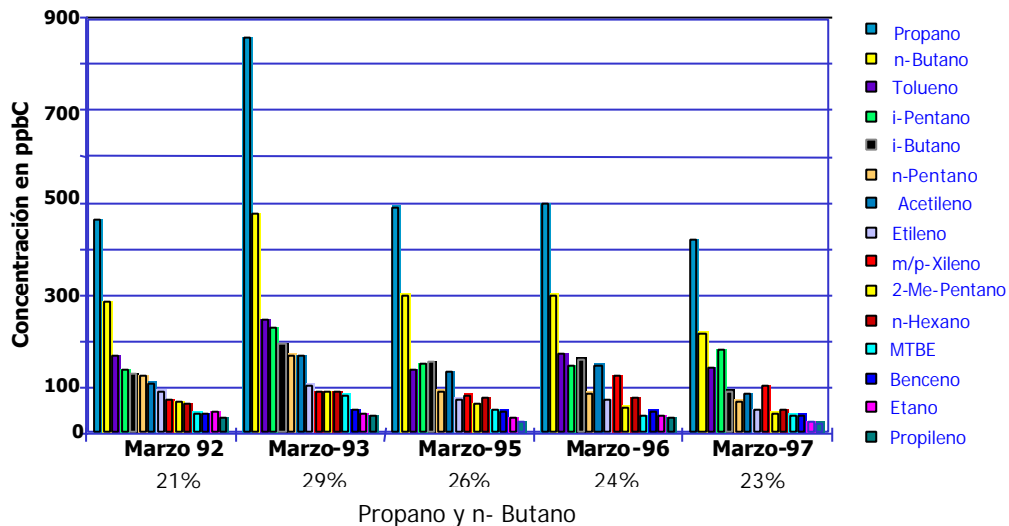
Los resultados obtenidos en investigaciones del Instituto Mexicano del Petróleo en mediciones realizadas en marzo de 1992 a 1997, indican que los alcanos son las especies con mayor abundancia en la atmósfera de la ZMVM, ya que éstos suelen ocupar entre el 52 y el 60% de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV); le siguen en importancia los compuestos aromáticos, que representan entre el 14 y 19% de los COV totales; mientras que las olefinas ocupan comúnmente entre el 9 y el 12% de éstos. Los compuestos oxigenados sólo llegan a ocupar entre el 1 y el 2% de los COV; sin embargo, estos tienen gran relevancia dada su participación en la generación de radicales libres, promotores de la formación de ozono.

Los resultados de la campaña de monitoreo realizada en marzo de 1992 permitieron ver que la atmósfera de la ZMVM es rica en hidrocarburos (HC), asimismo se observó que la relación COV/ $\text{NO}_x$  era de 20; y además, que existe una gran diversidad de compuestos orgánicos volátiles que incluyen por lo menos 200 especies entre C2 y C13. En dicho

muestreo también se apreció que la concentración promedio máxima durante esta campaña fue de 4.805 ppmC en Xalostoc, concentración alta si la comparamos por ejemplo con concentraciones de Los Angeles, donde según Fujita (citado en IMP, 1994) a fines de los años 70 e inicios de los años 80's, las concentraciones de HC eran de alrededor de 2 ppmC y ligeramente por arriba de 1 ppmC en 1990.

En la gráfica 3.13 se presentan los resultados para los 15 compuestos más abundantes en la ZMMV. Se aprecia que tanto el propano como los butanos, los componentes cuantitativamente más importantes del gas LP, fueron los hidrocarburos más abundantes en los diferentes muestreos realizados de marzo de 1992 a marzo de 1997. También se observa que la suma de propano y butano representan el 21 y 29% de los COV, respectivamente.

**Gráfica 3.13 Comportamiento de los Compuestos Orgánicos Volátiles de marzo de 1992 a marzo de 1997.**



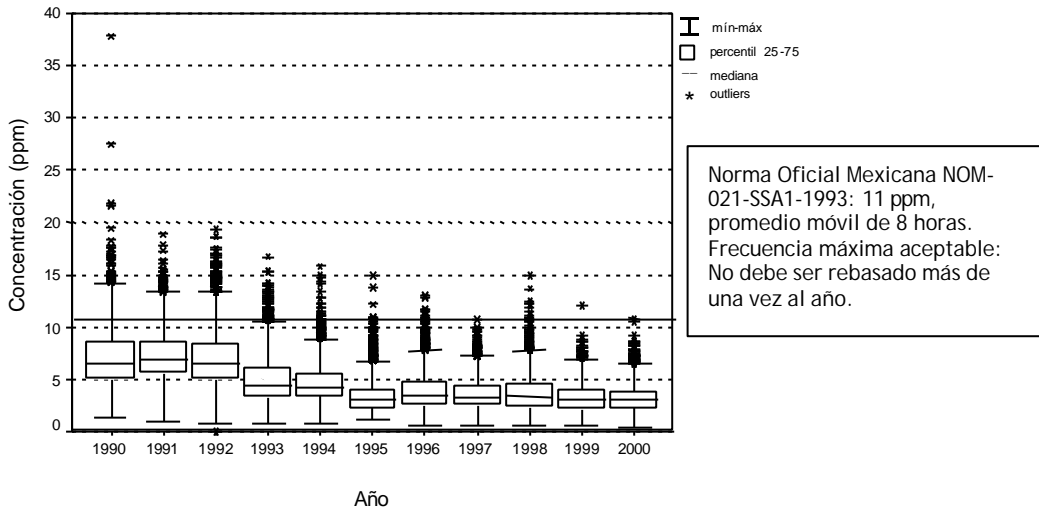
Fuente: Laboratorio de Química Atmosférica - IMP, 1997.

### 3.6 MONÓXIDO DE CARBONO

A lo largo de la década de los 90's ocurrió una disminución gradual de este contaminante. El número de días con violaciones a la norma de protección a la salud (11 ppm, promedio móvil de 8 horas) pasó de 257 días (70%) en 1991 a 2 días en el 2000 (0.5%). A partir de 1995 el número de días con violaciones a la norma no es mayor a 10 días por año (menor al 3% anual). Estos resultados sugieren que durante la primera mitad de la década, se logró abatir de manera significativa los niveles de este contaminante y que después de 1995 se han logrado estabilizar sus niveles, a pesar del incremento en el parque vehicular y la agudización de problemas viales.

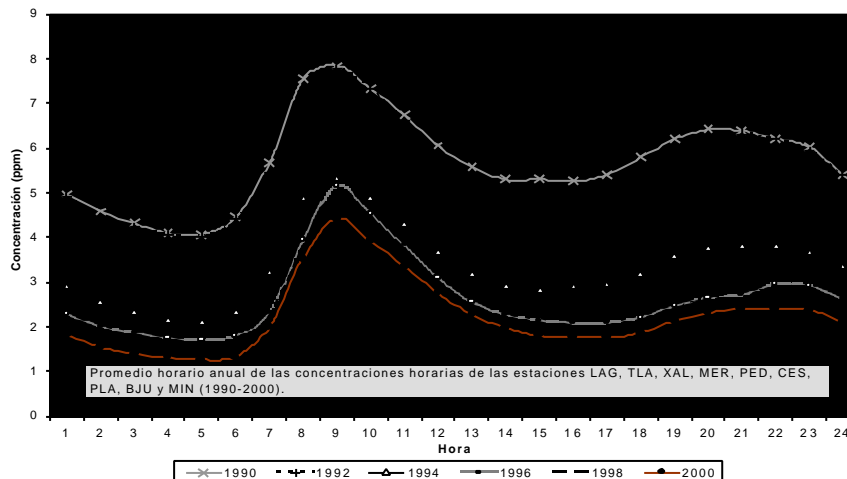
Si en lugar de un límite de 11 ppm (8 horas) se considera el valor que establece la norma de calidad del aire de los EUA (9 ppm, para 8 horas), en 1991 se habrían presentado 315 días con excedencias a este valor (86%), es decir un 16% más comparado con la norma de 11 ppm. Cabe señalar que a partir de 1995 el porcentaje de las excedencias a 9 ppm ha disminuido considerablemente, llegando a representar en los últimos dos años de la década una frecuencia similar a la que se obtuvo para 11 ppm (tabla C del Anexo 3).

**Gráfica 3.14 Comportamiento de las concentraciones máximas diarias del monóxido de carbono en 9 estaciones de la ZMVM (1990-2000).**



En la gráfica 3.15 se observa el comportamiento diario típico que tiene el CO en la ZMVM, con los niveles más altos en las horas de actividad vehicular. La evolución de este comportamiento a lo largo de la década, indica claramente una disminución gradual de 1990 a 1997, mientras que entre 1998 y 2000 no varían considerablemente, es decir, que en los últimos 3 años de la década las concentraciones que se registraron en cada hora del día son prácticamente similares.

**Gráfica 3.15 Comportamiento diario del monóxido de carbono en la ZMVM (1990-2000).**

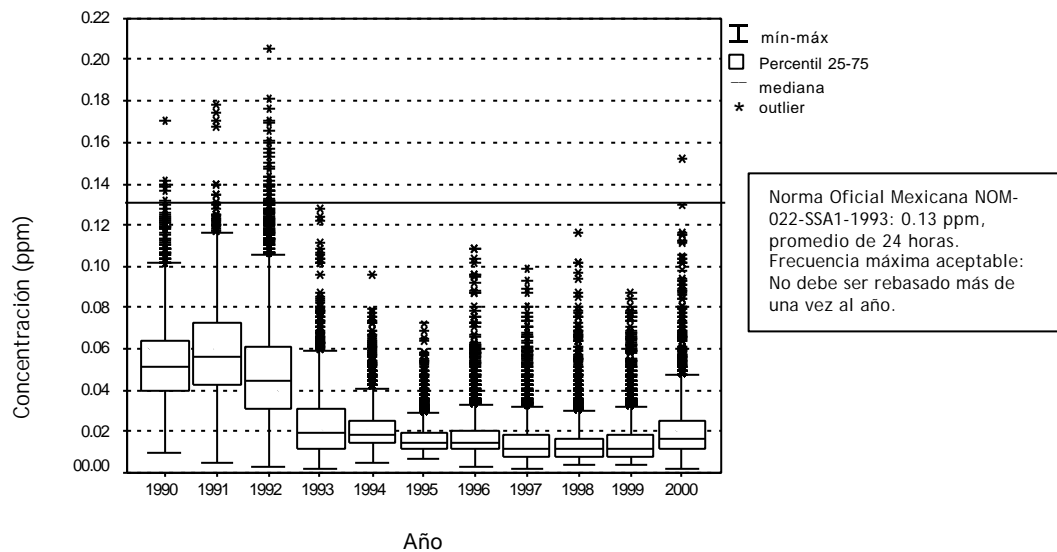


### 3.7 BIÓXIDO DE AZUFRE

Las concentraciones de bióxido de azufre disminuyeron gradualmente a partir de 1993. Adicionalmente, desde ese año y hasta noviembre del 2000 no se habían presentado excedencias a las normas de protección a la salud. Entre 1995 y 1999, los niveles de bióxido de azufre prácticamente no variaron. No obstante, en el año 2000 se observó un aumento en los niveles de este contaminante en el norte de la ciudad, donde se concentra la mayor parte de la industria de la ZMM (gráfica 3.16). En los últimos veinte días del año 2000 se presentaron eventos extraordinarios de emisión en la estación Tlalnepantla, donde en 7 ocasiones se registraron concentraciones superiores a 0.200 ppm, entre las 9:00 y 11:00 horas de la mañana, y entre las 21:00 y 01:00 horas. Esta situación pudo deberse al uso de combustibles indebidos por algunas empresas, originado por el incremento del precio en el gas natural a finales del año 2000.

El comportamiento general del SO<sub>2</sub> en la década de los 90's, indica indirectamente que los programas para reducir sus niveles han operado de manera satisfactoria (tabla 3.3).

**Gráfica 3.16 Comportamiento de las concentraciones máximas del bióxido de azufre en 11 estaciones de monitoreo (1990-2000).**





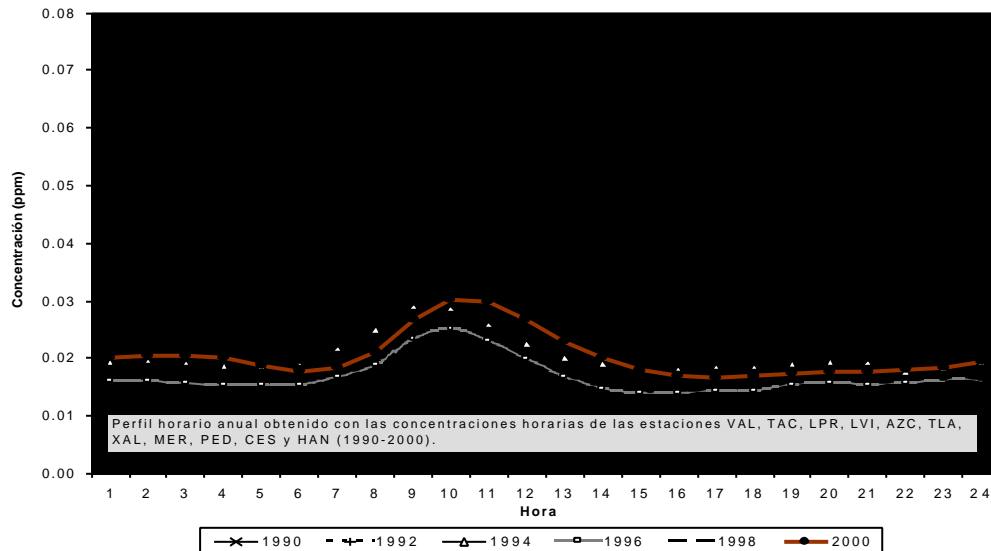
**Tabla 3.3 Promedio anual de las concentraciones horarias de SO<sub>2</sub> (ppm) en 5 estaciones de la ZMVM (1990-2000).**

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
TLA	0.050	0.037	0.054	0.022	0.023	0.016	0.018	0.020	0.018	0.016	0.030
XAL	0.060	0.076	0.072	0.027	0.024	0.017	0.020	0.019	0.018	0.017	0.029
MER	0.069	0.077	0.046	0.024	0.019	0.015	0.020	0.014	0.017	0.019	0.024
PED	0.050	0.055	0.041	0.013	0.015	0.014	0.012	0.010	0.010	0.011	0.010
CES	0.040	0.046	0.034	0.018	0.017	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	0.018

NORMA: 0.03 ppm (79 µg/m<sup>3</sup>) como media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

En la gráfica 3.17 se observa el patrón diario típico del SO<sub>2</sub> en la ZMVM, con sus niveles más altos a las 10:00 horas, cuando se incrementa la actividad económica de la metrópoli y ocurren con frecuencia el rompimiento de las inversiones térmicas. La evolución de este patrón a lo largo de la década de los 90's, muestra que después de 1992 hay una disminución de este contaminante en todas las horas del día y que continúa disminuyendo gradualmente hasta 1999. En el año 2000 se observa un repunte en el promedio de cada hora del día.

**Gráfica 3.17 Comportamiento diario del bióxido de azufre en la ZMVM (1990-2000).**



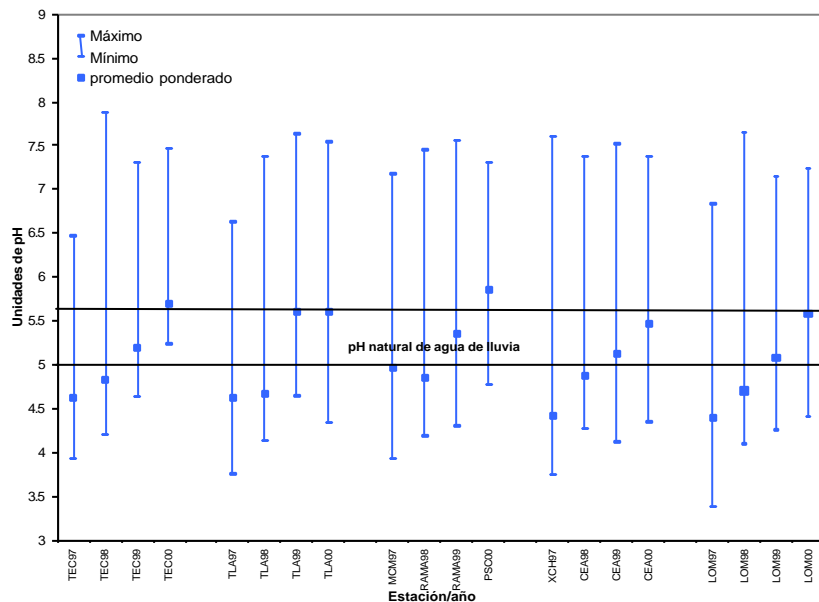
### 3.8 PLOMO

A nivel mundial, la reducción de la presencia de plomo en el ambiente ha significado uno de los mayores logros en la protección de la salud pública relacionados con el abatimiento de la contaminación atmosférica. En la ZMVM, la última ocasión en que se rebasó la norma de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fue en el primer trimestre de 1992. Entre 1995 y 1999 sus promedios trimestrales se han mantenido de manera predominante por abajo de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con poca variación; sin embargo, en el cuarto trimestre de 1999 en la estación Xalostoc de la zona noreste se incrementaron significativamente sus niveles (ver gráfica 1.1, del capítulo 1).

### 3.9 LLUVIA ÁCIDA

En condiciones naturales, el agua de lluvia tiene un potencial de hidrógeno (pH) de alrededor de 5.6. Cuando este valor es inferior a 5.0, se considera que la lluvia es ácida. En el suroeste de la ZMVM, la lluvia llega a tener pH menores a 4.0 y en ocasiones ha llegado a alcanzar valores de 3.5. Entre más ácida es la lluvia, mayores daños ocasiona a los suelos, la vegetación, los cultivos, los cuerpos de agua superficial, los materiales de construcción y el mobiliario urbano.

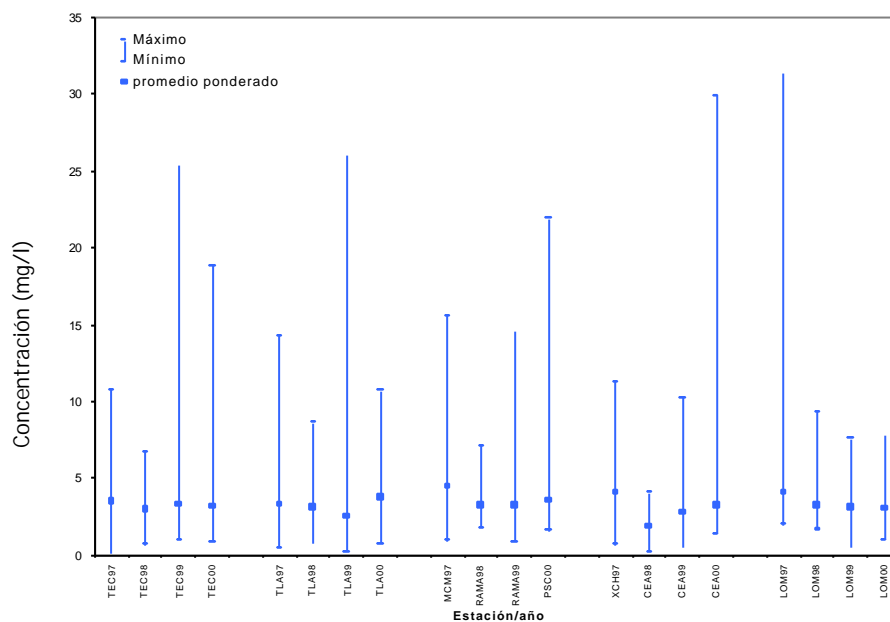
**Gráfica 3.18 Potencial hidrógeno (pH) en depósito húmedo 1997-2000.**



La lluvia ácida está relacionada con la transformación de los óxidos de nitrógeno y el bióxido de azufre a ácido nítrico y ácido sulfúrico, respectivamente. La presencia de iones de nitrato y iones de sulfato son los indicadores de sustancias ácidas en la atmósfera.

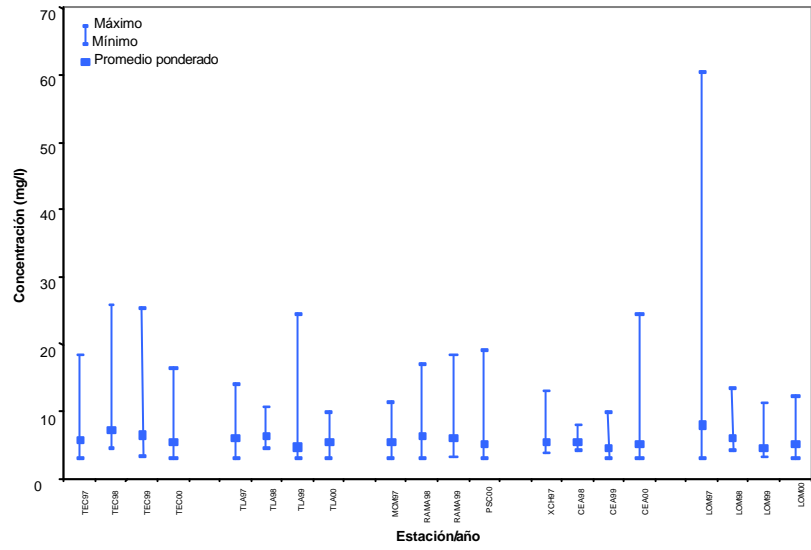
En la gráfica 3.19 se observa que el promedio ponderado anual del ion nitrato, presenta un comportamiento estable durante el periodo de análisis, destacando la variabilidad que hay en los valores que integran este promedio, en la mayoría de los años.

**Gráfica 3.19 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en depósito húmedo 1997-2000.**



En la gráfica 3.20 se observa que los valores del promedio ponderado del ion sulfato en 5 estaciones de monitoreo, no presenta patrones definidos de comportamiento. Los valores de la estación Centro de Educación "Acuexcómatl" (CEA) son los que presentan menos variación, lo que puede asociarse con su entorno rural, mientras que en la estación Cerro del Tepeyac (TEC) de la zona noreste los valores son ligeramente más altos, lo que se puede asociar con las fuentes de su entorno y su cercanía con el área industrial. También en otras estaciones del norte de la ZMVM se ha podido observar que los niveles de este anión son superiores.

Gráfica 3.20  $\text{SO}_4^{=}$  en depósito húmedo 1997-2000.



CAPÍTULO 4  
LOS EFECTOS EN SALUD  
POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE



## 4.1 VISIÓN GENERAL

Los síntomas a causa de la exposición a la contaminación del aire son conocidos por los habitantes de la ZMVM, los cuales se manifiestan principalmente en dolor pulmonar, tos, dolores de cabeza, malestares en la garganta, irritación y lagrimeo de los ojos, por mencionar algunos. Más allá de estas señales, la exposición a la contaminación del aire está relacionada con serios trastornos a la salud entre los que destacan:

- El incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas,
- aumento en la frecuencia de muertes asociadas a la contaminación atmosférica,
- disminución de la capacidad respiratoria,
- aumento de ataques de asma,
- incremento de casos de enfermedades cardíacas, y
- aumento en la frecuencia de cánceres pulmonares.

Los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daño a la salud humana, lo cual depende de sus propiedades físicas y químicas, de la dosis que se inhala y del tiempo de exposición. El ozono y las partículas son los contaminantes que tienen una mayor importancia debido a sus efectos a la salud, la magnitud de sus concentraciones en el aire y la frecuencia en la que exceden las normas de protección a la salud en la ZMVM; como ejemplo de lo anterior se tiene que a lo largo de la década de los noventas, alrededor del 88% de los días de cada año se rebasó la norma de protección a la salud. Actualmente la época seca-caliente, que abarca los meses de marzo a mayo, presenta condiciones de mayor riesgo para la salud de la población, ya que en ella el mayor porcentaje de excedencias a la norma de ozono y los niveles de  $PM_{10}$  se elevan considerablemente (los niveles de ozono alcanzan concentraciones superiores al doble de los límites establecidos).

### *¿Cómo afecta la contaminación atmosférica al cuerpo humano?*

La respuesta depende de la situación, es decir, la frecuencia y duración en que una persona se exponga a la contaminación, el tipo de contaminante y su concentración, el lugar, la hora y día de la semana, la temperatura y el estado del tiempo, entre otros factores.

El nivel de riesgo individual está determinado por diversos factores que incluyen: la predisposición genética, edad, estado nutricional, presencia y severidad de condiciones cardíacas y respiratorias, y el uso de medicamentos; así como la actividad y el lugar de trabajo. En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años, las personas de la tercera edad (mayores de 65 años), las personas con enfermedades cardíacas y respiratorias y los asmáticos.

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica, de acuerdo al período de exposición y a la concentración de contaminantes. La exposición aguda es una exposición a concentraciones elevadas de contaminantes y de corto tiempo, que puede ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Por otra parte, la exposición crónica involucra exposiciones de largo plazo a concentraciones relativamente bajas de contaminantes. En estas circunstancias, los contaminantes van ocasionando daños a la salud humana como respuesta a factores acumulados, interactuantes y recurrentes.

Los efectos más estudiados en relación con la exposición aguda a los contaminantes atmosféricos son los cambios en la función pulmonar, el aumento de síntomas respiratorios y la mortalidad.

Varias investigaciones describen un incremento en la mortalidad total (no incluye muertes accidentales) asociada con la exposición a partículas, ozono y sulfatos, lo cual ocurre principalmente en individuos con padecimientos cardiovasculares y/o respiratorios. El incremento de la mortalidad en estos grupos ocurre entre uno y cinco días después de una exposición peligrosa.

La morbilidad<sup>1</sup> también está asociada con la exposición aguda a los contaminantes. Las enfermedades del tracto respiratorio superior e inferior, bronquitis, neumonía y enfermedades pulmonares obstructivas, son un ejemplo de la morbilidad asociada a la exposición aguda.

Los efectos a la salud debidos a una exposición crónica a contaminantes atmosféricos se conocen menos, sin embargo son similares a los reportados para una exposición aguda. Existen reportes que indican un incremento en la mortalidad, principalmente en individuos de la tercera edad con padecimientos respiratorios y cardiovasculares. El incremento de enfermedades respiratorias (como la bronquitis) se reporta como una consecuencia de la exposición crónica.

La investigación científica desarrollada durante las últimas décadas ha avanzado significativamente en el campo de la identificación y medición de los efectos de la contaminación en la salud humana; sin embargo, la mayor parte de los estudios realizados consiste en el análisis de casos y situaciones de exposición aguda, por lo que existe un rezago referente a la evaluación de los efectos de la contaminación en exposiciones de largo plazo, de estudios generales de validez para la totalidad de la ZMVM y estudios para la medición de los costos asociados.

---

<sup>1</sup> Proporción de individuos de una población que padece una enfermedad en particular.



## 4.2 IMPACTO A LA SALUD POR LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZMVM

### *Efectos a la salud debidos al ozono.*

El ozono es un gas altamente reactivo, su impacto en la salud se debe a su capacidad de oxidación, por ello daña a las células en las vías respiratorias causando inflamación, además reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir las infecciones y remover las partículas externas. Afecta los mecanismos de defensa, por lo que puede provocar un aumento de las infecciones respiratorias.

El ozono es un riesgo para la salud de los niños, las personas de la tercera edad y para quienes padecen problemas cardiovasculares y respiratorios, como el asma, el enfisema y la bronquitis crónica. También afecta a personas aparentemente sanas y en excelentes condiciones de salud, por ejemplo a atletas que requieren la inhalación de altos volúmenes de aire durante sus ejercicios, provocándoles una disminución de su rendimiento atlético.

Los efectos generalmente asociados con aumentos del ozono son: infecciones respiratorias agudas, tos, flemas, silbilancias, atrofia de mucosa nasal, irritación de ojos, disminución de la función ventilatoria, visitas de emergencia por ataque de asma. La posibilidad de que el ozono pueda inducir a un incremento en la tasa de mortalidad es un tema que aún esta en discusión<sup>2</sup>.

### *Efectos en la salud debidos a las partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros.*

Una partícula suspendida se encuentra en estado sólido o líquido, su tamaño varía de 0.001 a 100  $\mu\text{m}$ , encontrándose mayormente partículas entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$ . Las partículas dentro de este intervalo se llaman partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Dentro de las  $\text{PM}_{10}$  se encuentra otro grupo, llamado partículas menores a 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ).

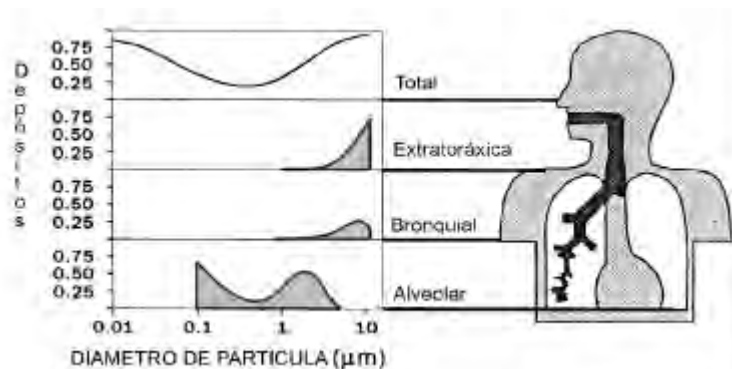
A diferencia de las partículas mayores a 10 micrómetros, las  $\text{PM}_{10}$  penetran directamente al aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza. Una vez que las partículas han entrado al tracto respiratorio, dependiendo de su tamaño, pueden acumularse en diferentes sitios dentro del aparato respiratorio. Como se muestra en la figura 4.1, las  $\text{PM}_{10}$  penetran hasta la zona traqueobronquial, mientras que las  $\text{PM}_{2.5}$  pueden penetrar hasta los alvéolos pulmonares.

---

<sup>2</sup> Fuente: 1) Harvard School of Public Health, Boston, MA., Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, *Mexico City Air Pollution and Human Health*, México, D.F., 2000. 2) IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, *Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City*, Mexico, D.F., 2000.

Los riesgos a la salud asociados con las partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta.

**Figura 4.1 Acumulación de partículas en el aparato respiratorio.**



El aumento en las concentraciones de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  generalmente se han relacionado con el aumento de visitas a servicios de urgencias, aumento de sintomatología respiratoria, hospitalización por incremento de los padecimientos respiratorios, bronquitis aguda en niños, bronquitis crónica en adultos y muerte prematura, principalmente en menores de edad y personas de la tercera edad.

Entre los componentes de las partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  se encuentran compuestos orgánicos (como benceno, 1-3 butadieno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, etc.) y compuestos inorgánicos (como carbono, sulfatos y nitratos), entre otros.<sup>3</sup>

#### *Efectos en la salud debido a los compuestos tóxicos.*

El aire de la ZMVM está frecuentemente contaminado con cientos de compuestos orgánicos volátiles, metales y otras sustancias que podrían incrementar potencialmente el riesgo de cáncer y otros efectos sistémicos a la salud. Resulta complejo evaluar la problemática debido a la exposición a estos contaminantes ya que existe una gran cantidad de estos compuestos, su concentración es baja y hay un pobre entendimiento de las sinergias entre compuestos y poca evidencia de su toxicidad.

Con base en estudios de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) y de un estudio realizado en la ZMVM en 1999, se estima que los principales compuestos tóxicos contaminantes que contribuyen en el desarrollo de cáncer son: la materia orgánica policíclica, el 1,3-butadieno, el formaldehído, el benceno, los

<sup>3</sup> Fuente: 1) IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, Mexico, D.F., 2000. 2) Harvard School of Public Health, Boston, MA., Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico City Air Pollution and Human Health, México, D.F., 2000.

hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y las emisiones que se generan por el uso del diesel. Asimismo, es necesario resaltar que existen tóxicos que no causan necesariamente cáncer pero que están relacionados con efectos respiratorios y neurológicos, defectos al nacimiento y otros efectos relacionados con los estrógenos. En México se han llevado a cabo pocos estudios sobre los tóxicos existentes en la atmósfera de la ZMVM; por lo que es necesario desarrollar más investigación sobre este tema, dada la importancia de los efectos que pueden tener estas sustancias sobre la salud, así como para que en su caso, se instrumenten las medidas necesarias para prevenir y controlar las emisiones de estos compuestos.

Como parte de los trabajos que se desarrollaron para la realización de este Programa de calidad del aire, en el año 2000 se realizaron dos estudios sobre el efecto de los contaminantes en la salud y la cuantificación económica del mejoramiento de la calidad del aire. El estudio *Valoración económica del mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM* se llevó a cabo por investigadores del Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA) y del Centro de Investigaciones en Medio Ambiente de Holanda (IVM), con auspicio del Banco Mundial. El segundo estudio *Contaminación atmosférica en la ZMVM y salud humana* se realizó en colaboración con la Escuela de Salud Pública de Harvard, el Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo y la Universidad Autónoma Metropolitana.

En estos estudios se estimó la relación y el efecto que puede tener la contaminación en la salud de las personas a través de: a) la estimación de funciones de exposición-respuesta, b) la cuantificación del incremento en la admisión a hospitales, c) el número de visitas a la sala de emergencias, d) los efectos en asmáticos, e) el aumento en los síntomas respiratorios, f) los días que la población tiene que reducir sus actividades y g) la mortalidad, todos ellos asociados a la contaminación atmosférica.

En las tablas 4.1 y 4.2 se presentan los resultados de los estudios anteriormente mencionados, en las cuales se observa el efecto que tiene en la salud el aumento en los niveles de contaminación. Estos efectos pueden ir desde el aumento en molestias respiratorias, el aumento en la visita a las salas de emergencia, ausentismo escolar y días de actividad restringida, hasta el aumento en los casos de muertes.

Tabla 4.1 Funciones exposición respuesta en la ZMVM - población general.

Indicadores	% de cambio por cada 10 ppb de ozono, concentración horaria	% de cambio por cada 10 mg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> , promedio diario
<b>Admisión en hospitales</b>		
• Respiratoria	3.76	1.39
• Cardio-cerebrovascular	0.98	0.60
• Falla congestiva del corazón	-	1.22
<b>Visitas a la sala de emergencia</b>		
• Respiratoria	3.17	3.11
<b>Días de actividad restringida</b>		
• Total (adultos)	-	7.74
• Días laborales perdidos (adultos)	-	7.74
• Total (niños)	-	7.74
• Días laborales perdidos de mujeres	-	7.74
<b>Días de actividad restringida menor</b>		
• Total (adultos)	2.20	4.92
<b>Efectos en Asmáticos</b>		
• Ataques de asma	2.45	7.74
• Tos sin flema (niños)	-	4.54
• Tos con flema (niños)	-	3.32
• Tos con flema y uso de bronquodilatador	-	10.22
• Algunos síntomas respiratorios (niños)	0.66	-
• Síntomas respiratorios menores	0.23	-
<b>Síntomas respiratorios</b>		
• Síntomas en vías respiratorias superiores	1.50	4.39
• Síntomas en vías respiratorias inferiores	2.20	6.85
• Sibilancias	1.32	-
• Bronquitis aguda	-	11.0
<b>Morbilidad crónica</b>		
• Bronquitis crónica, casos adicionales	-	3.60
• Tos crónica, prevalencia (niños)	-	0.30
<b>Mortalidad por medición longitudinal</b>		
• Total	-	3.84
<b>Mortalidad por medición transversal</b>		
• Total	0.59	1.01
• Infantil	-	3.52

Fuente: IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F., 2000.

**Tabla 4.2 Funciones exposición respuesta en la ZMVM - población general**

	% de cambio por 10 ppb de O <sub>3</sub>	% de cambio por cada 10 mg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub>	% de cambio por cada 10 mg/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub>
Mortalidad diaria		0.6	
Mortalidad crónica		3	
Mortalidad prematura	1		
Mortalidad total			1.7
Niños			6.3
Personas mayores			2.3
Bronquitis crónica		10	
Ausentismo escolar en niños	0.11		
Días de actividad restringida	2		

Fuente: Harvard School of Public Health, Boston, MA., Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Mexico City Air Pollution and Human Health, México, D.F., 2000.

De estos resultados se concluye que existe una relación entre el aumento de enfermedades respiratorias y el número de muertes asociadas con la exposición a ozono y a partículas; se cuenta con mayores evidencias sobre el efecto que tienen las partículas sobre el aumento de la mortalidad en relación con otros contaminantes y; se ha identificado que el ozono es un indicador importante para la mortalidad.

Cabe destacar que por cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los niveles de PM<sub>10</sub> se puede tener un incremento de entre 0.6% y 3.5% en los casos de mortalidad aguda y de 3% a 3.8% en los casos de mortalidad crónica. Asimismo, se tiene que por un aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los niveles de PM<sub>2.5</sub> se puede tener un incremento de 1.7% en la mortalidad total. Con respecto al ozono, por cada aumento de 10 ppb en los niveles de ozono se puede tener un incremento de 0.6% en los casos de mortalidad aguda y un incremento de 1% en los casos de mortalidad prematura. Ambos estudios coinciden en el hecho de que la mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica, ocurre principalmente en individuos los cuales ya tienen alguna enfermedad cardíaca, alguna enfermedad respiratoria, en las personas de edad avanzada y en los niños.

## 4.2.1 BENEFICIOS DE LA DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE O<sub>3</sub> Y PM<sub>10</sub> EN LA ZMVM

La justificación primordial para emprender medidas para mejorar la calidad del aire es el mejoramiento de la salud pública. Para ello, es necesario cuantificar los beneficios en la salud que se logran con un grupo de políticas de control. Con base en lo anterior, se pueden priorizar las medidas que lograrán un mayor impacto en la reducción de emisiones y por lo tanto mayores beneficios en la salud de la población.

Con base en los resultados de los efectos a la salud, con la adecuación de un modelo de exposición, se realizó una estimación de los casos de morbilidad y mortalidad que se evitarían ante una reducción en los niveles actuales de ozono y PM<sub>10</sub> en la ZMVM. Debe considerarse que la estimación de los casos de mortalidad, se refiere a muertes prematuras y no a muertes adicionales.

Para dicha estimación se evaluaron 4 escenarios de calidad del aire en la ZMVM: El primer escenario valoró una reducción del 10% en la concentración de ozono y PM<sub>10</sub> con respecto a los niveles actuales; el segundo consideró una reducción del 20%; el tercero valoró una disminución de las concentraciones máximas y mínimas promedio en la ZMVM hasta cumplir con las normas de calidad del aire (NCA1); y el último incorporó una disminución de las concentraciones máximas del sitio específico más contaminado que reporta la red de monitoreo, hasta cumplir con la norma (NCA2).

Los resultados de este análisis se presentan en las tablas 4.3 y 4.4. En el caso del ozono, si las concentraciones promedio actuales se redujeran en un 62% (*con lo cual se cumpliría la norma de protección a la salud*), se evitarían anualmente:

- Alrededor de 20 mil 500 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias,
- cerca de 132 mil 500 visitas a la sala de emergencias por padecimientos respiratorios,
- la pérdida de productividad y bienestar debidos a más de 15 millones de días de actividad restringida en adultos,
- más de 20 mil 500 ataques de asma, y
- más de 2 mil 500 casos de síntomas en niños.

**Tabla 4.3 Reducción de los casos de morbilidad en la ZMVM en 4 escenarios de disminución de los niveles de ozono para el año 2010.**

Indicadores	Escenario			
	10%	20%	NCA1	NCA2
Admisión hospitalaria				
Respiratoria	3,300	6,600	20,404	22,597
Cardio-cerebrovascular	842	1,684	5,207	5,767
Visitas a la Sala de Emergencia				
Respiratoria	21,429	42,857	132,501	146,746
Días de Actividad Restringida				
Total (adultos)	2,495,805	4,991,610	15,432,494	17,091,616
Efectos en Asmáticos				
Ataques de asma	3,330	6,660	20,591	22,805
Síntomas respiratorios diversos	404	809	2,501	2,770

Fuente: IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F., 2000.

Con respecto a las  $PM_{10}$ , los beneficios que se obtendrían como resultado de reducir las concentraciones actuales hasta cumplir con la norma de protección a la salud, evitarían:

- Más de 2 mil casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y cardiocerebrovasculares,
- más de 26 mil visitas a la sala de emergencias por padecimientos respiratorios,
- la pérdida de productividad y bienestar debidos a más de 9 millones de días de actividad restringida en adultos,
- la pérdida de productividad debida a más de 940 mil días laborales destinados por las mujeres a la atención de los niños enfermos,
- la presencia de efectos en aproximadamente 3 mil 600 niños que padecen asma,
- alrededor de 6 mil 700 nuevos casos de bronquitis crónica y más de mil casos de tos crónica en niños.

**Tabla 4.4 Reducción de los casos de morbilidad en la ZMVM en 4 escenarios de disminución de los niveles de PM<sub>10</sub> para el año 2010.**

Indicadores	Escenario			
	10%	20%	NCA1	NCA2
Admisión hospitalaria				
Respiratoria	688	1,376	1,510	3,221
Cardio-cerebrovasculares	291	582	638	1,361
Falla congestiva de corazón (en la vejez)	0.36	0.71	0.78	1.66
Visitas a la sala de emergencia				
Respiratoria	11,858	23,717	26,029	55,507
Días de actividad restringida				
Total (adultos)	4,102,282	8,204,565	9,004,464	19,202,173
Días laborales perdidos (adultos)	998,116	1,996,233	2,190,854	4,672,035
Total (niños)	1,630,710	3,261,421	3,579,391	7,633,112
Días laborales perdidos de mujeres por la atención de niños	428,269	856,537	940,045	2,004,662
Días de actividad restringida menor				
Total (adultos)	3,148,315	6,296,630	6,910,516	14,736,794
Efectos en asmáticos				
Tos sin flema (niños)	1,569	3,139	3,445	7,346
Tos con flema (niños)	115	230	252	537
Morbilidad crónica				
Bronquitis crónica, nuevos casos	3,063	6,126	6,723	14,337
Tos crónica, prevalencia (niños)	574	1,148	1,260	2,686

Fuente: IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F., 2000.

En cuanto a la presencia de muertes prematuras, en la tabla 4.5 se observa que la reducción de los niveles actuales de ozono, al límite que establece su norma de protección a la salud, evitaría alrededor de 3 mil 400 casos de muertes prematuras asociadas a una exposición aguda.

En el caso de las PM<sub>10</sub> el cumplimiento de su norma de protección a la salud, evitaría cerca de 600 muertes prematuras por exposición aguda y 31 mil casos de muerte prematura asociada a una exposición crónica.

**Tabla 4.5 Reducción de muertes o años de vida perdidos en la ZMVM en 4 escenarios de disminución en los niveles de ozono y PM<sub>10</sub> para el año 2010.**

Indicador	Escenario			
	10%	20%	NCA1	NCA2
Mortalidad por medición transversal				
Ozono (años de vida perdidos en población total)	546	1,091	3,374	3,737
PM <sub>10</sub> (número de muertes en población total)	266	533	585	1,247
Mortalidad por medición longitudinal				
PM <sub>10</sub> (años de vida perdidos en población total)	14,131	28,261	31,016	66,143

Fuente: IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F., 2000.



Por su parte, el estudio de la Universidad de Harvard sugiere que una reducción del 10% en concentraciones ambiente de  $PM_{10}$  podría prevenir alrededor de mil muertes prematuras por año y 10 mil nuevos casos de bronquitis crónica. Por otra parte, el mismo estudio indica que una reducción del 10% en los niveles ambiente de ozono en la ZMVM, podrían prevenir varios cientos de muertes cada año. También es posible que esta reducción en ozono, pueda reducir en varios millones, el número de días de actividad restringida menor experimentados cada año por la población.

De igual forma, el estudio sugiere que una reducción del 10% en los niveles ambiente de todos los tóxicos carcinógenos del aire, podría reducir el número de casos de cáncer entre la población en aproximadamente 100 casos cada año. Este valor pone en perspectiva, las magnitudes relativas de los beneficios a la salud que se pueden obtener a través del control de los tóxicos del aire y los contaminantes criterio.

#### 4.2.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR $O_3$ Y $PM_{10}$ EN LA ZMVM

Los daños ambientales son reconocidos como la principal pérdida de bienestar dentro de la economía de un país. En términos económicos esos daños se denominan externalidades y ocurren si una actividad económica de un grupo de personas tiene un impacto en otro grupo de personas y este impacto no es tomado en cuenta en su totalidad por el primer grupo. En principio, el valor económico del mejoramiento en la salud puede depender de muchos factores económicos y culturales.

En el caso de la contaminación del aire en la ZMVM, las externalidades se presentan como la consecuencia de las actividades que causan esta problemática y que se reflejan en los costos que implica el tratamiento de una enfermedad, en cuanto a medicamentos y honorarios del médico, los gastos de hospitalización o por la atención en salas de emergencia.

Otros costos que se reflejan en la economía del país, se deben a la pérdida de productividad cuando las personas enferman y hay ausencia laboral, ya sea porque ellos enferman o deben atender a un enfermo. La pérdida de la productividad también se presenta durante los eventos de contingencia o emergencia ambiental, ya que la industria reduce su capacidad de producción como una medida correctiva para reducir los niveles de contaminación.

La valoración del impacto económico que conlleva la mortalidad prematura, se define en términos de años de vida perdidos por exposición aguda o crónica.

### 4.2.3 BENEFICIOS ECONÓMICOS POR LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA ZMVM

Como se ha mencionado con anterioridad en el estudio efectuado por el IVM y el grupo DGSA-SSA/CENSA, se llevó a cabo una estimación de los beneficios económicos que implica la reducción de los niveles de contaminación por ozono y  $PM_{10}$  en la ZMVM, para cuatro escenarios.

Con base en la información disponible se realizó una valoración económica de la mortalidad prematura, en términos de la cantidad de dinero que las personas estarían dispuestas a pagar por reducir el riesgo de enfermar o morir. Esta metodología pretende capturar la pérdida de satisfacción (consumo, tiempo libre, interacción con familiares y amigos) que ocurre cuando la vida es interrumpida por muerte prematura.

La presencia de enfermedades también se valora en función de la cantidad de dinero que una persona estaría dispuesta a pagar por evitar un padecimiento, este método pretende capturar la prevención de dolor y el sufrimiento, así como la pérdida de tiempo debido al padecimiento.

Los estudios de disponibilidad de pago son escasos en México, por lo que se transfirieron los resultados de estudios obtenidos en otras ciudades, ajustando el efecto del ingreso mediante un coeficiente de elasticidades. Por otro lado, se adicionaron algunos costos que no captura la metodología de disponibilidad de pago, para medir los beneficios sociales de reducir los casos de morbilidad, como son los costos de tratamiento médico (costos de oportunidad) y el tiempo laboral perdido (pérdida de productividad).

Los costos de oportunidad se cuantificaron en términos de los costos directos para el tratamiento de padecimientos. La pérdida de productividad se estimó considerando que las enfermedades asociadas a la contaminación conllevan una disminución de la producción y que se interpreta mediante los días perdidos debido a contaminación del aire, además se considera la pérdida de productividad que ocurre cuando se presentan las contingencias ambientales.

También se consideró en esta valoración la pérdida de capital humano para estimar la pérdida de productividad asociada a la mortalidad, es decir, el valor de su capacidad de producción a futuro.

Los beneficios económicos por atención a la salud obtenidos en el estudio referido se muestran en la tabla 4.6 mediante 3 esquemas (estimación alta, central y baja), dos elasticidades (1.0 y 0.4) y los cuatro escenarios de reducción de la contaminación por ozono y  $PM_{10}$  en la ZMVM.

**Tabla 4.6 Esquemas de los posibles beneficios económicos\* en la ZMVM ante 4 escenarios de disminución de los niveles de ozono y PM<sub>10</sub> para el año 2010.**

Esquema	Escenario de reducción Elasticidades	10%		20%		NCA1		NCA2	
		1.0	0.4	1.0	0.4	1.0	0.4	1.0	0.4
<b>Ozono</b>									
Esquema 1. Estimación de beneficios a la salud con:	ALTA								
-Morbilidad (pérdida de productividad + costo de enfermedad + voluntad de pago) y voluntad de pago basado en mortalidad		116	183	232	365	717	1,129	794	1,250
Esquema 2. Estimación de beneficios a la salud con:	CENTRAL								
-Morbilidad (pérdida de la productividad + costo de la enfermedad + voluntad de pago) y pérdidas de capital humano por mortalidad		75	114	151	228	465	706	515	782
Esquema 3. Estimación de beneficios a la salud con:	BAJA								
-Morbilidad (Pérdida de la productividad + costo de la enfermedad) y pérdida de capital humano por mortalidad		18	18	35	35	109	109	121	121
Beneficios de las contingencias ambientales		36	36	45	45	45	45	45	45
<b>PM<sub>10</sub></b>									
Esquema 1. Estimación de beneficios a la salud con:	ALTA								
-Morbilidad (Pérdida de productividad + costo de enfermedad + voluntad de pago) y voluntad de pago basado en mortalidad		1,451	2,549	2,903	5,098	3,186	5,595	6,793	11,931
Esquema 2. Estimación de beneficios a la salud con:	CENTRAL								
-Morbilidad (pérdida de la productividad + costo de la enfermedad + voluntad de pago) y pérdidas de capital humano por mortalidad		644	1,184	1,289	2,367	1,414	2,598	3,016	5,540
Esquema 3. Estimación de beneficios a la salud con:	BAJA								
-Morbilidad (Pérdida de la productividad + costo de la enfermedad) y pérdida de capital humano por mortalidad		96	96	191	191	210	210	448	448
Beneficios de las contingencias ambientales		4	4	4	4	4	4	4	4

\*(en millones de dólares por año, el valor para el año 2010 está en precios de 1999, tasa de descuento del 3%)

Fuente: IVM, DGSA-SSA/CENSA, CAM, PAHO, EHS-UCLA, Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City, México, D.F., 2000.

Los beneficios económicos totales de una reducción del ozono hasta cumplir con la norma se estima entre 717 y 1,129 millones de dólares en el año 2010. Una reducción de las concentraciones de  $PM_{10}$  hasta niveles dentro de la norma tendría un beneficio de 3 mil millones a 5 mil 595 millones de dólares en el año 2010. Los beneficios a la salud por la aplicación de las medidas del PCAA son mucho menores, lo cual resalta la importancia de alcanzar reducciones de la contaminación permanentes y de largo plazo.

Ambos estudios coinciden que los beneficios del control de la contaminación del aire son positivos. Por ejemplo, el estudio de Harvard indica que una reducción del 10% en los niveles de contaminación del aire en la ZMVM podrían tener beneficios en la salud de 2 mil millones de dólares por año. Por otro lado, el valor económico de los beneficios a la salud con el mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM, están dominados por los efectos de la exposición a partículas respirables ( $PM_{10}$ ). El valor económico de los beneficios a la salud asociados con la reducción de ozono ambiente, parece ser solamente una décima parte que para reducciones similares en  $PM_{10}$ . La reducción de tóxicos del aire en 10% reduce por lo mucho 100 nuevos casos de cáncer en la población de la ZMVM.

La principal razón de que se piense que los beneficios de  $PM_{10}$  sean mayores que para el ozono, se debe a que las  $PM_{10}$  han sido implicadas como una causa de mortalidad por efectos crónicos en los estudios de mortalidad mientras que el ozono no.

### 4.3 EL CASO DE LA CIUDAD DE LOS ÁNGELES

Los Ángeles, California, y la ZMVM comparten problemas similares de contaminación del aire por ozono y por partículas. En Los Ángeles se ha llevado a cabo una cantidad importante de estudios referentes a la evaluación de los efectos en la salud ocasionados por los contaminantes, además de estudios de exposición de largo plazo, mismo que son concordantes con las inferencias para la ZMVM y señala mayores efectos a considerar en el futuro.

Un estudio realizado en 1989 por la Dra. Jane May, del State Fullerton, encontró que el cumplir con las normas federales de calidad del aire para ozono y partículas en la región de la costa sur de California proporcionaría 9 mil 400 millones de dólares en beneficios relacionados con la salud cada año. El estudio encontró que el 98% de los 13 millones de habitantes de esta región están expuestos a un aire insalubre y que los niños son especialmente vulnerables. Adicionalmente, alrededor de 1,600 personas mueren prematuramente como resultado de la exposición a la contaminación del aire, de acuerdo con este estudio.

En 1991, en seguimiento al estudio anterior, Hall observó los impactos de la calidad del aire sobre comunidades minoritarias (afroamericanos y latinos). El estudio encontró que estas minorías en su conjunto están expuestas a una pobre calidad del aire debido a que tienden a vivir en las zonas con niveles de contaminación más elevados pero donde pueden tener acceso a una vivienda. Los afroamericanos y los hispanos generalmente respiran el aire más contaminado, en parte porque tienden a trabajar en ocupaciones al aire libre.

Los niños son el foco de otro estudio financiado por el California Air Resources Board (CARB) que empezó en la primavera de 1992 y que está dando seguimiento a 9 mil 600 estudiantes del cuarto, octavo y doceavo grado durante diez años para evaluar el daño potencial a la salud de una exposición continua al ozono, partículas finas y acidez atmosférica. El jefe de investigación de este proyecto es el Dr. John Peters de la Universidad del Sur de California. David Abbey, de la Universidad de Loma Linda, estudió un grupo de 6 mil 340 Adventistas del Séptimo Día (grupo religioso protestante cuyos integrantes son abstemios al tabaco) que viven en California (62% de los cuales viven en el área de Los Ángeles). Los resultados de este estudio sugieren una relación entre la exposición de largo plazo a la contaminación del aire y el desarrollo de enfermedades crónicas específicas. Los residentes que viven en áreas donde se exceden las normas estatales y federales para partículas suspendidas en 42 días o más por año, tuvieron mayores riesgos de enfermedades respiratorias, incluyendo un riesgo de bronquitis 33% mayor y un riesgo de asma 74% mayor. Adicionalmente las mujeres que viven en áreas con altos niveles de partículas tuvieron un riesgo de desarrollar alguna forma de cáncer 37 veces mayor en comparación con las mujeres que habitan en otras zonas.

En 1987, los Doctores Russell Sherwin y Valda Richsters de la Universidad del Sur de California examinaron la salud de 152 personas jóvenes, entre los 15 y 25 años de edad, quienes murieron repentinamente a causa de accidentes u homicidio. En las autopsias de los pulmones de más de 100 de estos sujetos, se encontró una ligera inflamación de los espacios pulmonares en el 75% del grupo, encontrándose un daño severo en 27% de éstos. Adicionalmente todos los jóvenes examinados tuvieron algún grado de inflamación de las vías respiratorias, mientras que el 39% tuvieron enfermedades severas en las glándulas bronquiales y un 29% tuvieron enfermedades severas en sus conductos bronquiales. Alrededor del 54% de los jóvenes examinados tuvieron al menos un sitio del aparato respiratorio donde se encontró alguna enfermedad severa. Aunque no se contó con evidencias para determinar sus hábitos de fumar u otros factores contribuyentes que pudieran haber afectado su salud, estos jóvenes parecen haber proporcionado la primera prueba de daño a la salud de una exposición de largo plazo a una mala calidad del aire.

Un estudio conducido por el Dr. Roger Detels de la Universidad de California en Los Ángeles sobre enfermedad respiratoria obstructiva crónica, observó a los residentes de tres áreas del sur de California (Long Beach, Glendora y Lancaster) con diferentes tipos y niveles de contaminación del aire. Los participantes, de entre 7 y 59 años de edad fueron cuestionados acerca de sus hábitos de vida y examinados utilizando pruebas e historias de función pulmonar para registrar exposiciones a los contaminantes debido a los lugares de trabajo y hábitos como el fumar.

Los investigadores dieron seguimiento a los participantes durante más de cinco años y encontraron que los residentes que vivían en las áreas más contaminadas (Long Beach y Glendora), tuvieron mayores síntomas de enfermedades respiratorias tales como bronquitis y asma, mientras que los residentes de Lancaster con niveles de contaminación más bajos tuvieron síntomas menores de dichas enfermedades.

De acuerdo con investigaciones del Dr. Henry Gong de la Universidad de California en los Ángeles, los atletas pueden ser relativamente jóvenes, saludables, físicamente aptos y no fumadores, pero ellos se encuentran entre los más vulnerables a los efectos del ozono y otros contaminantes atmosféricos. Estudios de resistencia sugieren que el desempeño atlético puede empezar a verse afectado a un nivel de 0.12 partes por millón de ozono, y es muy probable que a 0.20 partes por millón afecte a la mayoría de los atletas que hayan estado haciendo ejercicio pesado durante una o más horas.

En trabajos realizados en otras ciudades de los Estados Unidos de América, se ha encontrado que las partículas finas (incluso en niveles por debajo de la norma de protección a la salud), pueden reducir en dos años el promedio de vida humana, de acuerdo con el estudio de 16 años que realizaron los investigadores de la Universidad de Harvard. En un estudio de 8 mil 111 residentes de 6 ciudades de los Estados Unidos de América, la contaminación por partículas estuvo fuertemente asociada con muertes en exceso debido a cáncer pulmonar y enfermedades cardíacas, incluso cuando otros riesgos de estilo de vida tales como fumar fue eliminado. De las 6 ciudades estudiadas (Watertown, Mass., Arriman, Tenn., St. Louis y Ateubenville, Ohio, Portage, Wis. y Topeka, Kan.), todas tienen niveles de  $PM_{10}$  menores a la norma de protección a la salud. En contraste, la ZMVM y Los Ángeles tienen niveles más altos.

Finalmente, un estudio realizado por Arden Pope III, de la Universidad de Brigham Yong encontró que la contaminación por partículas reduce la expectativa de vida media de uno a tres años en algunas de las ciudades más contaminadas.

CAPÍTULO 5  
INVENTARIO DE EMISIONES 1998





## 5.1 INTRODUCCIÓN

Como se menciona en el capítulo 1, los principales problemas de contaminación en la ZMVM son el ozono y las partículas suspendidas, específicamente las menores a 10 micrómetros, surgiendo la necesidad de identificar la contribución de las diferentes fuentes que los emiten o promueven su formación. Por ello se han realizado importantes esfuerzos para actualizar y mejorar el inventario de emisiones, mediante la aplicación de metodologías estandarizadas y operativas que permiten asegurar la reproducibilidad de las estimaciones; lo anterior tiene como resultado un inventario con mayor grado de confiabilidad respecto a los inventarios realizados con anterioridad, incorporando las recomendaciones realizadas por el Dr. Mario Molina, como parte del estudio *Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la ZMVM* realizado para la CAM en el año 2000<sup>1</sup>.

El inventario de emisiones 1998 de la ZMVM<sup>2</sup> ha sido la base para la formulación de las estrategias y medidas de control propuestas en este programa, enfocadas hacia los sectores y actividades identificadas como las de mayor aportación de emisiones. Asimismo fue de utilidad para realizar una proyección de las emisiones al año 2010, cuyos resultados se utilizaron para modelar las emisiones que permitieron construir el escenario sobre el incremento de los niveles de ozono que se pudieran dar en los próximos diez años, de no instrumentarse medidas adicionales a las que se encuentran en curso de aplicación.

## 5.2 INVENTARIO DE EMISIONES 1998

El inventario de emisiones cubre un área de 3,540 km<sup>2</sup> que incluye a las 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios conurbados del Estado de México (figura 2.1 y tabla 2.1). Los contaminantes considerados son: las partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos totales (HC).

En las tablas 5.1 y 5.2 se muestran las emisiones totales de cada contaminante y la contribución por sector en forma porcentual, respectivamente. En 1998 se emitieron cerca de 2.5 millones de toneladas de contaminantes, de las cuales el 84% fueron generadas por las fuentes móviles, el 12% por las fuentes de área, 3% por las fuentes puntuales y 1% por la vegetación y los suelos; sin embargo, es necesario analizar la contribución por contaminante ya que la medición en la atmósfera y las medidas de control se dirigen a cada uno de ellos en lo particular.

---

<sup>1</sup> Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global: el Caso de Estudio de la Ciudad de México, 2000.CAM-MIT.

<sup>2</sup> Se puede consultar o bajar a disco duro en la dirección electrónica <http://sma.df.gob.mx>

**Tabla 5.1 Emisión total de contaminantes por fuente 1998.**

Sector	ton/año				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	3,093	12,442	9,213	26,988	23,980
Fuentes de área	1,678	5,354	25,960	9,866	247,599
Vegetación y suelos	7,985	N/A	N/A	3,193	15,669
Fuentes móviles	7,133	4,670	1,733,663	165,838	187,773
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica

**Tabla 5.2 Inventario de emisiones porcentual 1998.**

Sector	(%)				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Fuentes puntuales	16	55	0.5	13	5
Fuentes de área	8	24	1.5	5	52
Vegetación y suelos	40	N/A	N/A	2	3
Fuentes móviles	36	21	98	80	40
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

N/A. No Aplica

En las tablas se puede observar que el suelo es la principal fuente generadora de PM<sub>10</sub>, contribuyendo con un 40% y las fuentes móviles con el 36%. Con respecto al bióxido de azufre, las fuentes puntuales son el principal emisor (55% de las emisiones) seguido por las fuentes de área con el 24% y 21% por las fuentes móviles. Por lo que se refiere al monóxido de carbono, las fuentes móviles generan el 98% de las emisiones de este contaminante. En el caso de los óxidos de nitrógeno las fuentes móviles generan el 80% de las emisiones y 13% las fuentes puntuales. Por último, los hidrocarburos totales son generados en un 52% por las fuentes de área y en un 40% por las fuentes móviles.

El inventario de emisiones es una herramienta útil desde el punto de vista técnico y de la toma de decisiones. En la medida en la que se presente lo más desagregado posible, permitirá identificar las fuentes que generan las mayores emisiones. De este modo se podrán evaluar las medidas de control específicas para cada giro en particular. En las tablas 5.3 y 5.4 se presenta el inventario desagregado, tanto en toneladas por año, como en porciento en peso, por fuente contaminante, respectivamente.

Tabla 5.3 Inventario de emisiones desagregado en toneladas por año, 1998.

Sector	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>3,093</b>	<b>12,442</b>	<b>9,213</b>	<b>26,988</b>	<b>23,980</b>
Generación de energía eléctrica	138	16	1,111	9,540	48
Industria de consumo alimenticio	515	1,103	400	924	416
Industria del vestido	379	2,262	463	1,316	386
Industria química	415	2,299	2,422	1,335	6,305
Madera y derivados	216	2,295	527	1,066	1,002
Mineral metálica	249	714	893	513	291
Mineral no metálica	504	1,698	653	4,570	765
Productos de consumo varios	73	261	78	129	873
Productos de impresión	46	173	67	145	3,723
Productos de vida larga	140	302	821	2,128	2,654
Productos de vida media	120	86	473	624	1,457
Productos metálicos	175	774	1,137	4,432	3,024
Productos vegetales y animales	61	287	36	109	12
Otros	62	172	132	157	3,024
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,678</b>	<b>5,354</b>	<b>25,960</b>	<b>9,866</b>	<b>247,599</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	76,623
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	30,146
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,752
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,414
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	10,049
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,692
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,601
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,175
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	803
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	12,314
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	892
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	22,173
Hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	26,177
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	496
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	102
Operación de aeronaves	N/E	N/E	2,512	1,517	400
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	10	54	62	492	19
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	7,380
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	206
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	23
Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
Combustión habitacional	126	N/S	653	4,417	166
Combustión comercial-institucional	820	5,276	526	2,720	149
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendio en estructuras	7	N/A	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>7,985</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>7,133</b>	<b>4,670</b>	<b>1,733,663</b>	<b>165,838</b>	<b>187,773</b>
Autos particulares	701	2,000	822,477	47,380	81,705
Taxis	199	567	131,453	11,093	15,310
Combis	10	28	20,448	930	1,945
Microbuses	59	166	216,740	9,524	19,761
Pick up	183	522	255,503	18,961	24,599
Camiones de carga a gasolina	84	240	216,865	15,297	18,683
Vehículos a diesel de menos de 3 toneladas	133	24	249	150	168
Tractocamiones a diesel	1,990	363	16,675	22,678	7,587
Autobuses a diesel	1,174	214	9,270	11,640	3,853
Vehículos a diesel de 3 o más toneladas	2,562	468	20,956	27,662	9,205
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>19,889</b>	<b>22,466</b>	<b>1,768,836</b>	<b>205,885</b>	<b>475,021</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

Memoria de cálculo: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/gaa/inventario/memoria.prn.pdf>

Tabla 5.4 Inventario de emisiones porcentual desagregado, 1998.

Sector	(%)				
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>15.55</b>	<b>55.38</b>	<b>0.52</b>	<b>13.11</b>	<b>5.05</b>
Generación de energía eléctrica	0.69	0.07	0.06	4.63	0.01
Industria de consumo alimenticio	2.59	4.91	0.02	0.45	0.09
Industria del vestido	1.91	10.07	0.03	0.64	0.08
Industria química	2.09	10.23	0.14	0.65	1.33
Madera y derivados	1.09	10.22	0.03	0.52	0.21
Mineral metálica	1.25	3.18	0.05	0.25	0.06
Mineral no metálica	2.53	7.56	0.04	2.22	0.16
Productos de consumo varios	0.37	1.16	N/S	0.06	0.18
Productos de impresión	0.23	0.77	N/S	0.07	0.78
Productos de vida larga	0.70	1.34	0.05	1.03	0.56
Productos de vida media	0.60	0.38	0.03	0.30	0.31
Productos metálicos	0.88	3.45	0.06	2.15	0.64
Productos vegetales y animales	0.31	1.28	N/S	0.05	N/S
Otros	0.31	0.77	0.01	0.08	0.64
<b>Fuentes de área</b>	<b>8.43</b>	<b>23.83</b>	<b>1.47</b>	<b>4.79</b>	<b>52.12</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	16.13
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	6.35
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4.79
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	4.51
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	2.12
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	1.41
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	0.55
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	0.46
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	0.17
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	2.59
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	0.19
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	4.67
Hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5.51
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.10
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Operación de aeronaves	N/S	N/S	0.14	0.74	0.08
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.05	0.24	N/S	0.24	N/S
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	1.55
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	0.04
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	0.02
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S
Combustión en hospitales	0.04	0.11	N/S	0.04	N/S
Combustión habitacional	0.63	N/S	0.04	2.15	0.03
Combustión comercial-institucional	4.12	23.48	0.03	1.32	0.03
Incendios forestales	3.55	N/E	1.25	0.31	0.79
Incendio en estructuras	0.04	N/A	0.01	N/S	N/S
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>40.15</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>1.55</b>	<b>3.30</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	1.55	3.30
Suelo	40.15	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>35.86</b>	<b>20.79</b>	<b>98.01</b>	<b>80.55</b>	<b>39.53</b>
Autos particulares	3.52	8.90	46.50	23.01	17.20
Taxis	1.00	2.52	7.43	5.39	3.22
Combis	0.05	0.12	1.16	0.45	0.41
Microbuses	0.30	0.74	12.25	4.63	4.16
Pick up's	0.92	2.32	14.44	9.21	5.18
Camiones de carga a gasolina	0.42	1.07	12.26	7.43	3.93
Vehículos a diesel de menos de 3 toneladas	0.67	0.11	0.01	0.07	0.04
Tractocamiones a diesel	10.01	1.62	0.94	11.01	1.60
Autobuses a diesel	5.90	0.95	0.52	5.65	0.81
Vehículos a diesel de 3 o más toneladas	12.88	2.08	1.18	13.44	1.94
Camiones de carga a gas LP	0.08	0.07	0.02	0.15	0.05
Motocicletas	0.11	0.28	1.28	0.10	1.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado

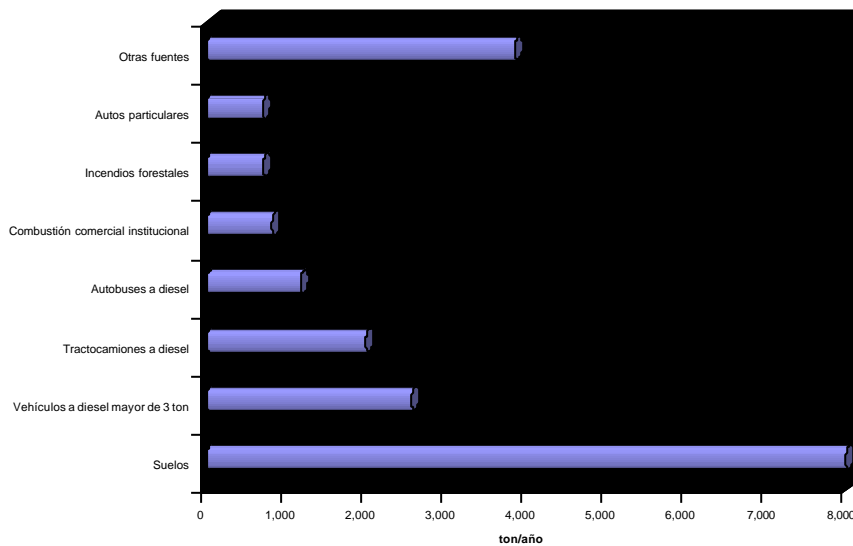
Para la evaluación de las políticas de control es importante analizar las emisiones fuente por fuente ya que, si se consideran únicamente las emisiones por sector, al ser sumadas todas las emisiones de las fuentes que lo integran como un total, algunas fuentes específicas que generen grandes cantidades de un contaminante determinado, pueden quedar encubiertas dentro del sector.

En las gráficas siguientes se muestran únicamente las fuentes que contribuyen con las emisiones mayores para cada contaminante; en la clasificación de "otras fuentes" se agrupan todas aquellas fuentes que de manera individual no contribuyen mayoritariamente a las emisiones.

**Partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )**

Las partículas generadas por la erosión del suelo representan el 40% de las emisiones de  $\text{PM}_{10}$ , es decir cerca de 8 mil toneladas al año. Por otra parte, los vehículos a diesel en sus diversas modalidades (vehículos de más de 3 toneladas, tractocamiones y autobuses), representan una fuente importante de  $\text{PM}_{10}$ , emitiendo en conjunto casi 6 mil toneladas al año. Otras fuentes que contribuyen de forma importante, son la combustión comercial, los incendios forestales y los autos particulares. En la gráfica 5.1 se muestran los principales sectores generadores de  $\text{PM}_{10}$ .

**Gráfica 5.1 Contribución de  $\text{PM}_{10}$  por fuentes.**

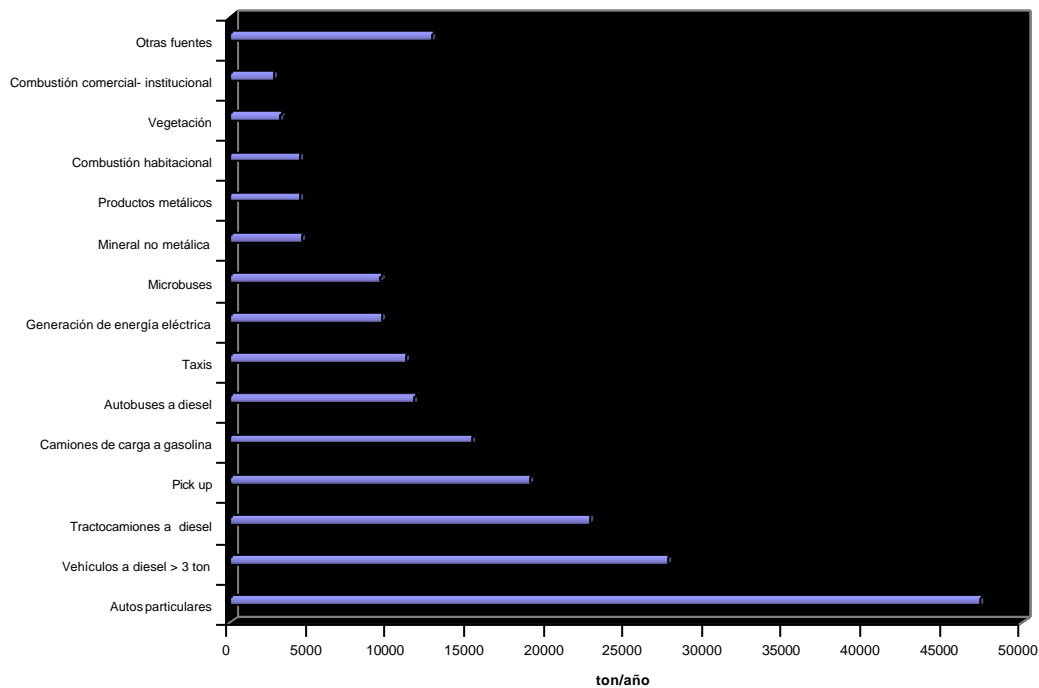


Las emisiones generadas por la erosión del suelo nos indican que contamos con suelos desprovistos de vegetación durante la mayor parte del año, cuyo tipo de textura, en conjunto con la velocidad del viento, facilita la generación de  $PM_{10}$ . Asimismo, la mayoría de los vehículos a diesel son generadores importantes de este contaminante, pues tienen una edad mayor a los 10 años y no cuentan con tecnologías de control, ya que éstas se incorporaron a partir de los motores EPA 94. Por ejemplo, en el caso de los autobuses, el 70% de la flota son modelos anteriores a 1993, de los tractocamiones son el 99% y de los vehículos de más de tres toneladas son el 90%.

### Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )

Con relación a los óxidos de nitrógeno, se mencionó anteriormente que las fuentes móviles son la principal fuente de generación de dicho contaminante; dentro de este sector los vehículos a diesel y los vehículos particulares a gasolina son las principales fuentes generadoras. De acuerdo con el inventario, los vehículos a diesel en su conjunto generaron casi 62 mil toneladas al año y los vehículos particulares cerca de 47 mil 500 toneladas. Otras fuentes importantes son los camiones de carga a gasolina y los taxis. También se han identificado giros que requieren mayor atención como la generación de energía eléctrica, la combustión habitacional y la combustión comercial.

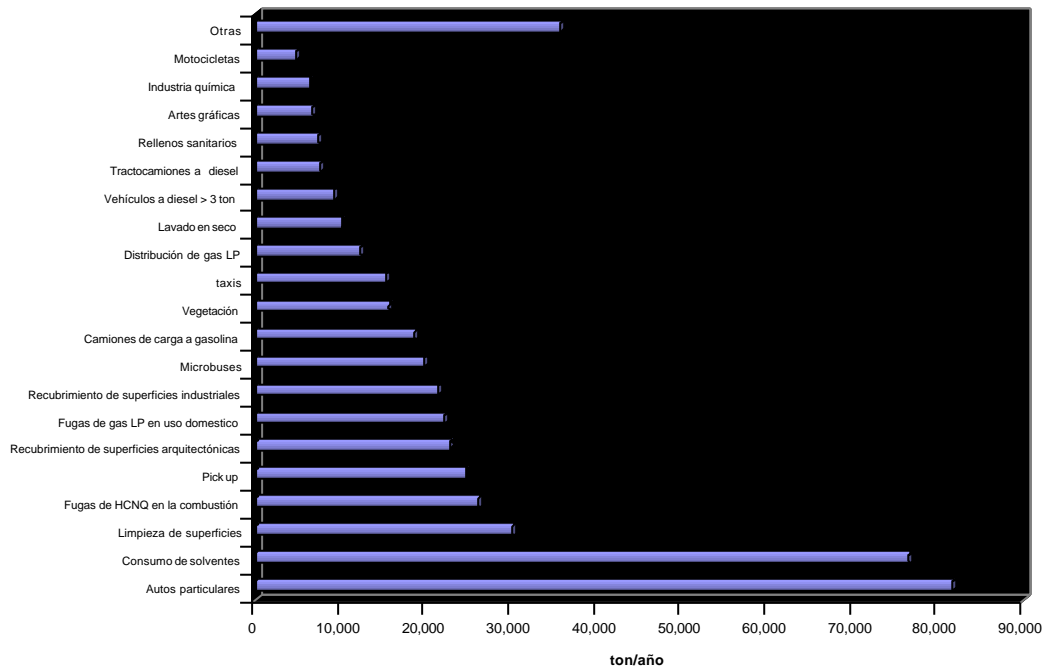
**Gráfica 5.2 Contribución de  $NO_x$  por fuentes.**



**Hidrocarburos totales( HC)**

En la ZMVM, la gran mayoría de los hidrocarburos son generados tanto por las fuentes móviles como por las fuentes de área. Específicamente, las fuentes que generan la mayor cantidad de hidrocarburos son los autos particulares, casi 82 mil toneladas por año, y el consumo de solventes con 77 mil toneladas por año. A estos giros, le siguen tanto la limpieza de superficies como las fugas de los hidrocarburos no quemados en la combustión (HCNQ) con casi 27 mil ton/año. Otras fuentes importantes son las pick up, el recubrimiento de superficies arquitectónicas, las fugas de gas LP en uso doméstico, el recubrimiento de superficies industriales y los microbuses, como se observa en la gráfica 5.3.

**Gráfica 5.3. Contribución de HC por fuentes.**

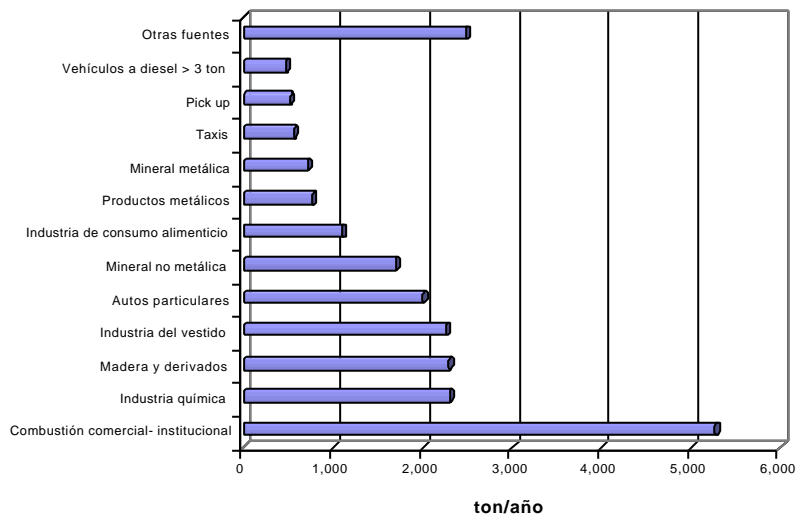


### Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

De manera general las fuentes puntuales representan el mayor generador de bióxido de azufre (55 %). Sin embargo, analizando el inventario desagregado, se observa que la combustión comercial, la cual se encuentra dentro de las fuentes de área, es el principal generador de bióxido de azufre, con una generación de aproximadamente 5 mil 300 toneladas por año. A este sector le siguen la industria química, la industria de madera y derivados, la industria del vestido y los autos particulares.

El origen de este contaminante es fundamentalmente los combustibles fósiles utilizados por las fuentes fijas, entre los que se encuentran el gasóleo industrial, el diesel industrial, el diesel nacional e incluso el combustóleo, a pesar de que el uso de éste último no está permitido en la ZMVM. De acuerdo con el balance energético, la energía que se consume en la zona es equivalente al consumo de 301 mil barriles diarios de gasolina de los cuales las fuentes fijas consumen aproximadamente el 39%. En la gráfica 5.4 se muestran los principales generadores de SO<sub>2</sub>.

**Gráfica 5.4 Contribución de SO<sub>2</sub> por fuentes.**



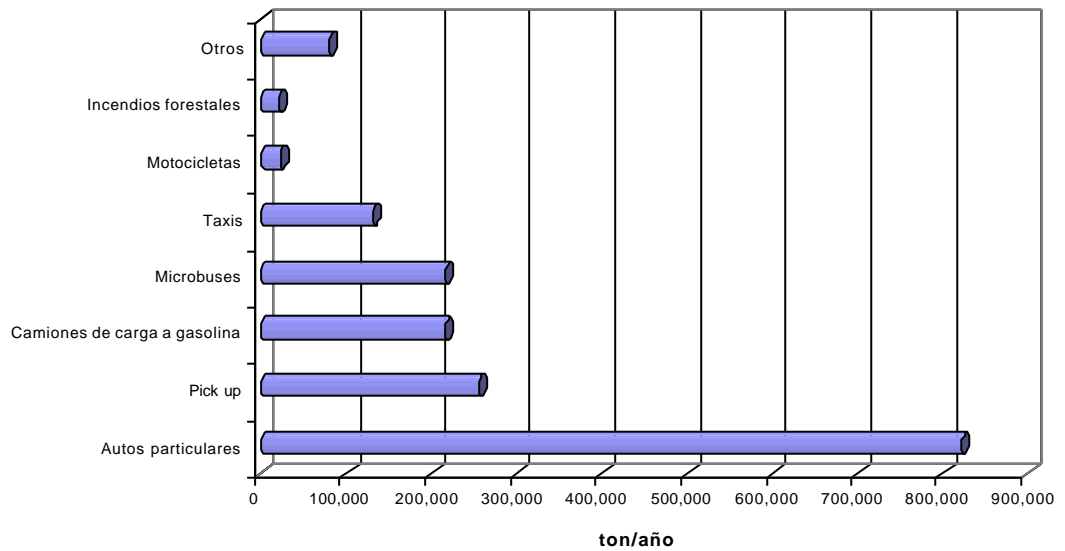


**Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono es emitido casi en su totalidad (98%) por las fuentes móviles. Dentro de estas fuentes, el principal generador son los autos particulares, los cuales emiten al año alrededor de 850 mil toneladas de este contaminante (gráfica 5.5).

La combustión en un automóvil es muy diferente de las combustiones simples y continuas que se llevan a cabo en otro tipo de equipos, ya que es intermitente y se da bajo condiciones complejas y variables. La eficiencia de la combustión es muy sensible a la calidad del carburante y éste depende, a su vez, de las condiciones de operación. Debido a la altitud del Valle de México, la quema de combustibles en motores de combustión interna es menos eficiente que en lugares localizados a nivel del mar, debido a la baja presión atmosférica y a la menor concentración de oxígeno en el aire.

**Gráfica 5.5 Contribución de CO por fuentes.**



Para complementar la descripción del inventario 1998, a continuación se analizan las emisiones de cada sector que las produce.

### *Fuentes móviles*

Hoy día, las fuentes móviles se constituyen como el principal sector generador de contaminación atmosférica en la ZMVM, dada una serie de factores, de diversa índole, que al interactuar entre sí, motivan un sustancial incremento en los niveles de emisión por unidad vehicular y en la generación de contaminantes de la flota vehicular total. En términos generales, es posible distinguir tres elementos principales, que engloban los factores que determinan el nivel de contaminación vehicular: el volumen de combustible consumido, las características de dicho combustible y la tecnología en que éste se consume.

Por lo que respecta al volumen de combustible, este rubro enmarca la demanda energética de los vehículos en circulación que es superior a los 3 millones de unidades, la expansión de la mancha urbana la cual impacta en el incremento del kilometraje recorrido por viaje; así como en la saturación de la red vial que propicia un incremento en el tiempo de operación de los motores en condiciones ineficientes (ralentí) y bajas velocidades de circulación.

La combinación de los elementos mencionados se ve reflejada en un alto consumo de energía para uso vehicular (alrededor del 47% del total de la energía consumida en la ZMVM). De esta forma, para satisfacer la demanda de energéticos vehiculares, diariamente se requieren cerca de 4.5 millones de litros de diesel, 18 millones de litros de gasolina y 700 mil litros de gas licuado de petróleo.

Las especificaciones de los combustibles vehiculares han variado notablemente en los últimos 15 años de manera tal que ahora se cuenta con energéticos de alto valor ambiental. Asimismo, durante la década pasada dio inicio el uso de gas licuado de petróleo y gas natural vehicular, combustibles que comparados con la gasolina, disminuyen la generación de contaminantes vehiculares en un 60% y 90% respectivamente.

De acuerdo al inventario de emisiones de la ZMVM se tiene que del total de vehículos que circulan diariamente en la ZMVM, el 94% corresponde a los vehículos que utilizan gasolina como combustible para su propulsión, el 5% corresponde a aquellos que utilizan diesel y el resto corresponde a los camiones de carga que consumen gas LP.

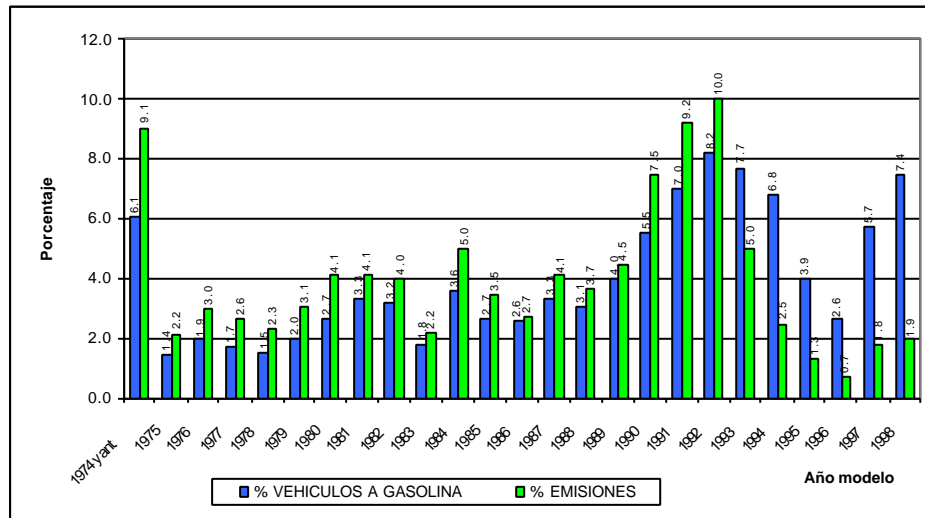
Del parque vehicular que utiliza gasolina, el 52% de los vehículos tienen condiciones tecnológicas que los ubica como unidades altamente emisoras, toda vez que por su edad carecen de motores energéticamente eficientes y sistemas avanzados de control de la contaminación (unidades 1990 y anteriores); este tipo de unidades aportan cerca del 68% de las emisiones totales que se liberan a la atmósfera de la ZMVM.

El resto de las unidades fueron diseñadas de forma tal que cumplieron con niveles mucho más estrictos de emisiones, para lo cual se requirió el uso de convertidor catalítico, sistemas computarizados de control de la mezcla aire-combustible, etc. Según datos del inventario de emisiones, este grupo tecnológico, correspondiente a los vehículos modelo 1991 y posteriores, constituye el 48% del parque en circulación y participa con el 32% de las emisiones totales (gráfica 5.6).

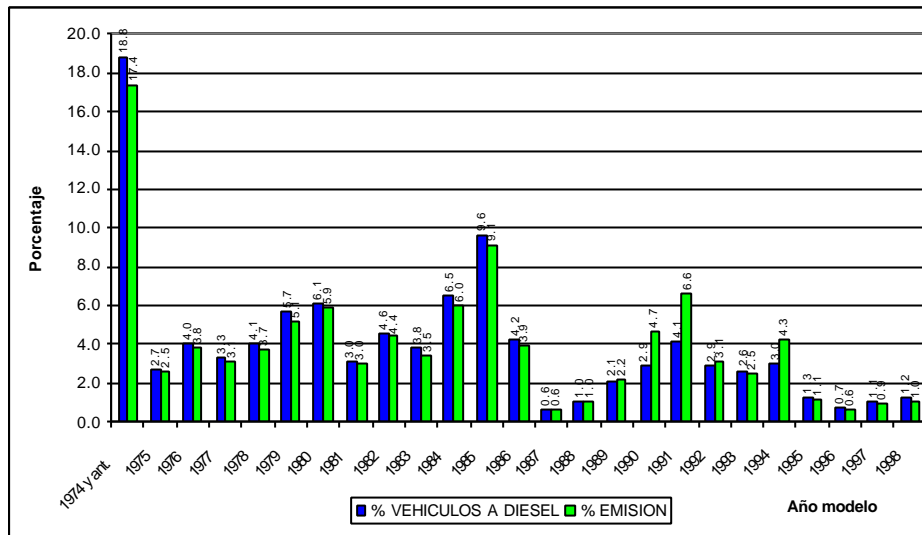
Con respecto a la porción del parque vehicular que utiliza diesel, tenemos que estos vehículos se caracterizan por su longevidad y el deficiente mantenimiento que reciben. Al analizar la flota vehicular por año modelo tenemos que del total de unidades, el 83% (vehículos de años modelo 1990 y anteriores) contribuye con el 80% de las emisiones totales, de acuerdo al inventario de emisiones 1998 (gráfica 5.7).

Dado el problema ambiental ligado al transporte de la ciudad y a la diversidad del parque vehicular existente en la ZMVM es indispensable contar con un inventario de emisiones que permita conocer con mayor detalle, la participación de cada uno de los tipos de vehículos, con el objeto de establecer las medidas que permitan maximizar el beneficio ambiental al menor costo posible.

**Gráfica 5.6 Contribución de emisiones y parque vehicular por año modelo de los vehículos que utilizan gasolina como combustible.**



**Gráfica 5.7 Contribución de emisiones y parque vehicular por año modelo de los vehículos que utilizan diesel como combustible.**



### Fuentes fijas

En la década de los noventa se iniciaron los proyectos operacionales en la ZMVM para el cambio de combustible en las industrias y las normas fueron tomando un carácter más estricto, teniendo como resultado una reducción importante de la contaminación. Como ejemplo se tiene la prohibición, a partir de 1992, del empleo de combustibles con alto contenido de azufre en el Valle de México. Actualmente, la fuente principal de energía para el sector industrial es el gas natural y una parte pequeña de la demanda de combustible para uso industrial requiere de gasóleo industrial (con 1% de azufre en peso máximo).

Por lo que respecta a las normas ambientales, desde finales de los años ochenta y particularmente en los años noventa, la política industrial empezó a tomar medidas más integrales para controlar las emisiones y cumplir con las normas para la protección ambiental. Esto se ha dado particularmente en industrias grandes, sin embargo, aún existen problemas para muchos giros y procesos industriales en la industria mediana y pequeña. En años más recientes las autoridades ambientales han buscado el establecimiento de una estrategia integral sistemática que incluye el criterio preventivo, por medio de la sensibilización respecto a la urgencia del conocimiento en la prevención y control de la contaminación.

Hoy en día existen en la ZMVM cerca de 31,000 establecimientos industriales, siendo la población de esta zona el principal mercado de los productos generados por este sector. Por lo cual esta actividad económica no sólo brinda empleo sino también bienes de consumo, sin embargo, su desarrollo y actividad se suma a las fuentes que afectan a la calidad del aire por sus emisiones. Del número de establecimientos registrados solo el 2% es considerado industria grande, mientras que el resto incluye a la mediana y pequeña.

De acuerdo con el inventario de emisiones, este sector emite cerca de 76,000 toneladas de contaminantes al año, de las cuales el 36% son emisiones de NO<sub>x</sub>, el 32% de HC, 16% de SO<sub>2</sub>, 12% de CO y el restante 4% son emisiones de PM<sub>10</sub>. Por su parte, la industria química y la de productos de impresión son las que contribuyen en mayor cantidad con la emisión de hidrocarburos. En lo que se refiere a emisiones de bióxido de azufre, los principales generadores son la industria química, de madera y derivados, y del vestido. Las emisiones de monóxido de carbono se deben principalmente a la industria química, productos metálicos y a la mineral metálica. Finalmente, el principal aporte de PM<sub>10</sub> se concentra en la industria de productos de consumo alimenticio, industria química y mineral no-metálica.

Con respecto a las termoeléctricas, son plantas con más de 40 años de operación, generadoras de óxidos de nitrógeno y que para dar respuesta al crecimiento de la demanda eléctrica, requerirán de modernizar sus procesos mediante una repotenciación, esto les permitirá aumentar su capacidad de generación, pero será también necesario que se instalen equipos que les permitan reducir sus emisiones de NO<sub>x</sub>.

#### *Fuentes de área.*

En la ZMVM hay alrededor de 4 millones de hogares y más de 120 mil establecimientos comerciales y de servicio (hoteles, hospitales, centros deportivos, baños públicos, tintorerías, panaderías, tortillerías, restaurantes, talleres de hojalatería y pintura, entre otros), que en forma conjunta generan más de 290 mil toneladas de contaminantes atmosféricos. Sólo por el uso de solventes y gas LP se emiten más del 35% y 10% respectivamente de las emisiones totales de hidrocarburos, y debido principalmente al consumo de diesel y gasóleo se emite cerca del 24% de las emisiones totales de bióxido de azufre.

#### *Vegetación y Suelos*

El crecimiento de los asentamientos humanos y en algunos casos su establecimiento en sitios de difícil acceso, dificulta la introducción de los servicios. Asimismo representa una presión sobre los recursos naturales, ya que por lo general el crecimiento se da hacia las áreas de conservación ecológica y de zonas agrícolas de la ZMVM. Este fenómeno genera amplias zonas desprovistas de vegetación que quedan expuestas a un proceso de erosión generando con ello emisiones de partículas suspendidas. Este sector de acuerdo al inventario de emisiones es el principal generador de PM<sub>10</sub>, contribuyendo con el 40%.

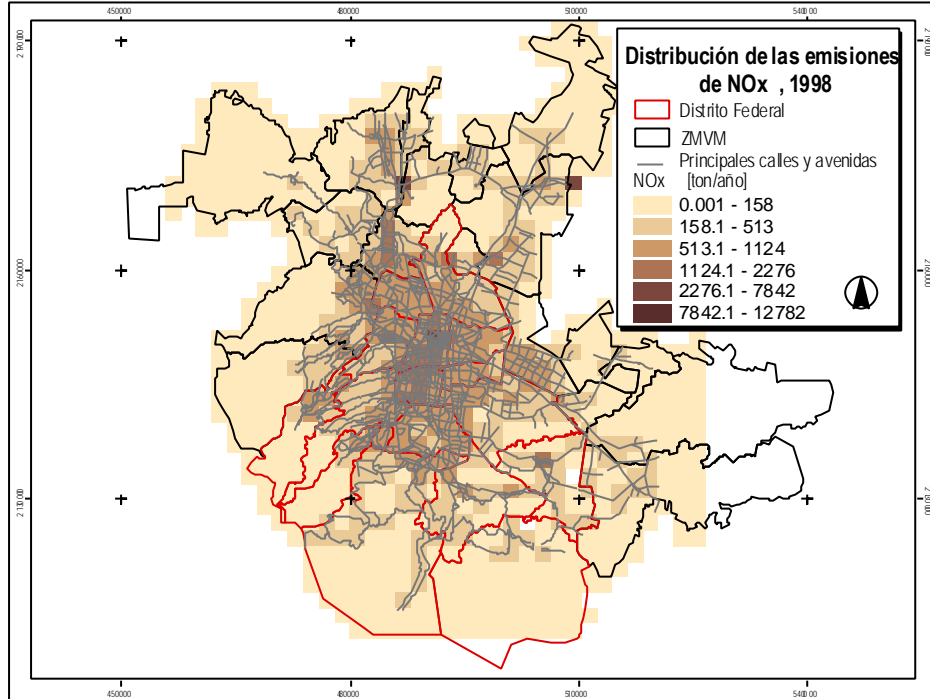
Las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno generados por la vegetación son originadas por la actividad metabólica de las plantas y por los procesos bioquímicos que se llevan a cabo en el suelo respectivamente.

Los hidrocarburos de origen vegetal deben de tomarse en consideración debido a que son precursores de ozono; así mismo, es necesario tomar en cuenta estas emisiones para determinar que especies vegetales son las principales contribuyentes y que especies se

consideran de baja emisión. Una aplicación de esta información está enfocada a las campañas de reforestación como uno de los factores de selección de las especies a ser plantadas.

A continuación se muestra la distribución espacial de las emisiones de NO<sub>x</sub>, HC, PM<sub>10</sub>, CO y SO<sub>2</sub> estimadas para 1998.

**Figura 5.1 Distribución de las emisiones de NO<sub>x</sub> en la ZMVM, 1998.**



**Figura 5.2 Distribución de las emisiones de HC en la ZMVM, 1998.**

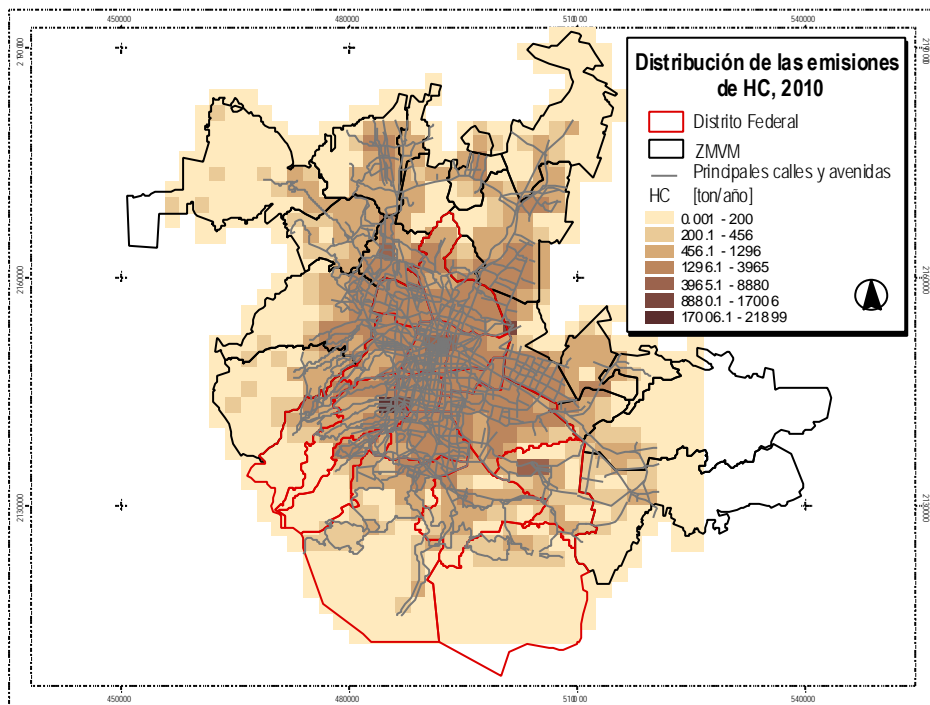


Figura 5.3 Distribución de las emisiones de PM<sub>10</sub> en la ZMVM, 1998.

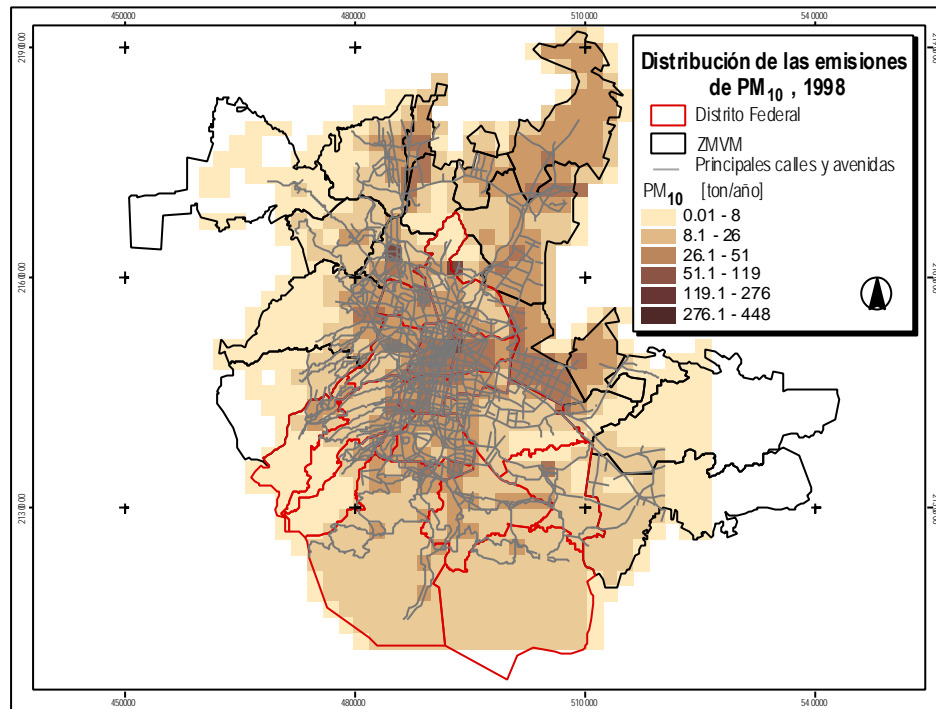


Figura 5.4 Distribución de las emisiones de CO en la ZMVM, 1998.

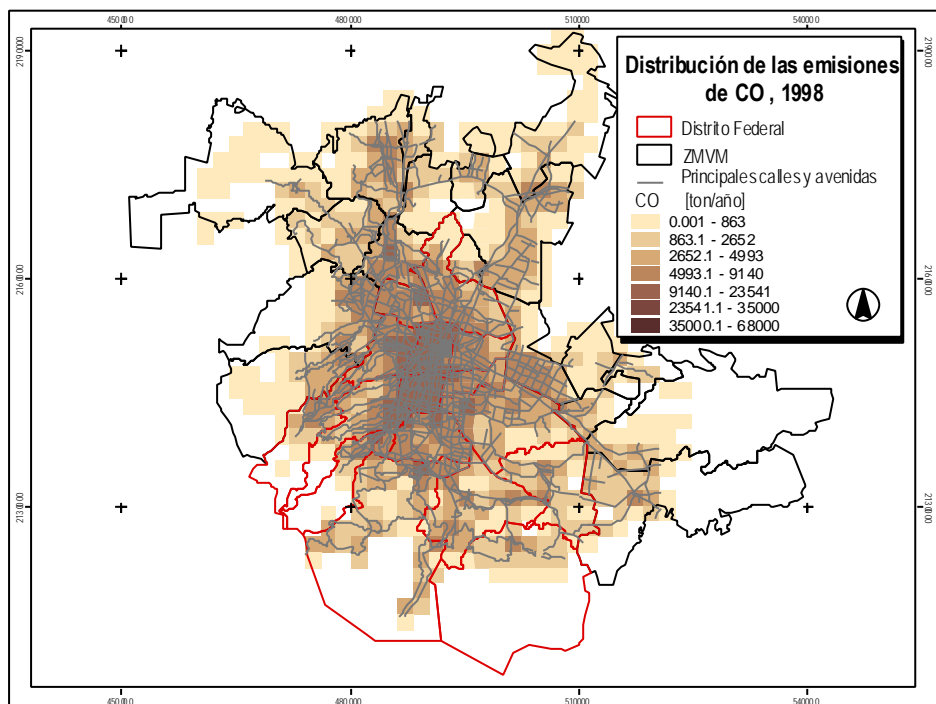
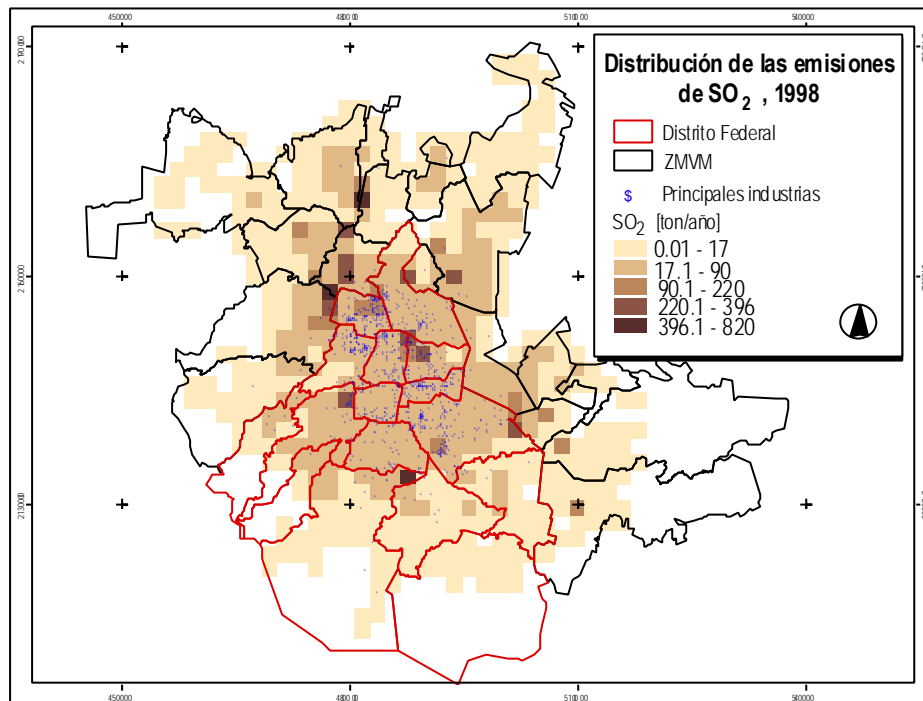


Figura 5.5 Distribución de las emisiones de SO<sub>2</sub> en la ZMVM, 1998.

### 5.3 PROYECCIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES 1998 AL AÑO 2010

Tomando como base la metodología empleada en el desarrollo del inventario de emisiones de la ZMVM, estimado para el año 1998, se proyectaron las emisiones que se esperarían en esta zona para el año 2010, sin considerar la mitigación de emisiones debido a la instrumentación de medidas de control de emisiones. Estos dos inventarios se utilizaron para modelar las emisiones y poder obtener en forma gráfica tanto el escenario de niveles de ozono en 1998 como para el año 2010.

Las premisas básicas utilizadas en este documento para realizar las proyecciones fueron las tendencias del crecimiento poblacional, vehicular y del consumo de combustibles. Con base en dichas tendencias se estimaron los niveles de actividad para cada fuente o categoría, a las cuales se les aplicaron los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones 1998.

- Fuentes puntuales: para realizar la proyección de emisiones, se consideró el crecimiento promedio del producto interno bruto real 1993-1999, manteniéndolo constante hasta el 2010; para el caso de la industria manufacturera, en el Distrito Federal fue de 4.2 % y 4.5 % para el



Estado de México; con relación a la generación de energía eléctrica el valor utilizado fue de 3.7 % para el Estado de México.

- Fuentes móviles: para los autos particulares se calculó una tasa anual de crecimiento compuesta, tomando como base las ventas de los últimos 10 años y un perfil de desecho a partir de datos históricos de ventas en la ZMVM y de la flota vehicular por año modelo de autos particulares utilizada en el inventario de emisiones 1998. Para los otros tipos de vehículos se tomaron las tasas de crecimiento por entidad federativa reportadas en el documento de la Secretaría de Energía *Prospectivas del mercado de gas natural 2000-2009*.
- Fuentes de área: se consideraron las tasas de crecimiento poblacional, las tasas de crecimiento anual del consumo de las gasolinas y el porcentaje de distribución al 2010, el incremento del consumo de gas natural y de gasóleo, el aumento en el consumo de diesel desulfurado y el incremento de gas LP.
- Vegetación y suelo: en este ejercicio se asumió que no se producen cambios en sus emisiones.

### *Crecimiento poblacional*

Las proyecciones indican que para el 2010 la población se asentará en su mayor parte en el Estado de México. De acuerdo con los datos censales oficiales, el 70% de la migración que recibe el Estado proviene de la capital del país, lo cual refleja una tendencia "expulsora" del Distrito Federal que se manifiesta en un saldo negativo de crecimiento de 5.7%, en tanto que para los municipios conurbados del Estado de México se estima un crecimiento de 6.2%.

### *Consumo de combustibles*

En la tabla 5.5 se presenta el consumo de combustibles en la ZMVM de 1998 al 2000. De acuerdo con las cifras, el consumo de combustibles vehiculares aumenta año con año, al igual que el diesel industrial bajo en azufre, el gas licuado de petróleo y el gas natural; sólo la demanda del gasóleo doméstico y del combustible industrial disminuyen su consumo y es posible que para el año 2010 ya no se consuman en la ZMVM.

**Tabla 5.5 Consumo de combustibles en la ZMVM.**

Año	Miles de barriles/año							
	PEMEX Premium	PEMEX Magna	PEMEX diesel	Gasóleo doméstico	Combustible industrial	Diesel industrial*	Gas LP	Gas natural**
1998	2,548	38,138	10,113	19	2,367	1,557	23,171	172,879
1999	3,135	37,679	10,164	10	1,558	2,002	28,154	183,258
2000	4,024	37,773	10,218	5	831	2,115	29,686	191,806

\* Bajo en azufre

\*\* Millones de pies cúbicos

Fuente: PEMEX Refinación, 2001.

Debido al aumento previsto en la población, el dinamismo de la economía y las tendencias históricas del consumo de combustibles de la ZMVM, se puede suponer que se espera un crecimiento importante para el año 2010 en la demanda energética a una tasa anual de 4.2% para la gasolina y de 4.8% para el diesel.

Por otro lado se espera que en la región centro del país en el periodo 1999-2009, la demanda de gas natural aumente en un 6.1% anual y la del gas licuado de petróleo en un 3.5% anual.

Para estimar las proyecciones de la demanda de combustibles en la ZMVM para el año 2010, se asumieron las tasas de crecimiento a nivel regional o nacional. Por lo tanto, tomando como base el consumo del año 2000 de la ZMVM (tabla 5.5) y asumiendo para cada combustible una tasa de crecimiento anual constante hasta el año 2010, se tienen los consumos para el año 2010, mostrados en la tabla 5.6.

**Tabla 5.6 Proyección del consumo de combustibles para la ZMVM, 2001-2010.**

Año	miles de barriles/año					
	PEMEX Premium	PEMEX Magna	Diesel industrial *	PEMEX diesel	Gas LP	Gas natural **
2001	4,791	38,762	2,217	10,709	30,725	203,506
2002	4,992	40,390	2,323	11,223	31,800	215,920
2003	5,202	42,086	2,435	11,761	32,913	229,091
2004	5,420	43,854	2,552	12,326	34,065	243,066
2005	6,675	44,669	2,674	12,918	35,258	257,893
2006	6,955	46,545	2,803	13,538	36,492	273,624
2007	7,247	48,500	2,937	14,187	37,769	290,315
2008	7,551	50,537	3,078	14,868	39,091	308,024
2009	7,869	52,659	3,226	15,582	40,459	326,814
2010	9,460	53,609	3,381	16,330	41,875	346,750

\* Bajo en azufre

\*\* Millones de pies cúbicos

### *Estimaciones por sector*

Para realizar las proyecciones de las emisiones contaminantes al aire de las *fuentes puntuales* (sector industrial) al año 2010, se aplicaron tasas de crecimiento anual constantes a partir del año base 1998 hasta el año proyectado 2010. En la tabla 5.7 se presentan las tasas de crecimiento promedio anual del producto interno bruto (PIB) por entidad federativa, para la industria manufacturera y la generación de energía eléctrica, del periodo 1993-1999 consideradas para este cálculo.

**Tabla 5.7 Crecimiento del producto interno bruto.**

Gran divisor	Distrito Federal	Estado de México
Industria manufacturera	4.2	4.5
Electricidad	0.0	3.7

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa INEGI, 1999.

A pesar del proceso de desconcentración industrial que está ocurriendo en el país, se espera que en los próximos 10 años se incrementen los niveles de actividad de la industria que permanezca en la ZMVM, ello se explica en el crecimiento de la población y el incremento en la demanda de satisfactores. Por otro lado, la actividad de las termoeléctricas aumentará para satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica de la ZMVM.

Dadas las características y crecimiento de la flota vehicular de la ZMVM, la proyección se dividió en dos partes, una para los autos particulares y otra para el resto de la flota vehicular.

Para el cálculo de la proyección de los autos particulares se construyó una curva de la tasa de supervivencia de los vehículos y se calculó además la proyección de las ventas de autos particulares para la ZMVM que se estimó en 5.8%. Para proyectar el número de vehículos del resto de la flota se utilizaron las estimaciones del crecimiento de la flota reportado por la Secretaría de Energía en el documento *Prospectiva de Mercado de Gas Natural Comprimido 2000-2010* y el tamaño de la flota vehicular empleada en el inventario 1998. En la tabla 5.8 se resumen las proyecciones estimadas para el año 2010.

**Tabla 5.8 Proyección de la flota vehicular de la ZMVM 2000 - 2010.**

Tipo de vehículo	2000	2006	2010
Particulares	2,556,378	3,435,498	4,266,399
Taxis	109,654	110,456	111,046
Combis	4,859	3,352	2,617
Microbuses	29,727	24,638	22,452
Pick up	356,547	425,736	479,170
Camiones a gasolina	164,065	195,902	220,490
Vehículos a diesel menores a 3 toneladas	5,021	5,996	6,748
Tractocamiones a diesel	74,980	89,530	100,767
Autobuses a diesel	13,067	14,969	16,437
Vehículos a diesel de 3 o más toneladas	96,478	115,200	129,659
Camiones a gas LP	29,968	29,968	29,968
Motocicletas*	72,704	72,704	72,704
<b>Totales</b>	<b>3,513,448</b>	<b>4,523,949</b>	<b>5,458,457</b>

\* Se asumió que no cambia el número de motocicletas, pero sí hay una renovación de las mismas.

Considerando la flota vehicular estimada para el año 2010 y tomando los factores de emisión y recorridos de ésta, se estimaron sus emisiones de la misma forma que para 1998.

Para estimar las proyecciones de las emisiones de las *fuentes de área*, fue necesario ajustar los factores de actividad de 1998 al 2010 mediante un factor de crecimiento representado por la población, el consumo de gasolina, el diesel, gas natural y/o gas LP, entre otros.

La proyección del inventario de emisiones para el año 2010 se presenta en la tabla 5.9. y en la tabla 5.10 en forma desagregada.

**Tabla 5.9 Proyección del inventario de emisiones de la ZMVM al año 2010.**

Sector	Emisiones									
	PM <sub>10</sub>		SO <sub>2</sub>		CO		NO <sub>x</sub>		HC	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	5,162	21	20,824	63	15,343	1	44,022	16	39,884	7
Fuentes de área	1,824	7	5,424	16	26,854	1	14,198	5	300,052	50
Vegetación y suelos	7,985	32	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	1	15,669	3
Fuentes móviles	10,169	40	7,053	21	2,258,255	98	221,368	78	241,655	40
<b>Total</b>	<b>25,139</b>	<b>100</b>	<b>33,286</b>	<b>100</b>	<b>2,300,452</b>	<b>100</b>	<b>282,780</b>	<b>100</b>	<b>597,260</b>	<b>100</b>

N/A. No aplica

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección de Inventario y Modelación de Emisiones, 2001.

Tabla 5.10 Proyección al año 2010 del inventario de emisiones en la ZMVM (ton/año).

Sector	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>5,161</b>	<b>20,825</b>	<b>15,343</b>	<b>44,021</b>	<b>39,884</b>
Generación de energía eléctrica	213	25	1,712	14,670	75
Industria de consumo alimenticio	862	1,838	665	1,545	683
Industria del vestido	638	3,800	774	2,217	647
Industria química	692	3,817	4,095	2,240	10,595
Madera y derivados	364	3,870	889	1,793	1,677
Mineral metálica	419	1,194	1,504	860	491
Mineral no metálica	846	2,865	1,101	7,724	1,268
Productos de consumo varios	120	430	128	213	1,453
Productos de impresión	76	285	112	238	6,131
Productos de vida larga	235	508	1,384	3,563	4,427
Productos de vida media	199	145	793	1,030	2,444
Productos metálicos	289	1,281	1,910	7,484	5,009
Productos vegetales y animales	103	481	58	183	21
Otros	105	286	218	261	4,963
<b>Fuentes de área</b>	<b>1,824</b>	<b>5,424</b>	<b>26,854</b>	<b>14,198</b>	<b>300,052</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	87,664
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	34,490
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	26,030
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	24,500
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	11,497
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	7,656
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	2,976
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,488
Pintura de tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	919
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	19,375
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	1,404
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	27,950
Hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	32,997
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	769
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	158
Operación de aeronaves	N/S	N/S	2,874	1,736	458
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5
Locomotoras (foráneas/ patio)	11	62	71	563	22
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	14,122
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	236
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	78
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	26
Combustión en hospitales	9	24	21	80	3
Combustión habitacional	257	13	1,139	8,258	303
Combustión comercial- institucional	834	5,325	563	2,921	165
Incendios forestales	706	N/E	22,078	637	3,752
Incendios en estructuras	7	N/E	108	3	9
Caminos no pavimentados	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelo</b>	<b>7,985</b>	<b>N.A.</b>	<b>N/A</b>	<b>3,193</b>	<b>15,669</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	3,193	15,669
Suelo	7,985	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>10,169</b>	<b>7,053</b>	<b>2,258,255</b>	<b>221,368</b>	<b>241,655</b>
Autos particulares	1,278	2,980	1,197,958	66,307	115,231
Taxis	202	844	135,812	11,288	15,733
Combis	5	42	9,731	442	926
Microbuses	41	247	151,933	6,676	13,852
Pick up	261	777	364,285	27,034	35,073
Camiones de carga a gasolina	120	358	309,197	21,810	26,638
Vehículos a diesel menores a 3 toneladas	190	39	355	214	239
Tractocamiones a diesel	2,839	587	23,836	32,334	10,817
Autobuses a diesel	1,543	346	12,193	15,300	5,066
Vehículos a diesel de 3 o más toneladas	3,652	755	29,928	39,440	13,123
Camiones de carga a gas LP	16	15	298	308	215
Motocicletas	22	63	22,729	215	4,742
<b>Total</b>	<b>25,139</b>	<b>33,286</b>	<b>2,300,452</b>	<b>282,780</b>	<b>597,260</b>

N/A No aplica, N/E No estimado, N/S No significativo

De acuerdo con los resultados de las tablas anteriores, se espera para el 2010 un incremento de aproximadamente el 31% en el total de hidrocarburos y del 37% en el total de óxidos de nitrógeno respecto al inventario de 1998, ambos precursores de ozono.

En el caso de que no se instrumente ninguna de las medidas señaladas en el capítulo 8 de este Programa se tendrían las siguientes distribuciones espaciales de las emisiones de NOx, HC, CO, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> proyectadas al 2010.

**Figura 5.6 Distribución de las emisiones de NOx en la ZMVM, 2010.**

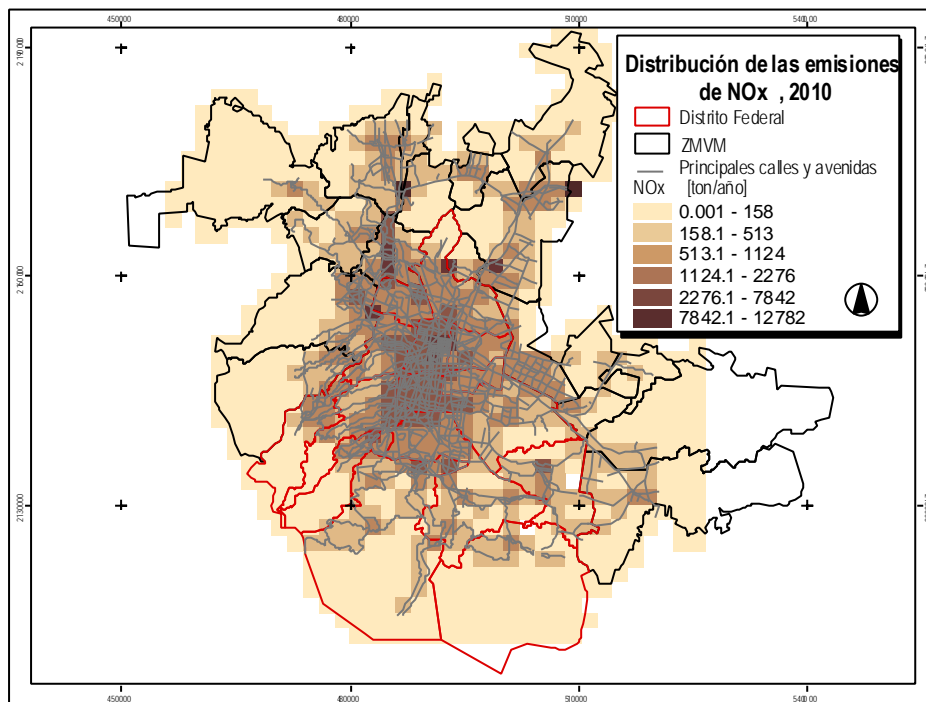


Figura 5.7 Distribución de las emisiones de HC en la ZMVM, 2010.

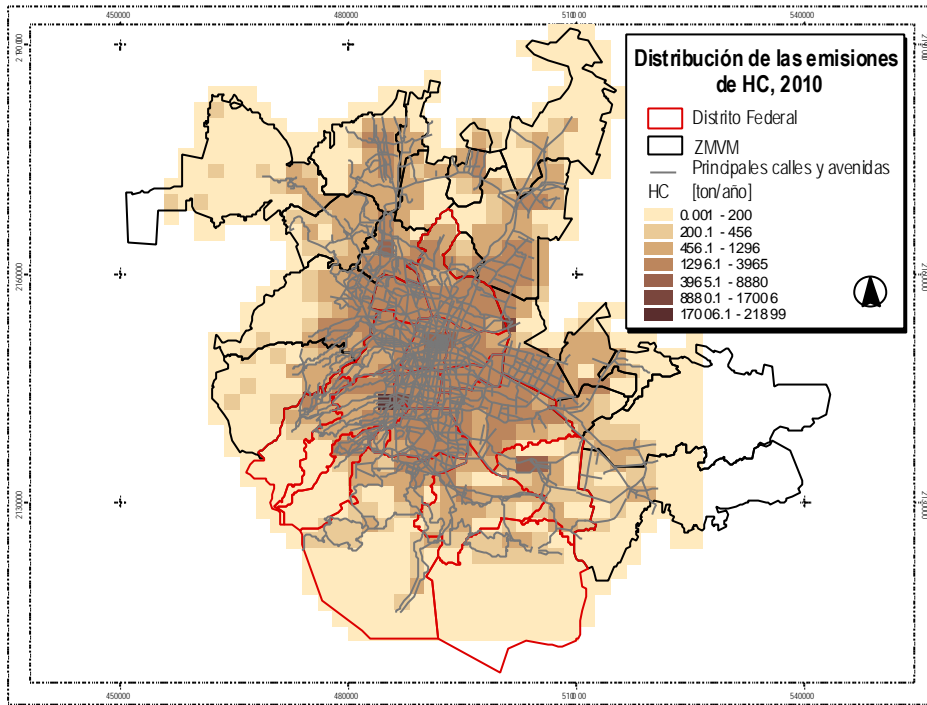


Figura 5.8 Distribución de las emisiones de PM<sub>10</sub> en la ZMVM, 2010.

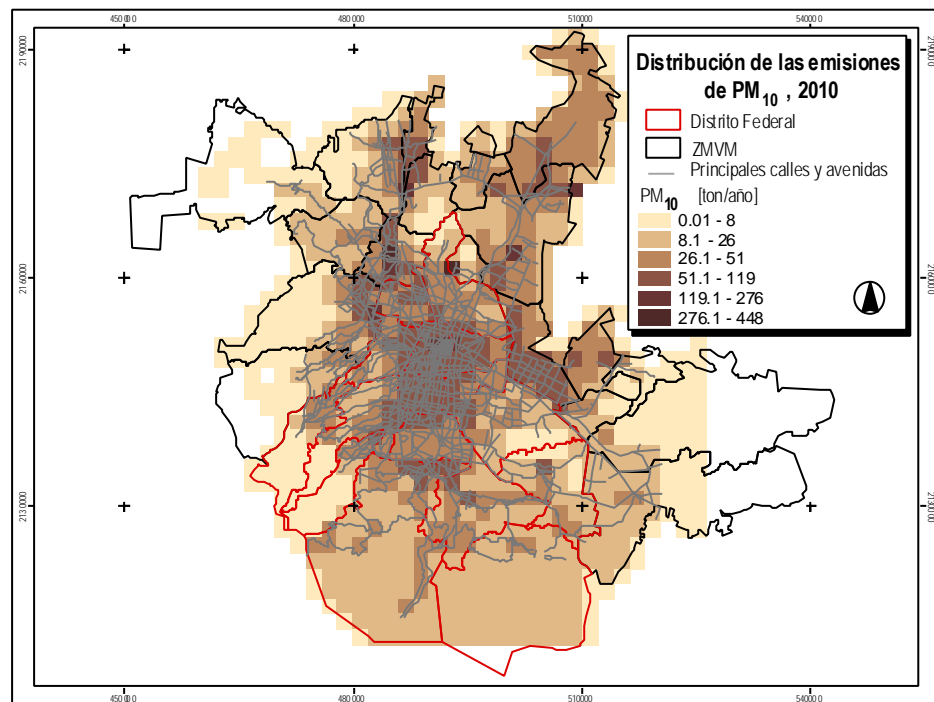


Figura 5.9 Distribución de las emisiones de CO en la ZMVM, 2010.

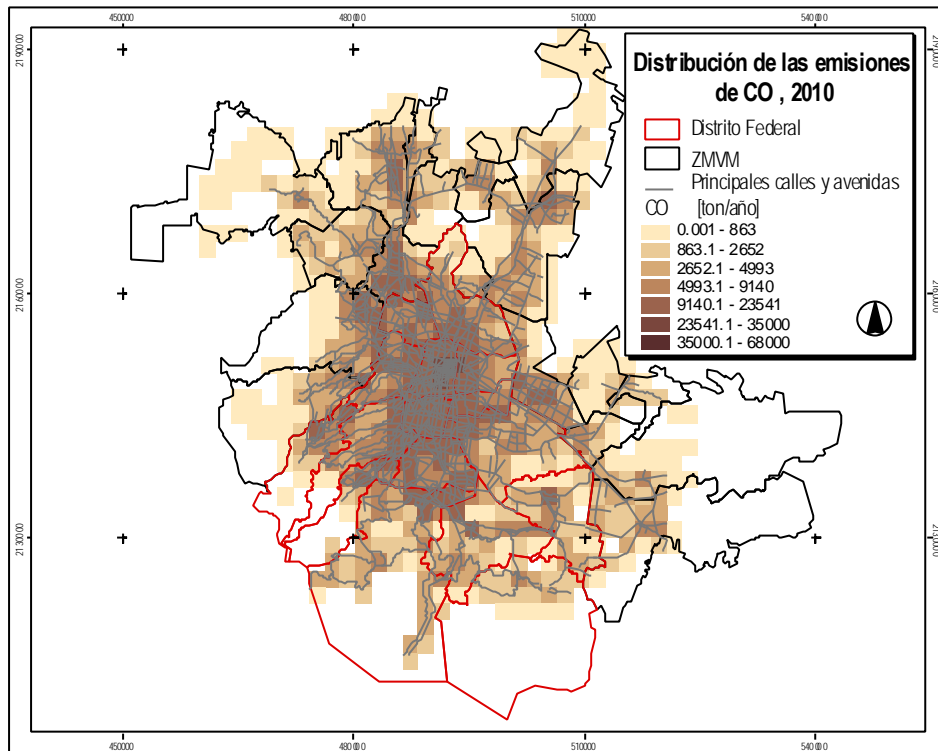
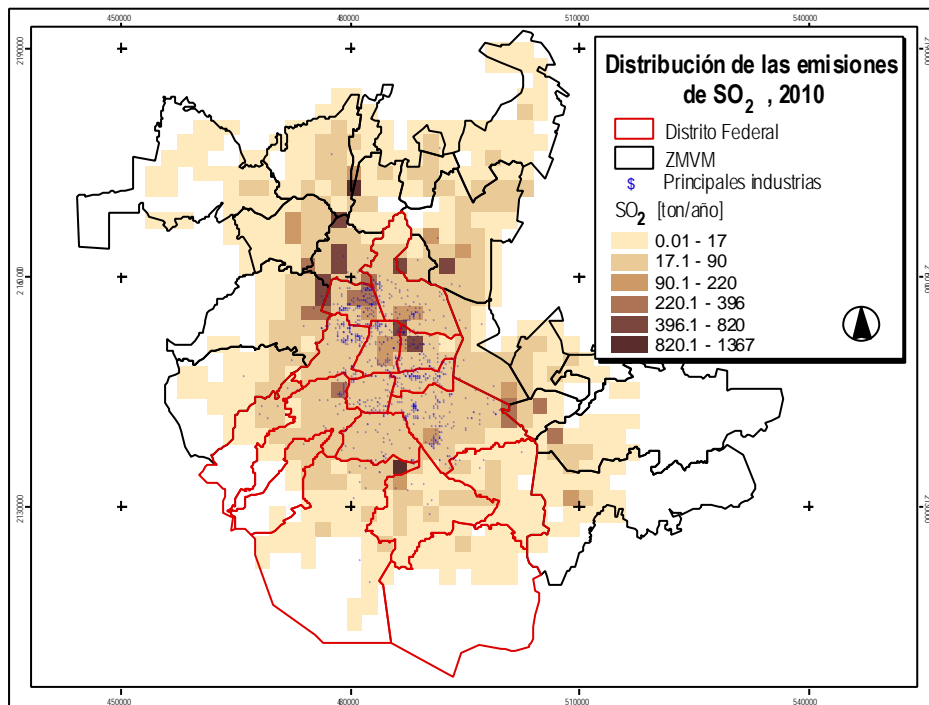


Figura 5.10 Distribución de las emisiones de SO<sub>2</sub> en la ZMVM, 2010.





En la tabla 5.11 se presenta la diferencia entre las emisiones de los diversos sectores evaluados en el inventario de emisiones 1998 contra la proyección de emisiones para el año 2010.

**Tabla 5.11 Diferencia de emisiones desagregadas, entre los años 2010 y 1998.**

Sector	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
<b>Fuentes puntuales</b>	<b>2,068</b>	<b>8,383</b>	<b>6,130</b>	<b>17,033</b>	<b>15,904</b>
Generación de energía eléctrica	75	9	601	5,130	27
Industria de consumo alimenticio	347	735	265	621	267
Industria del vestido	259	1,538	311	901	261
Industria química	277	1,518	1,673	905	4,290
Madera y derivados	148	1,575	362	727	675
Mineral metálica	170	480	611	347	200
Mineral no metálica	342	1,167	448	3,154	503
Productos de consumo varios	47	169	50	84	580
Productos de impresión	30	112	45	93	2,408
Productos de vida larga	95	206	563	1,435	1,773
Productos de vida media	79	59	320	406	987
Productos metálicos	114	507	773	3,052	1,985
Productos vegetales y animales	42	194	22	74	9
Otros	43	114	86	104	1,939
<b>Fuentes de área</b>	<b>146</b>	<b>70</b>	<b>892</b>	<b>4,332</b>	<b>52,451</b>
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	11,041
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	4,344
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	3,278
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	3,086
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	1,448
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	964
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	375
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	313
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	116
Distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	7,061
Almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	512
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	5,777
Hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	6,820
Distribución y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	273
Almacenamiento masivo de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	56
Operación de aeronaves	N/A	N/A	362	219	58
Recarga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	0
Locomotoras (foráneas/ patio)	1	8	9	71	3
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	6,742
Aplicación de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	30
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	0
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	3
Combustión en hospitales	0	0	0	0	0
Combustión habitacional	131	12.75	486	3,841	137
Combustión comercial-institucional	14	62	37	201	16
Incendios forestales	0	N/E	0	0	0
Incendio en estructuras	0	N/E	0	0	0
Caminos no pavimentados	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Vegetación y suelos</b>	<b>0</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Vegetación	N/A	N/A	N/A	0	0
Suelo	0	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Fuentes móviles</b>	<b>3,036</b>	<b>2,383</b>	<b>524,592</b>	<b>55,530</b>	<b>53,882</b>
Autos particulares	577	980	375,481	18,927	33,526
Taxis	3	277	4,359	195	423
Combis	-5	14	-10,717	-488	-1,019
Microbuses	-18	81	-64,807	-2,848	-5,909
Pick up	78	255	108,782	8,073	10,474
Camiones de carga a gasolina	36	118	92,332	6,513	7,955
Vehículos a diesel de menos de 3 toneladas	57	15	106	64	71
Tractocamiones a diesel	849	224	7,161	9,656	3,230
Autobuses a diesel	369	132	2,923	3,660	1,213
Vehículos a diesel de 3 o más toneladas	1,090	287	8,972	11,778	3,918
Camiones de carga a gas LP	0	0	0	0	0
Motocicletas	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>5,250</b>	<b>10,836</b>	<b>531,614</b>	<b>76,894</b>	<b>122,237</b>

N/A No aplica, N/E No estimado.

Nota: Los sectores con valores negativos, indican que de acuerdo a la proyección estimada las emisiones son menores en el 2010; Sin embargo, aunque la emisión de algunos sectores disminuye la reducción no es significativa.

# CAPÍTULO 6

## OBJETIVOS Y METAS



---

## 6.1 INTRODUCCIÓN

El PROAIRE 2002-2010 tiene el objetivo de proteger la salud humana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en la ZMVM. Por una parte, se requiere reducir los niveles de contaminación del aire que prevalecen en la actualidad hasta alcanzar niveles que aseguren la protección a la salud y por otra evitar que la población (especialmente los grupos más vulnerables) se exponga a niveles de contaminación riesgosos.

Sobre esta base, en la preparación de este programa se ha aplicado el siguiente enfoque de planeación para la determinación de los objetivos y metas:

1. Definición de objetivos: ¿Cuál es la calidad del aire necesaria para proteger la salud de la población? ¿Cuánto debe reducirse la exposición de la población a los niveles de contaminación para prevenir efectos?
2. Definición de metas de calidad del aire: ¿Cuál sería la calidad del aire en el año 2010 en ausencia de este programa? ¿Cuál sería la calidad del aire con la aplicación del programa?
3. Determinación de la reducción de emisiones que se requiere para alcanzar las metas: ¿En cuánto deben reducirse las emisiones de contaminantes actuales para poder cumplir con las normas de salud? ¿Cuánto pueden reducirse las emisiones contaminantes con las medidas establecidas en el programa? ¿Qué impacto tienen estas reducciones sobre los niveles de ozono, PM<sub>10</sub> y otros contaminantes?

A continuación se presentan algunas de las respuestas a estas preguntas que sirven de base a la definición de objetivos y metas.

1. ¿Cuál es la calidad del aire necesaria para proteger la salud? ¿Cuánto debe reducirse la exposición de la población a los niveles de contaminación para prevenir efectos? En principio, las normas de calidad del aire de protección a la salud establecen los límites máximos permisibles para los distintos contaminantes del aire. Como se ha señalado en el capítulo 4, el ozono y las PM<sub>10</sub> son en la actualidad los contaminantes que constituyen un mayor riesgo a la salud, debido a la magnitud de sus concentraciones en el aire y a la alta frecuencia en que exceden los límites máximos permisibles. Por esta razón, en este programa se considera como objetivo prioritario la reducción de los niveles de ozono y PM<sub>10</sub>. Sin menoscabo de lo anterior, en este programa se incluyen medidas para continuar reduciendo la concentración del resto de los contaminantes y/o asegurar que sus concentraciones en el aire se mantengan en niveles seguros, desde el punto de vista de la protección a la salud.
2. ¿En cuánto pueden reducirse los niveles de contaminación atmosférica en el año 2010? Ello depende de la magnitud de los esfuerzos que se realicen y de la efectividad de la aplicación de las estrategias y los instrumentos de prevención y control de emisiones contaminantes. Como se verá en la sección 6.4, en ausencia de las medidas comprometidas en este programa los niveles de contaminación del aire en el año 2010 serían superiores a los actuales, lo cual tendría un impacto adicional sobre la salud de la población. Con las medidas definidas hasta ahora en este programa, los niveles de contaminación se reducirán y por lo tanto se evitarán también efectos a la salud. Se prevé que en las revisiones periódicas comprometidas como parte de este programa, se

incorporen acciones adicionales que incidan en un mayor mejoramiento de la calidad del aire. No obstante, es importante tener en cuenta que la reducción de los niveles de  $O_3$  y  $PM_{10}$  es un proceso gradual, que requiere de un esfuerzo de largo plazo con acciones de corto, mediano y largo plazo, así como de un compromiso permanente de toda la sociedad.

## 6.2 OBJETIVOS Y METAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las metas que se establecen en este programa representan las disminuciones que pueden alcanzarse con los compromisos logrados a la fecha por la CAM y los diversos actores involucrados, las cuales se detallan en los capítulos siguientes. No obstante, este programa es un instrumento dinámico cuyas metas se irán ajustando en la medida que se incorporen nuevas opciones de reducción de los contaminantes del aire, con base en su viabilidad técnica y económica, la disponibilidad de recursos para su financiamiento y el consenso social necesario para su instrumentación.

### 6.2.1 Ozono

La Norma Oficial Mexicana establece que las concentraciones de ozono no deben exceder 0.11 ppm (100 puntos IMECA), en períodos de una hora, una vez al año. Todos los trabajos de modelación realizados hasta la fecha indican que para que en el año 2010 se cumpla con dicho límite, se requeriría reducir en más de un 70% las emisiones de los precursores del ozono (los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos), lo cual representa una meta difícil de lograr en el corto plazo por los altos costos económicos y sociales involucrados.

Por ello, en un escenario más realista, las metas del programa con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Eliminar las concentraciones de ozono superiores a 200 IMECA,
- reducir el número de días en que las concentraciones de ozono se encuentren en el intervalo de 101 a 200 IMECA,
- aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).

### 6.2.2 Partículas Menores a 10 micrómetros

La Norma Oficial Mexicana, establece que las concentraciones de  $PM_{10}$  no deben exceder  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en períodos de 24 horas (100 puntos IMECA). También establece que las concentraciones promedio anual no deben exceder  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . No obstante, la Organización Mundial de la Salud ha señalado que no hay un límite seguro para evitar los efectos nocivos de las partículas, por lo cual recomienda disminuir sus concentraciones tanto como sea posible. Las metas del programa con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Aumentar el número de días en que las concentraciones diarias de  $PM_{10}$  se encuentran dentro del límite establecido por la norma,
- reducir el promedio anual de las concentraciones de  $PM_{10}$ .

### 6.2.3 Partículas Menores a 2.5 micrómetros

En México aún no se ha establecido oficialmente un límite a la concentración de partículas con un diámetro menor a 2.5 micrómetros. No obstante, se prevé que el límite que se adoptará será de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para promedios de 24 horas y de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual. Por otra parte, se prevé que la medición de este contaminante se iniciará en el año 2003, a través de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. Con base en los resultados de este monitoreo y de los límites que se establezcan, la Comisión Ambiental Metropolitana establecerá las metas de reducción de este contaminante.

### 6.2.4 Otros contaminantes

En el caso del monóxido de carbono, la Norma Oficial Mexicana establece que las concentraciones de este contaminante no deben exceder más de 11 ppm en períodos de 8 horas. En la revisión de dicha norma que está próxima a publicarse, el nuevo límite podrá reducirse a 9 ppm, en períodos de 8 horas, en concordancia con los criterios internacionales. Las metas del programa con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Eliminar las concentraciones de monóxido de carbono que excedan el límite de 9 ppm (promedio de 8 horas),
- reducir las concentraciones actuales de monóxido de carbono.

Con respecto al bióxido de azufre, la Norma Oficial Mexicana establece que los niveles de bióxido de azufre en el aire no deben exceder una concentración de 0.13 ppm en períodos de 24 horas. También establece que el promedio anual no debe ser mayor a 0.03 ppm. Las metas del programa para el año 2010 con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Reducir las concentraciones promedio diario de bióxido de azufre,
- reducir la concentración promedio anual,
- evitar la ocurrencia de picos extraordinarios asociados con el uso indebido de combustibles de alto contenido de azufre.

Para el Bióxido de Nitrógeno, la Norma Oficial Mexicana establece que los niveles en el aire no deben exceder una concentración de 0.21 ppm en períodos de 1 hora. Las metas del programa para el año 2010 con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).

## 6.3 REDUCCIÓN DE EMISIONES NECESARIA PARA CUMPLIR CON LAS METAS DE CALIDAD DEL AIRE

La información científica disponible indica que la reducción del  $O_3$ ,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  debe hacerse en forma integrada. Ello se debe a que ambos contaminantes se derivan en gran medida de las mismas emisiones primarias y a que los dos contaminantes se relacionan a través de los procesos fotoquímicos en la atmósfera que les dan origen.

Para alcanzar simultáneamente las metas del  $O_3$ ,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , se requiere la reducción de las emisiones de los contaminantes primarios que les dan origen. Así, el programa se enfoca a reducir las emisiones de los siguientes contaminantes primarios:

- Partículas provenientes de vehículos automotores a gasolina y diesel, polvo de calles y carreteras, industriales, procesos de combustión de comercios y servicios, incendios forestales, entre otros,
- óxidos de nitrógeno generados principalmente en los procesos de combustión de la industria y los vehículos automotores,
- compuestos orgánicos volátiles provenientes del uso de combustibles y productos orgánicos en los sectores del transporte, la industria, servicios y doméstico, y
- bióxido de azufre generado por la combustión en vehículos e industria.

La cuantificación de las reducciones necesarias para alcanzar las metas de calidad del aire requiere la aplicación de modelos de calidad del aire y un detallado análisis del inventario de emisiones. Para la formulación de este Programa, la CAM llevó a cabo diversos trabajos orientados a este fin. Entre otros destaca la adaptación del modelo Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM) desarrollado por el Instituto Fraunhofer de Alemania y los trabajos de investigación que coordina el Doctor Mario Molina. Estos modelos serán empleados permanentemente para estimar los beneficios derivados de la aplicación de medidas de reducción de emisiones de precursores de ozono y en un futuro, de partículas.

## 6.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

La evaluación del impacto de algunas de las medidas de control incluidas en el PROAIRE 2002-2010, se basó en el inventario de emisiones de 1998 y en proyecciones al año 2010 considerando los siguientes tres escenarios: a) Caso base con las emisiones del inventario de 1998, b) Proyección con las emisiones al 2010 sin medidas de reducción adicionales a las actuales, c) Proyección al 2010 con algunas medidas que fueron evaluadas en su reducción de emisiones.

### *Caso Base 1998*

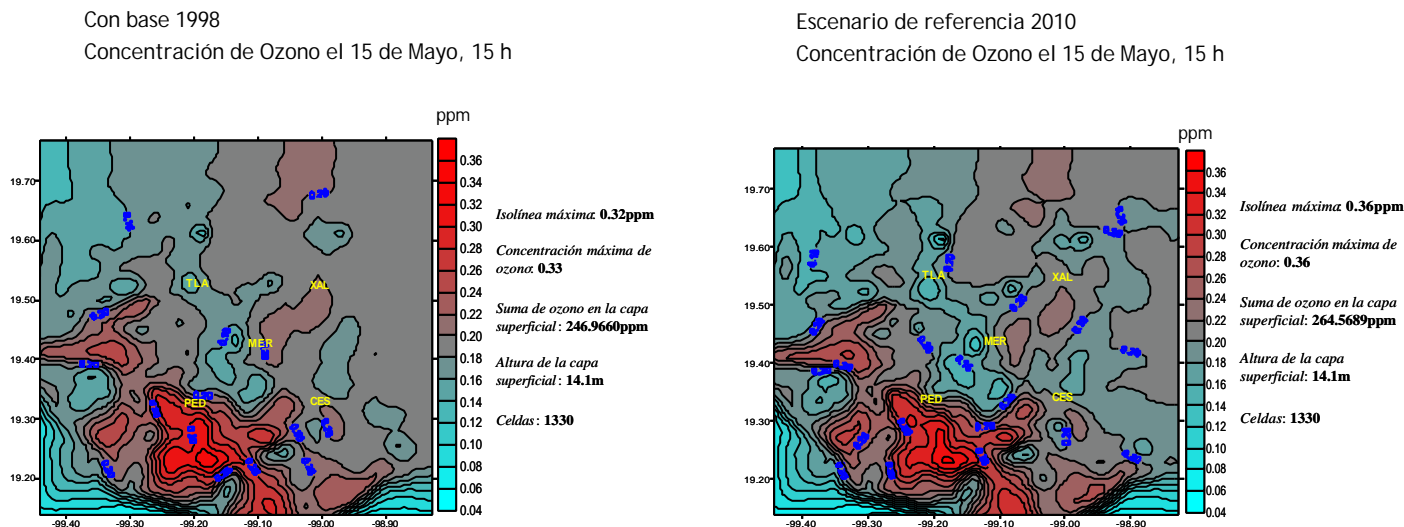
Con este escenario se trata de reproducir un episodio de alta contaminación por ozono ocurrido en años recientes. El episodio seleccionado fue del 3 al 10 de mayo de 1998, siendo el 9 de mayo el día de interés primario, debido a que fue en el que la Red Automática de Monitoreo Atmosférico registró la concentración de ozono más elevada del período evaluado (0.291 ppm a las 15:00 horas en la estación Pedregal).

Como resultado de esta simulación se obtuvo que en lo general el modelo MCCM reprodujo aceptablemente la meteorología y la calidad del aire que caracterizó ese periodo; la correlación encontrada entre datos de ozono medidos por la RAMA y datos estimados por el MCCM durante todo el periodo fue en general superior al 80%. Respecto a la concentración máxima registrada en este periodo se encontró que mientras la RAMA reporta 0.291 ppm a las 15:00 horas en la estación Pedregal, el modelo estima para este sitio, a la misma hora, una concentración de 0.310 ppm de ozono. Adicionalmente el modelo pronostica una concentración máxima en todo el dominio de simulación (Ciudad de México y 18 municipios conurbados del Estado de México) de 0.33 ppm en la zona suroeste.

*Escenario proyectado al 2010 sin medidas adicionales*

Para evaluar este escenario se utilizó la misma información que en el escenario anterior, solamente se sustituyó el inventario de emisiones de 1998 por el proyectado al año 2010. Con esta nueva información el modelo pronostica una concentración máxima de ozono en todo el dominio de simulación de 0.36 ppm en la zona suroeste para el día de interés primario. La distribución de las concentraciones de ozono en el dominio de simulación a las 15:00 horas, en que se registra la máxima concentración, se compara con la obtenida en el caso base 1998 en la figura 6.1.

**Figura 6.1 Simulación de la distribución de las concentraciones de ozono.**



En la figura anterior se aprecia que la concentración máxima de ozono estimada para el escenario 2010 es 9% mayor con respecto al máximo de ozono registrado en el caso base. Igualmente se observa que las áreas con concentraciones superiores a 0.20 ppm de ozono son más extensas en las zonas noreste y sureste en el escenario 2010 que en el caso base 1998. En ambos casos las concentraciones más altas de ozono se ubican en la zona suroeste.



### Escenario proyectado al 2010 con algunas medidas de reducción

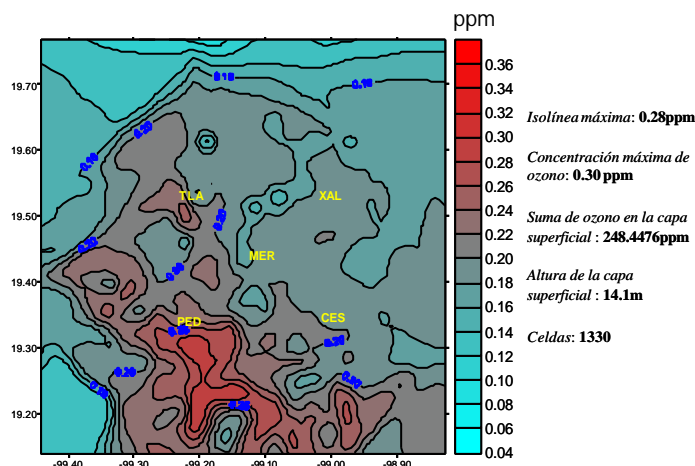
Algunas de las medidas incluidas para este escenario fueron: establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina; reducción del contenido de azufre en la gasolina y diesel; adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica; sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad; establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel; impulso a la renovación del parque vehicular tanto público como privado; expansión del metro y establecimiento de una red de trenes suburbanos; fortalecimiento del transporte público de pasajeros; reconversión energética en la industria, promoviendo sistemas de producción más limpia; disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica; reducción de emisiones en lavanderías; reducción de emisiones por fugas de gas LP; recuperación, restauración y conservación de las áreas verdes urbanas, entre otras. Este cálculo permite estimar una reducción de las emisiones de los contaminantes de 17% en hidrocarburos, 43% en óxidos de nitrógeno, 16% en bióxido de azufre, 26% de monóxido de carbono y 18% en partículas menores a diez micrómetros.

Con esta información el modelo pronostica una concentración máxima de ozono para el día de interés de 0.30 ppm, la cual es casi 17% menor a la concentración estimada para el escenario con el inventario de emisiones proyectado al 2010.

En la siguiente figura se muestra la distribución del ozono a la hora en que se registra la concentración máxima en el dominio de simulación con este escenario de reducción de emisiones con las medidas evaluadas.

**Figura 6.2 Simulación de la distribución de las concentraciones de ozono aplicando reducción de emisiones.**

Escenario con medidas de reducción 2010  
Concentración de Ozono el 15 Mayo, 15 h



En la figura anterior se aprecia que en el escenario con reducción de emisiones las áreas dentro del dominio de simulación con concentraciones iguales o inferiores a 0.20 ppm de ozono crecen con respecto al escenario proyectado al 2010. Al igual que en los escenarios anteriores, las concentraciones más altas de ozono se vuelven a presentar en la zona suroeste.

## CAPÍTULO 7

# ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES



## 7.1 INTRODUCCIÓN

¿Cómo cumplir con las metas de calidad del aire? Los trabajos de formulación del programa se orientaron a través de grupos especializados que contaron con una amplia participación de los sectores involucrados en desarrollar las estrategias que deben ser instrumentadas para reducir las emisiones contaminantes generadas por el transporte, la industria, los servicios, la generación de energía eléctrica, las actividades domésticas y la degradación de los recursos naturales. Para la identificación, evaluación e integración de dichas estrategias, la CAM y los grupos de trabajo llevaron a cabo un amplio análisis que consideró aspectos científicos, tecnológicos, institucionales, económicos y administrativos relevantes. Entre los temas analizados se encuentran los siguientes:

- a) La evaluación de las tendencias de la calidad del aire en la ZMVM y sus efectos sobre la salud.
- b) El establecimiento de metas para la reducción simultánea de las concentraciones de ozono y partículas, además del resto de los contaminantes regulados por las normas de protección a la salud.
- c) La determinación de la reducción de contaminantes necesaria para disminuir la exposición de la población.
- d) La identificación de las principales actividades y fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos y análisis de las causas que los determinan.
- e) La identificación y evaluación de opciones para prevenir y controlar la emisión de contaminantes, con base en la experiencia nacional e internacional y los resultados de estudios e investigaciones científicas.
- f) El diseño de mecanismos de participación social.
- g) La definición de mecanismos para el fortalecimiento de las instituciones.

Es importante mencionar que este programa de calidad del aire será un programa dinámico, ya que la CAM continuará trabajando de manera permanente en la precisión y actualización de acciones que resulten con una mayor reducción de emisiones y costos más bajos.

Es necesario considerar que el mejoramiento de la calidad del aire requiere de un esfuerzo integrado de todos los sectores de la economía y la sociedad. Este esfuerzo debe basarse en una responsabilidad compartida, así como en la cooperación entre los diferentes niveles, organizaciones e intereses involucrados. Se requiere también de un proceso de aprendizaje, compartir experiencias, educación y capacitación profesional, trabajo interdisciplinario, participación comunitaria, mecanismos educativos innovadores y el desarrollo de una cultura ambiental.

## 7.2 REDUCCIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR EL TRANSPORTE

El logro de los objetivos ambientales y de transporte en la ZMVM requiere de enfoques integrados que combinen la planeación del transporte, la ambiental y la relativa al espacio geográfico de la ZMVM. Entre otros aspectos, se requiere el mejoramiento de las tecnologías y la operación de las flotas actuales y futuras del parque vehicular, en combinación con esfuerzos adicionales para el mejoramiento de la calidad de los combustibles y la organización e integración de un sistema de transporte multimodal, donde se promueva la complementariedad de los diferentes modos de transporte en lugar de la competencia. Asimismo, se requiere también el uso de los sistemas de planeación espacial que faciliten la reducción de las tasas actuales de incremento de viajes y kilómetros recorridos, así como la integración de instrumentos y sistemas para revertir la congestión vial que enfrenta la ZMVM.

La estrategia de reducción de emisiones generadas por el transporte incluye las siguientes componentes:

- A) Modernización y mejoramiento tecnológico (reducción de emisiones por kilómetro recorrido):
- En el caso de los vehículos en circulación se requiere:
    - El fortalecimiento de la verificación vehicular, de vehículos a gasolina y sobre todo de los vehículos a diesel,
    - la retroadaptación de sistemas de control de emisiones,
    - la instalación de convertidores catalíticos en vehículos a gasolina,
    - la retroadaptación de trampas de partículas en vehículos a diesel,
    - la sustitución de motores y trenes motrices en vehículos a diesel,
    - la conversión a gas natural comprimido con sistemas certificados,
    - la regularización del uso de gas licuado de petróleo,
    - la detención y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes,
    - la sustitución de vehículos de servicio público que no cumplan con requerimientos ambientales, de seguridad y otros.

➤ Vehículos nuevos

- Introducción de vehículos a gasolina que cumplan con límites de emisión gradualmente más estrictos (TIER II),
- en el corto plazo, establecimiento de normas de emisión equivalentes a TIER II,
- en el mediano plazo, establecimiento de normas e incentivos para acelerar la introducción de vehículos de emisiones ultra bajas (híbridos, GNC, etc.) y emisiones cero,
- introducción de gasolina de menor contenido de azufre (Magna de 300 ppm en el corto plazo y Premium de 50 ppm),
- introducción de vehículos a diesel que cumplan con límites de emisión gradualmente más estrictos,
- en el corto plazo, establecimiento de normas de emisión de vehículos a diesel equivalentes a EPA 2004 y Euro IV,
- introducción de diesel de menor contenido de azufre.

➤ *Mejoramiento de la capacidad de transporte público de pasajeros:*

- Sustitución de microbuses por autobuses,
- ordenamiento del transporte público de superficie,
- mejoramiento del transporte masivo (metro, tren ligero, trenes suburbanos, autobuses urbanos, etc).

➤ *Racionalización y regulación del transporte de carga:*

- Regulación espacial y temporal del tránsito de vehículos de carga,
- como parte del estudio integral para el mejoramiento del transporte de carga, definición de mecanismos para optimizar la distribución de carga (vehículos pesados para transporte interurbano, vehículos de menor capacidad para transporte intraurbano, articulados con centros de consolidación de carga).

B) Mejoramiento de las condiciones de vialidad (incremento de la velocidad de circulación):

- Instrumentación de corredores viales para agilizar la circulación del transporte público,
- mejoramiento de infraestructura y señalización vial.

C) Reducción de la tasa de crecimiento de viajes por persona y distancias recorridas por viaje:

- Integración de las políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte y medio ambiente,
- vinculación con las políticas de desarrollo sustentable a nivel federal, del Estado de México y el Distrito Federal.

### 7.3 REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA Y LOS SERVICIOS

Las tendencias del desarrollo industrial plantean la necesidad de impulsar una política económica que mejore las condiciones de competitividad y especialización de la planta productiva que genere nuevas oportunidades de empleo e ingreso remunerativo a la población de la Zona Metropolitana del Valle de México.

En particular, resulta evidente la necesidad de retomar el compromiso con la capacidad industrial desarrollada por el empresariado a partir de la definición de una política que permita aprovechar la infraestructura con que se cuenta, así como su enorme potencial para incursionar en giros de actividad ligados con la alta tecnología y/o de bajo impacto urbano y ambiental a nivel regional, nacional y global.

No obstante, de manera simultánea, es conveniente seguir avanzando en la consolidación y aplicación efectiva del marco regulatorio en materia ambiental en general y de reducción de emisiones a la atmósfera en lo particular, de tal forma que se induzca a la modernización tecnológica, el mejoramiento de las prácticas de producción y a la instalación de sistemas de control de emisiones contaminantes cuando se requiera. Asimismo, se necesita desarrollar y fortalecer los incentivos que fomenten una producción más limpia, además de facilitar el acceso del sector industrial a las fuentes de financiamiento que permitan el tránsito a una gestión ambiental eficiente. Un requisito para lograr lo anterior es el fortalecer una cultura ambiental empresarial y laboral, así como brindar la capacitación en buenas prácticas orientadas a un mejor desempeño ambiental.

Las líneas estratégicas vinculadas con la reducción de emisiones en la industria y la elevación del desempeño ambiental del sector industrial y de servicios se resume a continuación:

A) Modernización de la gestión para el control de emisiones:

- Modernización del marco regulatorio,
- consolidación de la Licencia Ambiental Única, la Cédula de Operación Anual y el Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG),
- consolidación del Registro Metropolitano de Emisiones y Transferencia de Contaminantes,
- ampliación y aplicación de instrumentos de regulación directa,
- mejoramiento del acceso a alternativas de financiamiento dirigidas a una producción más limpia.

#### *Instrumentos de regulación indirecta*

- Impulso a los programas de regulación voluntaria y procesos de producción más limpia,
- promoción de auditorías ambientales,
- impulso a programas de ahorro de energía y ecoeficiencia,
- impulso al uso de combustibles y tecnologías limpias,
- desarrollo de infraestructura y servicios ambientales,
- desarrollo y aplicación de instrumentos económicos.

B) Mejoramiento de la competitividad y la gestión ambiental:

En la actualidad la estrategia en el sector industrial impulsa la creación y consolidación de regiones industriales que contemplen, por una parte, la incorporación de tecnologías limpias así como el aprovechamiento óptimo y requerimiento mínimo de insumos en sus procesos y, por otra parte, el desarrollo científico y de nuevas tecnologías en beneficio del medio ambiente.

Dentro de este esquema se inserta la creación de parques industriales de alta tecnología, cuyo impacto ambiental y urbano sea mínimo y cuya aportación a la generación de valor agregado, empleos calificados y bien remunerados permitan elevar la calidad de vida de la población y mejorar la economía local. Una parte central de la estrategia de desarrollo económico de la ZMVM, radica en la conformación de parques industriales en los que se desarrollen actividades altamente competitivas a nivel nacional e internacional, que incorporen las tecnologías más limpias y avanzadas de cada ramo e induzcan asertivamente a la modernización tanto del tejido empresarial como de la planta laboral de la industria en la ZMVM.



En especial resulta importante señalar que la creación de parques industriales debe contemplar el cumplimiento de cinco condiciones básicas, cuatro de las cuales son de índole ambiental; estas son: operar con un bajo consumo de agua, un uso eficiente de energía eléctrica, un bajo volumen de desechos sólidos y cero emisiones contaminantes a la atmósfera. La quinta condición se refiere al compromiso de que las industrias que se alberguen en los parques generen un impacto positivo en el empleo de mano de obra calificada.

## 7.4 PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y PREVENCIÓN DE LA EXPANSIÓN DE LA MANCHA URBANA

De la superficie que abarca la Zona Metropolitana del Valle de México (alrededor de 355 mil hectáreas), más de un 40% tienen una vocación forestal. El deterioro de estas áreas y la expansión de la mancha urbana ponen en peligro los ecosistemas existentes y ocasionan un creciente número de especies amenazadas o en peligro de extinción, además de que tienen un fuerte impacto sobre la calidad del aire al generarse problemas de erosión.

Los beneficios ambientales que aportan los bosques de la cuenca a la población son invaluable y entre estos podemos citar: a) la recarga de los mantos freáticos de donde se abastece de agua potable la población, b) son la principal fuente reguladora del clima, c) proporcionan parte del oxígeno requerido por los habitantes, d) sirven de filtro en la captura de carbono y de partículas suspendidas, e) son hábitat para las diferentes especies de fauna silvestre, f) son sitios de recreación para la población, entre otros. La suma de estos factores favorece el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la ZMVM.

Sin embargo, dichos recursos naturales están sujetos a fuertes presiones de degradación, algunas de tipo natural y otras provocadas por actividades humanas. Dentro de las primeras se tienen las plagas y enfermedades que aquejan a los bosques, y la pérdida de suelo provocado por la erosión hídrica y eólica. Dentro de las causas antropogénicas se encuentran los incendios forestales provocados, la tala no controlada y clandestina, el sobrepastoreo y la apertura de tierras para uso agrícola, que son las principales prácticas que dejan desnudo el suelo. En la Zona Metropolitana del Valle de México, el 32% de su superficie se encuentra deforestada.

Asimismo, la ZMVM ha sufrido grandes transformaciones en sus diferentes hábitats y comunidades bióticas debido a la extensión de la mancha urbana sobre ecosistemas originarios del altiplano mexicano, ocasionando la caza inmoderada de especies, los cambios de usos del suelo, la explotación forestal, la extracción de materiales para la construcción y los desechos contaminantes al agua, aire y suelo, ocasionando un deterioro permanente del ambiente y la desaparición de especies vegetales y animales

nativos, por lo que la cuenca ha pasado de ser una zona de gran biodiversidad a un espacio con un número reducido de especies endémicas, algunas de las cuales se encuentran en peligro, o amenazadas.

El crecimiento de la población en la ZMVM demanda mayor número de viviendas, esta presión hace que la mancha urbana vaya invadiendo áreas rurales y de conservación ecológica, cuyo uso del suelo no ha sido planificado para el desarrollo urbano y por lo tanto el desarrollo de la infraestructura no ha sido considerada por las autoridades, lo que hace que estas zonas queden por mucho tiempo como áreas sin vegetación natural y sin pavimentación, dejando la superficie del suelo expuesta a procesos de erosión convirtiéndolas en áreas generadoras de partículas. Para mitigar estos procesos se proponen las siguientes estrategias:

- Recuperación y conservación de los recursos naturales de la Zona Metropolitana del Valle de México,
- fortalecimiento de instrumentos de gestión ambiental que coadyuven a la aplicación del Ordenamiento Ecológico,
- impulso al Desarrollo Rural,
- protección y vigilancia de los recursos naturales.

## 7.5 INTEGRACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO URBANO, TRANSPORTE Y CALIDAD DEL AIRE

El PROAIRE 2002- 2010 incorporará políticas relacionadas con la gestión de la estructura urbana intrametropolitana, como un elemento fundamental para el mejoramiento de la calidad del aire, incluyendo los siguientes aspectos:

- Desarrollo de incentivos y modificación del marco jurídico en materia de desarrollo urbano para evitar un crecimiento ambientalmente destructivo de la mancha urbana y la distribución funcionalmente ineficiente de las densidades de población,
- adecuación del marco jurídico laboral y de los horarios de entrada y salida de las escuelas y de las dependencias del sector público,
- agilizar y mejorar tramites y servicios en las oficinas de atención al público en el gobierno federal y local.

Además de establecer nuevas políticas de uso de suelo, el programa actuará directamente sobre el proceso de demandas de viajes en auto privado y de combustibles, así como nuevas políticas de desarrollo urbano a favor de la densificación y la diversidad de los usos de suelo, de reorganización espacial de actividades importantes, de revitalización de las áreas centrales, de defensa efectiva de las áreas verdes y de las zonas de conservación ecológica y de promoción de desarrollo urbano, sólo en áreas bien atendidas por sistemas de transporte colectivo.

La ZMVM tenderá a la sustentabilidad sólo en la medida en que cuente con un proyecto estratégico y de largo plazo para enfrentar sus graves y diversos problemas ambientales, de transporte y de uso de suelo entre otros, además de revisar y actualizar el marco jurídico vigente en materia de desarrollo urbano. Por ello es necesario concluir los esfuerzos que la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (COMETAH) realiza para la actualización del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, en el cual deberá de plasmarse la presencia permanente de la variable ambiental que oriente el crecimiento de la ZMVM.

## 7.6 PREVENCIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVELES ALTOS DE CONTAMINACIÓN, MEDIANTE LA EVALUACIÓN Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS

Para evitar o mitigar los efectos a la salud asociados con la contaminación atmosférica, el programa incorpora acciones tendientes a prevenir la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos. Los estudios acerca de dichos efectos, la vigilancia epidemiológica que lleva a cabo la Secretaría de Salud y la información de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, genera datos para que la población conozca de manera oportuna los riesgos relacionados con episodios de alta contaminación. El Programa integra las siguientes estrategias:

- Difusión de la información sobre la calidad del aire, para que la población evite zonas de alta contaminación en horas y días específicos, además de inducir a una cultura ambiental de responsabilidades públicas y privadas para la prevención de la contaminación,
- orientación de la población con medidas para proteger la salud, con la finalidad de dar opciones para evitar la exposición y adoptar hábitos de vida que prevengan contra la contaminación del aire,
- actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, reforzando medidas para la protección de escolares ante episodios de elevada contaminación,
- actualización e incorporación de nuevas normas para protección de la salud, con la finalidad de establecer objetivos de calidad del aire acordes con las necesidades de preservación de la salud,
- modernización del programa de vigilancia epidemiológica de la Zona Metropolitana del Valle de México, para fortalecer el seguimiento de indicadores de los síntomas y padecimientos relacionados con la exposición a los contaminantes del aire, dirigido a la diferenciación de dichos efectos por grupos de población específicos.

## 7.7 REFORZAMIENTO DEL MARCO NORMATIVO Y SU CUMPLIMIENTO

Para que este Programa pueda alcanzar sus metas, es necesario contar con el reforzamiento normativo que permita que cada uno de los sectores participantes conozca el nivel de sus atribuciones y obligaciones que debe de cumplir; para esto, se

deberán elaborar los reglamentos que faciliten la aplicación de las leyes ambientales correspondientes, actualizar las normas federales e instrumentar normas locales. Dentro de esta estrategia se propone lo siguiente:

- Actualización del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica,
- emisión y en su caso actualización de los reglamentos locales para fuentes fijas y móviles,
- adecuación de los reglamentos locales al nuevo reglamento federal,
- revisión y actualización de normas vigentes, y emisión de nuevas normas en materia de atmósfera a nivel federal y local,
- fortalecimiento de los programas de vigilancia industrial y vehicular, y de preservación de los recursos naturales.

## 7.8 FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Esta estrategia se diseñó tomando en cuenta los lineamientos del *Programa Rector Metropolitano de Educación Ambiental (PREMIA)*, así como los planteamientos y necesidades técnicas particulares del PROAIRE 2002-2010.

Se parte de la premisa de que la educación ambiental es una estrategia fundamental e indispensable de la política ambiental y que junto con otras estrategias económicas, tecnológicas, políticas, normativas y de participación social, puede potenciar acciones y resultados en la atención de la problemática ambiental y en la transición hacia la sustentabilidad en la ZMVM. Dicha estrategia considera a la educación ambiental como el conjunto de acciones educativas orientadas a favorecer la comprensión de la complejidad socioambiental y la adquisición de una cultura ambiental de la corresponsabilidad, a través de la transformación de actitudes y el desarrollo de hábitos y valores para avanzar en la construcción de los escenarios deseables del estado del medio ambiente y del desarrollo de la ZMVM.

Con base en la definición anterior, la educación ambiental que se propone desarrollar considera los siguientes principios: la orientación sistemática del ambiente y sus problemas como la contaminación atmosférica con una visión socioambiental, a través de la contextualización de escenarios y actores específicos, con perspectivas de género y una educación integral crítica, que promueva una ética personal y social ante el ambiente y la sociedad en la ZMVM, y de calidad de vida como escenarios deseables a construir; una visión metropolitana, que considere la relación campo-ciudad, el desarrollo urbano y el papel de los servicios.

Lograr el cumplimiento de los objetivos del Programa dependerá en gran medida de las complementaciones de los instrumentos técnicos con los educativos. Las razones son relativamente evidentes, aunque han tenido que pasar más de dos décadas para que a todos los actores les resulte clara la relación: la aceptación de una medida impulsada desde las instituciones públicas o incluso las sociales, requiere de un proceso de convencimiento y aceptación de los ciudadanos, que sea posible sólo a través de estrategias de sensibilización, toma de conciencia o incluso imposición y que finalmente formen parte de los procesos educativos de los que todos, voluntaria o involuntariamente, somos parte.

El programa de educación ambiental se basa de manera central en nueve lineamientos generales, que delimitan los cuatro subprogramas siguientes:

- Educación formal: Promover la participación de las instituciones del sector educativo para que los programas y materiales incorporen el tema ambiental como parte integral de sus contenidos,
- educación no formal: Desarrollar actividades para promover una cultura ambiental que coadyuve en el mejoramiento de la calidad del aire,
- información, formación y capacitación ambiental: Promover el acceso a la información sobre los aspectos relacionados con la gestión del aire entre los diferentes sectores de la sociedad y establecer los lineamientos generales para la capacitación obligatoria de los sectores productivos y las autoridades,
- comunicación y difusión educativa ambiental: Instrumentar campañas de comunicación educativa para incidir en los hábitos de audiencia y percepción social de los riesgos ambientales, así como impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y tecnologías para mejorar el conocimiento científico y propiciar la reducción de emisiones en la ZMVM.

## 7.9 COBENEFICIOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES URBANOS Y DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El PROAIRE 2002-2010 está también dirigido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La mitigación de GEI puede lograrse mediante la conservación y aumento de los bosques (captura de carbono) y la promoción del uso eficiente y de las fuentes renovables de energía (disminución del uso de combustibles fósiles). Por ello, el objetivo mundial de limitar las emisiones de los gases causantes del Cambio Climático Global, puede desarrollarse buscando beneficios económicos y ambientales regionales y

locales. En este sentido es que lo local y lo global se unifican, ya que al reducir el consumo de combustibles, no sólo se limita la emisión de gases de efecto invernadero, sino también se obtienen beneficios en la contaminación atmosférica local (Sheimbaum et al, 2000).

Sin embargo, la reducción de emisiones contaminantes locales no siempre implica la disminución de los principales gases de efecto invernadero como son el bióxido de carbono y el metano. Tal es el caso de tecnologías denominadas de fin de tubo, como pueden ser los convertidores catalíticos que si bien disminuyen emisiones de gases que indirectamente pueden ser gases de efecto invernadero, no reducen la emisión de CO<sub>2</sub>. Por ello, ambos objetivos deben estar presentes en el diseño de las políticas de calidad del aire.

# **CAPÍTULO 8**

## MEDIDAS DEL PROGRAMA





**Cuadro resumen de medidas**

Vehículos y transporte	1. Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina.
	2. Reducción del contenido de azufre en la gasolina a 50 ppm.
	3. Mejoramiento continuo del programa de verificación vehicular obligatoria.
	4. Modernización y actualización del programa hoy no circula como incentivo para la renovación de la flota vehicular.
	5. Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes.
	6. Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (RETROFIT).
	7. Rediseño del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes y unidades sin verificar.
	8. Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad.
	9. Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad.
	10. Establecimiento de disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados fuera de especificaciones ambientales.
	11. Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos.
	12. Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel.
	13. Reducción del contenido de azufre en el diesel.
	14. Actualización del programa de verificación de vehículos a diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá.
	15. Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones.
	16. Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel.
	17. Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos.
	18. Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (GNC).
	19. Introducción de vehículos eléctricos.
	20. Establecimiento de corredores de transporte.
	21. Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado.
	22. Renovación de autobuses de la red de transporte de pasajeros (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE).
	23. Renovación de la flota de transporte de carga local.
	24. Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga.
	25. Expansión del metro.
	26. Establecimiento de una red de trenes suburbanos.
	27. Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero.
	28. Localización de taxis en bases.
	29. Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM.
	30. Fomento del uso de combustibles alternativos en vehículos del sistema de transporte público de pasajeros.
	31. Implantación del registro estatal del transporte público.
	32. Programa integral para el transporte público de carga.
	33. Promoción de rutas directas o exprés, locales y metropolitanas.
	34. Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano.
	35. Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM.
	36. Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM.
	37. Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana.
	38. Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM.
Industria	1. Reconversión energética en la industria.
	2. Control de emisiones de contaminantes en el sector industrial.
	3. Instrumentación de programas de producción más limpia.
	4. Consolidación del sistema integrado de regulación de la industria (SIRG).
	5. Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria.
	6. Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia en la industria.
	7. Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM.
Servicios	1. Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco.
	2. Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeños y medianos establecimientos.
	3. Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas.
	4. Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM.
	5. Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio.
	6. Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados.
	7. Lineamientos del uso de combustibles y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabique.
	8. Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles.
	9. Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicios en la ZMVM.

Conservación de recursos naturales	1. Instrumentación de programas de ordenamiento ecológico.
	2. Refuerzo de los instrumentos legales en materia de uso del suelo.
	3. Control y ordenamiento de los asentamientos humanos.
	4. Contención del crecimiento de la mancha urbana en el área rural de la ZMVM.
	5. Proteger, inspeccionar y vigilar los recursos naturales.
	6. Mejorar la prevención y combate de incendios forestales.
	7. Inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, mediante el pago compensatorio por servicios ambientales.
	8. Monitoreo del estado de conservación de los recursos naturales en la ZMVM.
	9. Manejo de áreas naturales protegidas.
	10. Programa de recuperación de hábitats a través de la plantación de especies adecuadas.
	11. Saneamiento y restauración de recursos naturales.
	12. Recuperación, restauración, conservación y ampliación de las áreas verdes urbanas de la ZMVM.
	13. Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable.
	14. Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México.
	15. Programa de recuperación de suelos erosionados en la cuenca oriental del Valle de México.
Protección de la salud	1. Modernización y actualización del programa de contingencias ambientales atmosféricas (PCAA).
	2. Medidas particulares para reducir la exposición de la población a la contaminación del aire.
	3. Percepción social y comunicación de riesgos.
	4. Actualización de la evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud.
	5. Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica.
	6. Creación y revisión de normas de calidad del aire.
	7. Investigación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud en la ZMVM.
	8. Efectos en la salud asociados con fuentes puntuales de emisión de contaminantes.
Educación ambiental	1. Subprograma de educación ambiental formal.
	2. Subprograma de educación ambiental no formal.
	3. Subprograma de información, formación y capacitación ambiental.
	4. Subprograma de comunicación y difusión educativa ambiental.
Fortalecimiento institucional	1. Elaborar la caracterización y diagnóstico de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, ubicados en la ZMVM.
	2. Integración de un comité metropolitano de evaluación y seguimiento de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas.
	3. Elaborar los reglamentos de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles
	4. Actualización del inventario de emisiones.
	5. Reactivación del fideicomiso ambiental del Valle de México.
	6. Modernización de la red automática de monitoreo atmosférico.
	7. Fortalecimiento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes en la ZMVM.
	8. Investigación de la calidad del aire en el Valle de México 2002-2010

## 8.1 MEDIDAS PARA VEHÍCULOS Y TRANSPORTE



## 1. ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE EMISIÓN MÁS Estrictos PARA VEHÍCULOS NUEVOS A GASOLINA.

Objetivo: Inducir la introducción de vehículos a gasolina menos contaminantes a través de normas más estrictas, para reducir las emisiones de HC, NOx, PM<sub>10</sub> y CO.

Justificación: En el Valle de México el sector transporte tiene la mayor participación en la generación de contaminantes atmosféricos. El problema ambiental de generación de emisiones asociado con fuentes móviles seguirá creciendo debido a que anualmente se incrementa la flota vehicular en 5.9% y se retira el 3.9% de automotores en circulación, por lo que es necesario continuar reduciendo los niveles de contaminación emitidos por los vehículos.

De acuerdo a las proyecciones del parque vehicular, se estima que en el año 2010 circularán en la Zona Metropolitana del Valle de México aproximadamente 4.3 millones de vehículos particulares. De éstos, 1.7 millones (casi el 40%) serán vehículos con cuatro años de edad o menos (años-modelo 2006 y posteriores). Dichos vehículos cumplirán con niveles de emisión similares a los establecidos en los Estados Unidos, denominados TIER II. No obstante, los límites de emisión específicos a ser aplicados en México serán establecidos en la actualización de la Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, la cual será publicada por la SEMARNAT.

De acuerdo con el inventario de emisiones 1998, los autos particulares emitieron 47,380 ton/año de NOx; 81,705 ton/año de HC; 822,277 ton/año de CO y 701 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, de no aplicarse medidas de control, son de 66,307 ton/año de NOx; 115,231 ton/año de HC; 1,197,958 ton/año de CO y 1,278 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Beneficios: La reducción de emisiones estimada considerando la introducción de vehículos menos contaminantes, con respecto a la línea base de autos particulares al año 2010 será de 11,006 ton/año de NOx; 3,564 ton/año de HC; 10,482 ton/año de CO; 159 ton/año de SO<sub>2</sub> y 426 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Costo: La adquisición de vehículos particulares a partir del 2006 y hasta el 2010 representa un aumento en la inversión privada estimada en 340 millones de dólares, para cubrir la incorporación de las nuevas tecnologías en los vehículos nuevos.

Instrumentación: La SEMARNAT actualizará la Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, estableciendo los niveles de emisión futuros para México.

A partir del año 2006 todos los automóviles que se distribuyan en la ZMVM cumplirán con la normatividad TIER 2 de la EPA y contarán con sistemas de diagnóstico a bordo (OBDs). Para ello, PEMEX suministrará una gasolina con un contenido de azufre de 50 partes por millón, lo cual es necesario para que la tecnología vehicular alcance y mantenga los niveles de emisión mencionados. En el año 2010 los vehículos modelo 2006 y posteriores constituirán el 40% del parque vehicular en circulación.

Para lograr los objetivos de esta medida es necesaria la participación de la SHCP para que autorice las inversiones necesarias para que PEMEX modernice su infraestructura y pueda producir el combustible con las características requeridas.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Revisión y actualización de la NOM-042-ECOL-1999						
Autorización de la inversión necesaria para la modernización de las plantas SHCP						
Modernización de Infraestructura en PEMEX						
Reducción del contenido de azufre en la gasolina Premium						
Entrada de tecnología TIER 2 y OBD II						

Actores involucrados: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Energía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Economía, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Petróleos Mexicanos, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz y Comisión Ambiental Metropolitana.

## 2. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN LA GASOLINA A 50 PPM.

**Objetivo:** Mejorar las características de las gasolinas en México para permitir la introducción de normatividad TIER II en vehículos nuevos.

**Justificación:** La presencia de azufre en la gasolina aumenta el desgaste en el motor, deteriora el aceite, corroe el sistema de escape, disminuye la eficiencia y durabilidad del convertidor catalítico, además de producir un incremento en la generación de óxidos de nitrógeno. Pruebas de emisiones vehiculares han mostrado que niveles menores a 50 ppm en gasolinas, utilizando tecnología catalítica actual, permite reducir entre un 21 y 27% los tres principales contaminantes vehiculares (HC, NOx y CO). Asimismo, el avance mundial en las tecnologías de control de emisiones para vehículos nuevos requieren gasolinas con un contenido de azufre por debajo de 80 ppm que permita cumplir con las normas de emisión. El contenido promedio de azufre de las gasolinas que se comercializan en la ZMVM es de 390 y 220 ppm para las gasolinas Magna y Premium, respectivamente. A partir del año 2006, se proporcionará una gasolina Premium con 50 ppm de azufre y una gasolina Magna con 300 ppm.

**Beneficios:** La reducción de emisión de contaminantes lograda por la incorporación de tecnologías de control en vehículos nuevos asociada a la gasolina de bajo contenido de azufre, se describió en conjunto dentro de los beneficios de la medida anterior.

**Costo:** El costo de esta medida se estima en 3,000 millones de dólares que se aplicarán en infraestructura de PEMEX.

**Instrumentación:** La SEMARNAT actualizará la Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994 estableciendo el contenido de azufre en las gasolinas, el cual será homogéneo en todo el país para evitar daños en los sistemas de control de emisiones de los motores que se pudieran vender o circulen en zonas donde no se expendan estas gasolinas.

PEMEX realizará las modificaciones a sus refinerías para poder ofrecer gasolina de bajo contenido de azufre. La SHCP otorgará el presupuesto necesario para que PEMEX realice la inversión requerida en la medida.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Revisión y actualización de la NOM-086-ECOL-1994						
Revisión del proyecto y autorización de la SHCP						
Modernización de Infraestructura en PEMEX						
Reducción del contenido de azufre en las gasolinas						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Energía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Petróleos Mexicanos, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz y Comisión Ambiental Metropolitana.

### 3. MEJORAMIENTO CONTINUO DEL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR OBLIGATORIA.

Objetivo: Asegurar que los vehículos en circulación cumplan con la misma normatividad en materia de emisiones, partiendo de procedimientos, criterios de certificación y seguimiento similares de los centros de verificación autorizados en la ZMVM.

Actualizar los reglamentos, normas y acuerdos que rigen el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria en forma periódica para incorporar mejoras e innovaciones que permitan incrementar y mantener la eficiencia de los programas, así como integrar la inspección de aspectos de seguridad y condiciones mecánicas en los vehículos de transporte público de pasajeros y de carga mercantil en el Distrito Federal, para garantizar que los vehículos que prestan este servicio reúnan las características ambientales y condiciones físicas y operativas requeridas.

Justificación: Las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México continuarán trabajando en un proceso que permita la homologación de los sistemas, equipos, procedimientos técnicos y administrativos de los programas de verificación vehicular.

Beneficios: Asegurar la aplicación de un programa de verificación homogéneo en toda la ZMVM para garantizar que todos los vehículos cumplan con el mismo nivel de exigencia normativa.

Incrementar la eficiencia del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, para aumentar el porcentaje de detección de vehículos en malas condiciones mecánicas y evitar que estos circulen mientras no se asegure su óptimo funcionamiento.

Se espera que la medida contribuya a la renovación y mantenimiento apropiado del parque vehicular del transporte público de pasajeros y de las unidades de carga, con lo que se disminuirán las emisiones vehiculares.

Costo: El costo aproximado de esta medida se estima en 25 millones de pesos; dicho costo incluye la inversión de los gobiernos locales, la cual asciende a 18 millones y 7 millones de inversión por parte de la iniciativa privada para infraestructura.

Instrumentación: La homologación del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria que se realiza en el Distrito Federal y en el Estado de México deberá garantizar el procedimiento de verificación, esto es, el tipo de equipamiento e instalaciones, la supervisión y auditorías a los verificentros las cuales deben asegurar la calidad del procedimiento de acuerdo a la norma NOM 047 ECOL-1993. En este proceso los verificentros deberán certificarse ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) como unidades verificadoras.

Los grupos de trabajo organizados por la CAM evaluarán la viabilidad de incorporar los siguientes elementos y definirán el protocolo a seguir:

- Desarrollo de un sistema centralizado de verificación vehicular.
- Prueba de hermeticidad del sistema de almacenamiento y distribución interna del combustible, para prevenir fugas de vapores de gasolina.
- Pruebas y subrutinas para asegurar el buen funcionamiento del convertidor catalítico.
- Medición en gramos por kilómetro en prueba dinámica de 3 gases (hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno).
- Inspección de aspectos de seguridad y condiciones mecánicas en los vehículos de transporte público de pasajeros y carga mercantil (revista).



- En el Estado de México se evaluará la posibilidad de instrumentar el punto anterior en los verificentros pertenecientes a los municipios de su jurisdicción.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006-2010</b>
Organización y formación de los grupos de trabajo						
Homologación de los Programas de Verificación Vehicular						
Certificación ante la EMA						
Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular						

Actores involucrados: Comisión Ambiental Metropolitana, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Entidad Mexicana de Acreditación, Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México.

#### 4. MODERNIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA HOY NO CIRCULA COMO INCENTIVO PARA LA RENOVACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR.

Objetivo: Acelerar la renovación del parque vehicular que circula en la ZMVM, restringiendo la circulación de vehículos altamente contaminantes.

Justificación: Debido a la dinámica del parque vehicular y el incremento del mismo en la ZMVM, se requiere revisar periódicamente el *Programa Hoy No Circula* (HNC) para mantener sus niveles de restricción a la circulación vehicular que permitan la disminución de contaminantes a la atmósfera. La tendencia de crecimiento del parque vehicular impacta en la saturación de vialidades y consecuentemente en la reducción de la velocidad de los vehículos y la eficiencia de sus motores, dando como consecuencia mayores emisiones. En su origen, el HNC permitía retirar de circulación cerca de 500 mil vehículos diariamente, sobre un parque estimado de 2.5 millones de vehículos; en la actualidad, se estima que dejan de circular 350 mil vehículos por día, sobre un parque vehicular de alrededor de 3.2 millones de vehículos.

Beneficios: Recuperar la eficiencia del HNC en cuanto a la reducción diaria de emisiones contaminantes a la atmósfera y a la proporción de vehículos que circulan cada día de la semana para aliviar la congestión vial.

Costo: No estimado.

Instrumentación: Los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México consensuarán las modificaciones al programa HNC en el seno de la CAM.

##### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006-2010
Consenso por parte del GDF y el GEM para los cambios del HNC					
Aplicación del HNC					

Actores involucrados: Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y la Comisión Ambiental Metropolitana.

## 5. REDISEÑO DEL PROGRAMA INTEGRAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES.

Objetivo: Modificar el Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC) para que el cambio de convertidores catalíticos se realice con base en el nivel de emisiones vehiculares.

Justificación: El convertidor catalítico de tres vías ha sido considerado como un dispositivo eficiente para el tratamiento de los gases de combustión cuya finalidad es la de reducir las emisiones contaminantes de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx). Dichos gases pueden ser transformados de compuestos tóxicos a no tóxicos mediante un catalizador, cuyos elementos activos pueden ser una combinación de platino, paladio y rodio y que para su adecuado funcionamiento se requiere incluir un sensor de oxígeno.

A escala internacional, el uso de convertidores catalíticos en vehículos se inició desde 1975, mientras que en México se comercializaron los primeros autos con convertidor catalítico hasta 1991, siendo la mayoría de dos vías. Posteriormente y debido a la aplicación de una normatividad más estricta para los modelos 1993 y posteriores, el convertidor catalítico de tres vías fue introducido en las unidades nuevas, conjuntamente con los primeros sistemas de inyección de combustible.

El Programa de Verificación Vehicular Obligatoria estableció a partir del segundo semestre de 1999 que los vehículos automotores año-modelo 1993, deberían acreditar la reposición del convertidor catalítico al realizar la verificación vehicular, para poder alcanzar el nivel de emisiones que permita obtener el holograma "0", que los exente del programa "Hoy No Circula", lo cual garantizaría una eficiente reducción de emisiones contaminantes. Sin embargo, este criterio podría obligar el cambio del convertidor sin que esté dañado, por tal motivo, en la actualización del programa, el cambio del convertidor catalítico sólo se realizará si el vehículo no cumple con el nivel de emisiones establecido en la normatividad vigente.

Beneficios: Reducir la emisión de contaminantes provenientes de aquellos vehículos que tengan convertidor catalítico que haya terminado su vida útil, evitando así que un dispositivo diseñado para reducir contaminantes incremente la emisión de los mismos.

Costo: Se estima un costo aproximado de 2 mil cuatrocientos pesos por cada vehículo al que se le cambie el convertidor catalítico.

Instrumentación: La SEMARNAT y las Secretarías del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y de Ecología del Gobierno del Estado de México actualizarán el Acuerdo por el cual se realiza este programa, basándolo en las emisiones que registra el vehículo al momento de la verificación vehicular y no en su año modelo. Asimismo, dentro del acuerdo se actualizarán las características que deben cumplir los talleres PIREC y los convertidores catalíticos.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Formación de grupos de trabajo para la actualización del PIREC							
Actualización al Acuerdo por el cual se realiza el PIREC							
Aplicación del PIREC actualizado							

Actores involucrados: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Economía del Gobierno Federal, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, talleres PIREC, verificentros, fabricantes de convertidores catalíticos y Comisión Ambiental Metropolitana.

## 6. ADAPTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES A VEHÍCULOS NO EQUIPADOS DESDE FÁBRICA (RETROFIT).

**Objetivo:** Mejorar el desempeño ambiental de los vehículos en circulación, para reducir las emisiones de HC, NOx y CO.

**Justificación:** El 67% de la flota vehicular de la ZMVM no cuenta con convertidor catalítico y sus emisiones representan cerca del 90% de las emisiones generadas por las fuentes móviles. Existen experiencias internacionales que muestran la viabilidad de instalar sistemas de control en vehículos carentes de convertidores catalíticos y sistemas electrónicos de control de la mezcla aire-combustible. Considerando las condiciones mecánicas y de mantenimiento en que se encuentran los vehículos de la zona metropolitana, se prevé que el 50% de los vehículos modelo 1986 a 1992 son susceptibles de incorporar estos cambios tecnológicos.

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los autos particulares emitieron 47,380 ton/año de NOx; 81,705 ton/año de HC y 822,277 ton/año de CO; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010 se incrementarían a 66,307 ton/año de NOx; 115,231 ton/año de HC y 1,197,958 ton/año de CO.

**Beneficios:** La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de autos particulares al año 2010 será de 12,643 ton/año de NOx, 14,959 ton/año de HC y 153,419 ton/año de CO.

**Costo:** El costo de adaptación por vehículo se estima entre 200 y 300 dólares.

**Instrumentación:** Las autoridades ambientales establecerán los criterios de adaptación de convertidores catalíticos en vehículos susceptibles de ello, mediante un acuerdo de cumplimiento voluntario.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Formación de grupos de trabajo para el establecimiento de criterios de adaptación						
Publicación de los criterios de adaptación						
Instrumentación de la medida						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, empresas instaladoras y fabricantes de sistemas de conversión.

## **7. REDISEÑO DEL PROGRAMA DE DETECCIÓN Y RETIRO DE VEHÍCULOS OSTENSIBLEMENTE CONTAMINANTES Y UNIDADES SIN VERIFICAR**

Objetivo: Instrumentar un Programa de aplicación de infracciones a los vehículos ostensiblemente contaminantes, a través de brigadas instaladas en sitios móviles de revisión en las principales vialidades de la ZMVM.

Justificación: Debido a la gran cantidad de vehículos que circulan en esta zona, los contaminantes provenientes de los escapes se han convertido en el principal problema de la calidad del aire. Algunos propietarios evaden la obligación de verificar y tener en buenas condiciones mecánicas su unidad, con lo cual contribuyen a aumentar aún más la cantidad de contaminantes en forma ostensible.

Las Secretarías de Medio Ambiente del Distrito Federal y de Ecología del Gobierno del Estado de México tienen en operación el Programa de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes y Unidades sin Verificar, el cual tiene como actividad el detener y sancionar vehículos que emitan contaminantes de manera fehaciente y/o carezcan de la verificación vehicular.

Actualmente, el programa se basa en una apreciación visual del color del humo (negro o azul) que emiten los escapes de los vehículos, lo cual conlleva cierto grado de subjetividad, generando quejas y resistencias de la ciudadanía en la aplicación de este programa.

Beneficios: Mayor confiabilidad en el dictamen de los vehículos sancionados por emitir humo negro o azul. Uniformidad en los criterios del personal técnico encargado de operar el programa. Concientizar al propietario que es importante dar mantenimiento preventivo y correctivo de su vehículo.

Costo: Actualmente el costo de una sanción es equivalente a 20 días de salario mínimo. La adquisición, instalación y operación de los sensores remotos y los opacímetros permitirán elevar la eficiencia en la aplicación del programa.

Instrumentación: Las instituciones encargadas de aplicar el Programa de Detección de Vehículos Ostensiblemente Contaminantes serán: la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y las Secretarías de Comunicaciones y Transportes, de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, conjuntamente con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente; a través de brigadas integradas por representantes de cada dependencia.

Las Dependencias antes mencionadas conformarán un Grupo Técnico que se encargará de reestructurar el Programa, mismo que deberá contemplar los siguientes aspectos:

- Adecuación del Marco Jurídico, incluyendo los convenios de coordinación institucional necesarios,
- Definición de parámetros técnicos de revisión y equipamiento,
- Ubicación de puntos de revisión y brigadas de vigilancia,
- Instrumentación de procedimientos de revisión y aplicación de infracciones,
- Diseño y aplicación de procedimientos para el intercambio de información, a través de medios y sistemas de comunicación electrónica.

Los Gobiernos del Distrito Federal, del Estado de México y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, publicarán el Programa en sus respectivos órganos oficiales de difusión.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Formación de grupos de trabajo para el rediseño del Programa de Detección y Retiro de Vehículos Contaminantes						
Publicación del documento legal que permita la operación del programa						
Adquisición del equipo necesario adecuado para realizar la operación del nuevo programa						
Operación del Programa de Detección y Retiro de Vehículos contaminantes actualizado						

Actores involucrados: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y autoridades municipales, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno del Distrito Federal y autoridades delegacionales.

## **8. RENOVACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR DE TRANSPORTE DE PASAJEROS DE BAJA CAPACIDAD.**

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por los taxis que circulan en el Distrito Federal.

Justificación: En la ZMVM circulan 109 mil 407 taxis. De esta flota, 103,298 vehículos se encuentran registrados en el Distrito Federal y el resto en el Estado de México. Estas unidades recorren aproximadamente 200 kilómetros por día y generan más de 158 mil toneladas anuales de contaminantes; lo que representa el 7.6% del total de emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles. El 56% de la flota de taxis corresponden a los años modelo 1992 y anteriores; es decir, automóviles sin sistemas de control de emisiones.

Además, dichas unidades no cumplen con la restricción de edad reglamentada por la Secretaría de Transporte y Vialidad aplicable a los vehículos que prestan este servicio en el Distrito Federal, por lo que es necesario renovar el parque vehicular en este sector.

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los taxis emitieron 11,093 ton/año de NO<sub>x</sub>; 15,310 ton/año de HC; 131,453 ton/año de CO y 199 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, serán de 11,288 ton/año de NO<sub>x</sub>; 15,733 ton/año de HC; 135,812 ton/año de CO y 202 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Beneficios: La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de taxis al año 2010 será de 11,434 ton/año de HC, 8,579 ton/año de NO<sub>x</sub> y 124 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Costo: El costo se estima en 800 millones de dólares; de los cuales, 80 millones serán financiados por el sector público y 720 millones por el sector privado.

Instrumentación: Para lograr la reducción de emisiones estimadas, la Secretaría de Transporte y Vialidad solamente renovará las concesiones a aquellos propietarios que sustituyan los taxis actuales por vehículos nuevos, conforme al calendario previsto. Los taxis nuevos deberán satisfacer las especificaciones establecidas por la Secretaría de Transporte y Vialidad, incluyendo el cumplimiento de los límites de emisión definidos en las normas oficiales mexicanas vigentes.

Entre los años 2001 y 2006, 80 mil taxis serán sustituidos gradualmente en el Distrito Federal, iniciando con los taxis de los años modelo más viejos el primer año y continuando con el resto de la flota. Los taxis retirados serán sustituidos por vehículos que cuenten con sistemas de control de emisiones y que hayan sido construidos bajo el criterio de eficiencia energética. Además el modelo no debe ser mayor a cuatro años anteriores al año en que se realice la sustitución como se establece en el Reglamento para el Servicio de Transporte Público de Taxis en el Distrito Federal.



**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006-2010</b>
Diseño de esquemas de financiamiento						
Consensuar con propietarios de taxis la sustitución de unidades						
Determinación de vehículos apropiados para el servicio						
Sustitución de taxis						

Actores involucrados: Secretaría de Desarrollo Económico, Secretaría de Transporte y Vialidad, Instituto del Taxi y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

## 9. SUSTITUCIÓN DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS DE MEDIANA CAPACIDAD POR VEHÍCULOS NUEVOS DE ALTA CAPACIDAD.

Objetivo: Garantizar que los vehículos que prestan el servicio de transporte urbano en el Distrito Federal reúnan las características básicas de calidad, comodidad, seguridad y bajas emisiones de contaminantes.

Justificación: En la ZMVM circulan aproximadamente 32 mil microbuses; de los cuales 23 mil están registrados en el D.F. y 9,000 en el Estado de México. Estas unidades recorren en promedio 200 kilómetros por día y generan más de 246 mil toneladas anuales de contaminantes; lo cual representan el 11.7% del total de emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles para el año base.

Adicionalmente más del 90% de las unidades de este tipo de transporte son de años modelo anteriores a 1993 sin equipos de control de emisiones y en condiciones mecánicas muy malas.

Las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, son de 6,676 ton/año de NO<sub>x</sub>; 13,852ton/año de HC; 151,933 ton/año de CO y 41 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Beneficios: La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de emisiones para este tipo de transporte al año 2010, será de 13,374 ton/año de HC, 151,933 ton/año de CO, 5,027 ton/año de NO<sub>x</sub> y 12 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Costo: El costo de inversión de esta medida se estima en 744 millones de dólares; de los cuales 16.3 millones serán financiados por el sector público y 727.7 millones por la iniciativa privada.

Instrumentación: El Gobierno del Distrito Federal ha iniciado el programa de sustitución de microbuses por autobuses; dichos autobuses nuevos deberán satisfacer las especificaciones de homologación establecidas por la Secretaría de Transporte y Vialidad, incluyendo el cumplimiento de los límites de emisión definidos en las normas oficiales mexicanas vigentes.

Los autobuses que utilicen gas natural como combustible y cumplan con los límites de emisión más estrictos tendrán preferencia en las rutas de mayor demanda. Adicionalmente, es necesario establecer las bases ambientales para fomentar la renovación de estas unidades al término de su vida útil.

Entre el año 2001 y el 2006, el gobierno del Distrito Federal sustituirá todos los microbuses registrados en su jurisdicción, lo cual equivale a la incorporación de alrededor de 16 mil autobuses y/o autobuses cortos nuevos.

Los microbuses sustituidos serán eliminados definitivamente para evitar su reintroducción en la Zona Metropolitana u otras ciudades. Previa demostración de la destrucción del microbús, el propietario podrá tener acceso a un apoyo económico del Gobierno del Distrito Federal como contribución para el pago inicial de una unidad nueva.

Esta acción irá acompañada de medidas para la reordenación del transporte, el redimensionamiento de derroteros y ramales de transporte público y el fomento a la evaluación hacia empresas mercantiles por parte de los prestadores del servicio de transporte público de pasajeros, con la finalidad de elevar la viabilidad financiera del transporte.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Diseño de esquemas de financiamiento						
Consensuar con propietarios de microbuses la sustitución de unidades						
Sustitución de microbuses						

Por su parte, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha implementado un *Programa para el Reordenamiento y Regularización de los Vehículos Destinados al Autotransporte Federal de Pasajeros y Turismo y de Permisionarios o Concesionarios Estatales o Federales que Transitan en Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*; el cual consiste en la sustitución de vehículos tipo minibús, microbús, combi o equivalente que prestan el servicio de autotransporte de pasajeros en sus clases económico y mixto, así como de vehículos tipo autobús que han rebasado su límite de operación de año modelo, el cual se desarrollará en cuatro etapas.

La primera etapa, se desarrolló del 1 de junio al 31 de diciembre del 2001, con el levantamiento a nivel nacional de un censo de este tipo de vehículos en la red federal de carreteras, a través de los inspectores de vías generales de comunicación, lo que permitirá dimensionar la problemática y el universo de vehículos que cuentan con placas expedidas por los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, y por la SCT.

La segunda y tercera etapa consisten en la presentación, por parte del autotransportista, de los requisitos correspondientes para la regularización de sus unidades y del contrato de compra de la unidad que se adquiere para sustituir la que está en operación; así como la firma de Convenio de Sustitución con la SCT federal, el cual estará vigente hasta la fecha de entrega de la unidad que se adquiere e incluirá la longitud de carretera en donde debe operar el nuevo vehículo.

La cuarta etapa comprende la regularización de las unidades a través de su sustitución y el otorgamiento de permisos definitivos, placas metálicas, calcomanías de identificación y tarjetas de circulación a los permisionarios.

Para los autobuses reconstruidos, que han rebasado el límite de operación año/modelo, en el proceso de ejecución del Programa de referencia, se ha estudiado resolver su irregularidad en forma concomitante, de tal forma que los vehículos reconstruidos que se emplacaron hasta el 31 de diciembre de 2000, continúen operando hasta el 31 de diciembre de 2004 (4 años), previa convalidación de requisitos y la verificación físico-mecánica y acreditación con factura de los componentes sustituidos, ensamblados o incorporados, a más tardar el 31 de marzo de 2002.

Actores involucrados: Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal, Secretaría de Transporte y Vialidad, Secretaría de Desarrollo Económico y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, concesionarios y permisionarios.

## 10. ESTABLECIMIENTO DE DISPOSICIONES NORMATIVAS Y MECANISMOS DE CONTROL PARA EVITAR LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS IMPORTADOS FUERA DE ESPECIFICACIONES AMBIENTALES.

Objetivo: Asegurar que los autos usados originarios de Estados Unidos y Canadá que se comercialicen en la ZMVM cumplan con la normatividad vigente relativa a la emisión de contaminantes.

Justificación: Actualmente en la zona metropolitana circulan vehículos recientemente legalizados provenientes de Estados Unidos de América y Canadá, los cuales fueron introducidos al país sin cumplir con requerimientos ambientales, por lo cual es necesario que sean verificados.

Es importante tomar en cuenta que como consecuencia del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, a partir del año 2004 se podrán comercializar en México cualquier vehículo usado originario de los Estados Unidos de América y Canadá, incluyendo autos particulares.

Dado que en dichos países la normatividad ambiental es estricta y el nivel económico de esas naciones permite la renovación frecuente de su flota vehicular, el excedente de autos usados y con deficiente mantenimiento son susceptibles de incrementar su comercialización en nuestro país a partir del año 2004.

Beneficios: Con esta medida se establecerá la normatividad que sea necesaria, o en su caso se harán las modificaciones pertinentes a la normatividad actual, para evitar que los vehículos que hayan sido importados sin el cumplimiento de verificación de emisiones circulen sin restricciones en la ZMVM.

Instrumentación: La CAM solicitará a las SHCP, Secretaría de Economía y SEMARNAT que se revise y se fortalezca la vigilancia en la aplicación de la normatividad sobre los requisitos ambientales que deben cumplir los vehículos usados que se introduzcan al país de manera permanente.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Integración de grupos interinstitucionales de trabajo para revisión de la normatividad para vehículos provenientes del extranjero						
Instrumentación y aplicación de la normatividad						

Actores involucrados: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Economía, Comisión Ambiental Metropolitana.

## 11. DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE PRUEBA DE ADITIVOS Y DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES INCLUYENDO UN PROTOCOLO DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS.

**Objetivo:** Definir un protocolo de pruebas consistente y confiable para evaluar cualquier tipo de aditivo y/o dispositivo que reduzca la emisión de contaminantes por vehículos en circulación.

**Justificación:** Una de las funciones de los gobiernos Federal, del Distrito Federal y del Estado de México, es atender y dar respuesta a propuestas que presenten los particulares para reducir y/o controlar las emisiones contaminantes.

Los tres gobiernos cuentan con personal capacitado para evaluar y dar respuesta a cualquier tipo de propuesta; pero se ha detectado la necesidad de contar con un protocolo para realizar las evaluaciones en una forma homogénea y expedita. Asimismo, se requiere de un procedimiento administrativo que ayude a la recepción y agilización del trámite correspondiente de acuerdo al resultado de la aplicación del protocolo.

**Beneficios:** De la adecuada aplicación del protocolo de prueba dependerá la detección de aquellos productos o tecnologías que requieran mayor investigación, o que se hagan merecedoras de algún tipo de reconocimiento por su beneficio ambiental.

**Instrumentación:** La CAM organizará grupos de trabajo interinstitucionales e interdisciplinarios para diseñar y elaborar los protocolos y procedimientos administrativos que habrán de utilizarse para evaluar las distintas posibilidades de aditivos y/o tecnologías para la reducción de emisiones.

Adicional a la elaboración de los protocolos, dichos grupos habrán de definir a las instituciones encargadas de evaluar el aditivo y/o dispositivo de acuerdo a su naturaleza y aplicación práctica.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Integración de los grupos de trabajo interinstitucionales						
Elaboración de los protocolos y procedimientos que se utilizarán para la evaluación de aditivos y/o tecnologías						
Definición de las instituciones encargadas de evaluar los aditivos y/o tecnologías						
Instrumentación del programa						

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto Mexicano del Petróleo.

## 12. ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE EMISIÓN MÁS Estrictos PARA VEHÍCULOS NUEVOS A DIESEL.

**Objetivo:** Introducir vehículos nuevos a diesel con menores niveles de generación de contaminantes, en especial para reducir las emisiones de NOx y PM<sub>10</sub>.

**Justificación:** Los principales contaminantes emitidos por los vehículos a diesel son los óxidos de nitrógeno y las partículas. Los NOx son precursores del ozono. Por su parte las partículas pueden contener más de 40 sustancias consideradas como tóxicas; algunas de ellas con propiedades carcinogénicas en humanos y animales. Asimismo, se considera que estas partículas en concentraciones elevadas generan problemas de asma, bronquitis crónica y alteración de la presión sanguínea. Las normas mexicanas en materia de emisiones generadas por los vehículos que utilizan diesel han estado ligadas desde 1993, a las establecidas por la EPA de los EUA. De esta forma, es conveniente continuar con la armonización de las normas de unidades a diesel, principalmente si se considera que en México no se fabrican dichos motores y existe un solo laboratorio para realizar pruebas a estos motores, en donde se puede certificar el cumplimiento de la normatividad ambiental. Como referencia, a continuación se presentan los límites de emisión que establece la EPA que podrían formar parte de la normatividad que entraría en vigor en los años 2004 y 2007 para su aplicación en unidades pesadas nuevas a diesel:

Año modelo	NOx + HCNM (g/bhp-hr)	Partículas (g/bhp-hr)
2004	2.4	0.1
2007	0.2	0.01

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los autobuses y vehículos de más de 3 toneladas emitieron 39,302 ton/año de NOx; 13,058 ton/año de HC; 30,226 ton/año de CO y 3,736 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, son de 54,740 ton/año de NOx; 18,189 ton/año de HC; 42,121 ton/año de CO y 5,195 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Beneficios:** La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base, de autobuses y vehículos de más de 3 toneladas, al año 2010 será de 6,362 ton/año de NOx, 1,012 ton/año de HC y 640 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Costo:** Se estima en 165.5 millones de dólares, los cuales serán absorbidos por el sector privado.

**Instrumentación:** El Subcomité de Normalización encabezado por la SEMARNAT inició en el año 2000 la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-044-ECOL-1993, la cual establecerá los niveles de emisión que serán aplicados a las unidades pesadas que circulan en México. Entre otros participantes en este subcomité destacan la ANPACT, la SENER y PEMEX, para asegurar que la introducción de las nuevas tecnologías se realice en forma sincronizada con la distribución del diesel con bajo contenido de azufre que se requiere. Se prevé que estos niveles podrán ser similares a los que establecen las normas EPA 2004 y EURO III. Asimismo, se estima que la actualización de la norma se concluya en el 2002. Para la vigilancia del cumplimiento de esta norma, la PROFEPA reforzará los mecanismos de certificación aplicables, los cuales podrían incluir el requerimiento de que los motores sean probados en los laboratorios del IMP ubicados en Pachuca, Hidalgo.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Revisión y actualización de la NOM-044-ECOL-1993						
Preparación, aplicación y vigilancia de la norma						

*Actores involucrados:* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Comisión Ambiental Metropolitana, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones y Petróleos Mexicanos.

### 13. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN EL DIESEL.

Objetivo: Mejorar las características del diesel para permitir la incorporación de sistemas avanzados de control de emisiones que reduzcan las emisiones de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> en unidades nuevas.

Justificación: La flota vehicular a diesel que circula en la ZMVM está integrada por más de 180 mil vehículos, de los cuales más del 40% tienen más de 20 años de edad. Para el año 2010 se espera que la flota se incremente a 255 mil unidades, en la medida en que se reactive la economía y se fortalezcan las regulaciones para su renovación.

El diesel de bajo contenido de azufre (15 ppm) se requiere tanto para la introducción de las nuevas tecnologías de vehículos pesados que serán introducidas en México en los próximos años como para la retroadaptación de sistemas de control de emisiones en la flota a diesel en circulación.

En el caso de las nuevas tecnologías, sus sistemas de control de emisiones (trampas regenerativas de partículas o convertidores catalíticos) son muy sensibles al contenido de azufre en el diesel. La actualización de la Norma Oficial Mexicana que establece los límites de emisión máximos permisibles con los señalados por la EPA, podría requerir la disminución de la concentración de dicho elemento hasta 15 ppm. Sin embargo, como se mencionó en la medida anterior, será necesario que en el Subcomité de Normalización de la SEMARNAT, se establezcan los límites de emisión, las especificaciones del combustible y los plazos adecuados para ello.

Además, existe la posibilidad de que una parte de la flota a diesel actual sea retroadaptada con sistemas de control de emisiones a un costo razonable. Ello requerirá la disponibilidad de diesel con un contenido de azufre menor a 30 ppm.

Beneficios: Esta medida permitirá la introducción de tecnologías avanzadas, para abatir emisiones de óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas, aplicables a las nuevas generaciones de vehículos y a las unidades que se encuentran en circulación. Adicionalmente, la reducción de azufre en el diesel contribuirá a una reducción a las emisiones de bióxido de azufre, lo cual significará a su vez, una reducción adicional de la concentración de partículas en la atmósfera, al mejoramiento de la visibilidad y de las emisiones de los precursores de la lluvia ácida.

Por otra parte, la modernización de la flota vehicular a diesel facilitará los requerimientos de circulación de los vehículos mexicanos dentro de los territorios de América del Norte, conforme al TLC y con los acuerdos específicos vigentes.

Costo: El costo, que implicaría esta medida, sería del orden de 1,500 millones de dólares para producir y suministrar, a nivel nacional un diesel con un contenido menor o igual a 30 ppm de azufre.

Instrumentación: En forma simultánea a la actualización de los límites de emisión para los vehículos nuevos a diesel, el Subcomité de Normalización presidido por la SEMARNAT, actualizará las especificaciones del diesel establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994. En esta revisión participarán, además de las autoridades ambientales federales y locales, la SENER, PEMEX, SCT y la ANPACT. La aplicación de las especificaciones que se definan deberá ser homogénea en todo el país para evitar dañar los sistemas de control de emisiones de las unidades en circulación.



Por su parte, la SHCP deberá garantizar el presupuesto necesario para que PEMEX realice la inversión requerida para esta medida.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Revisión y actualización de la NOM-086-ECOL-1994						
Preparación, aplicación y vigilancia de la norma						

Actores involucrados: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Comisión Ambiental Metropolitana, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones.

#### **14. ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN DE VEHÍCULOS A DIESEL A NIVEL FEDERAL Y HOMOLOGACIÓN CON LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y CANADÁ.**

Objetivos: Reducir las emisiones de los vehículos a diesel en circulación a través de la actualización de los límites de emisión, del procedimiento de verificación y de los mecanismos de aseguramiento de calidad.

Justificación: Los vehículos a diesel en circulación constituyen una de las principales fuentes de contaminación del aire generada por el transporte. La inspección de emisiones contaminantes para vehículos diesel en México se basa en la norma oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1996, que establece los niveles máximos de opacidad de humo proveniente del escape para estos vehículos. Asimismo, el método de prueba y el equipo a utilizar para determinar la opacidad se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-077-ECOL-1995, que establece la aceleración libre como método de prueba utilizando equipos de flujo parcial, la cual no representa una condición de operación real del motor. Lo anterior se debe a que el procedimiento de prueba que se aplica en ralentí o con poca carga, normalmente presenta niveles de humo muy bajos de manera que no se puede diferenciar un vehículo limpio a otro con mayores emisiones. En este caso, la aceleración libre utiliza la inercia del motor para simular una carga, para lo cual, es indispensable acelerar rápidamente de ralentí al corte del gobernador.

Beneficios: Los beneficios en términos de reducción de contaminación son principalmente en material particulado y en hidrocarburos, además en menor grado los NOx y CO, incluyendo el CO<sub>2</sub> por la mejora en la eficiencia energética reflejada en la disminución del consumo de diesel.

Los principales beneficios de esta medida, al contar con un parque vehicular con mejores condiciones mecánicas, son el ahorro de combustible, que puede ser entre un 5% y 10%, y en la reducción de emisiones, principalmente de partículas. Un beneficio adicional se obtiene por el hecho de que las unidades reciben un mantenimiento periódico.

Costo: Esta medida no cambia el costo de la inspección, aunque lo hace sobre el costo de mantenimiento por encontrarse más unidades fuera del rango y requerir de un mantenimiento o reparación adicional. Asimismo, por falta de datos sobre el número de vehículos que no aprobarán utilizando el nuevo procedimiento, en este momento no se puede calcular el costo marginal asociado con el cambio en la normatividad.

Instrumentación: El Subcomité de Normalización presidido por la SEMARNAT actualizará la NOM-077-ECOL-1995, en coordinación con la SCT y los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México; asimismo revisará y actualizará la NOM-045-ECOL-1996. Con la NOM-077-ECOL-1995 se actualizará el procedimiento de medición para mejorar la eficiencia de las unidades motrices. En la actualización de la NOM-045-ECOL-1996 se revisarán los límites de emisión y los contaminantes. Entre otros aspectos se evaluará la conveniencia de incluir la revisión del sello de la bomba de inyección como parte de la prueba de revisión visual, lo cual sería una condición para aprobar la verificación conforme a los criterios que se establezcan en la propia norma.

La SCT en coordinación con la Secretaría de Economía, a través de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), emitirá en el primer semestre del año 2002 una convocatoria para la instalación de unidades de verificación de las condiciones físico-mecánicas de los vehículos a diesel que sustituirán a los centros actuales. En dichas unidades de verificación se llevará a cabo una revisión técnica integral de la unidad, además de la evaluación de las emisiones de

gases contaminantes que emiten los vehículos a diesel. Con esta convocatoria se dará cumplimiento al *Convenio de Coordinación de Acciones para la Homologación de Sistemas de Unidades de Verificación* autorizados por la SCT, con los verificentros que operan en el Estado de México y en el Distrito Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 1998.

La verificación de emisiones se efectuará de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes (NOM-077-ECOL-1995 y NOM-045-ECOL-1996), y la verificación de las condiciones físico mecánica de las unidades, se revisará con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-068-SCT-2-2000, "Transporte terrestre - Servicio de autotransporte federal de pasaje, turismo, carga y transporte privado - condiciones físico - mecánicas y de seguridad para la operación en caminos y puentes de jurisdicción federal", que tiene por objeto establecer las tolerancias máximas de desgaste de los diferentes componentes mecánicos de la unidad y para limitar el tránsito de los vehículos cuando presentan fallas mecánicas que representen un riesgo para la seguridad operacional en las carreteras federales.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Conclusión de los trabajos de actualización de la NOM-077-ECOL-1995						
Conclusión de los trabajos de actualización de la NOM-045-ECOL-1996						
Instalación de unidades de verificación de vehículos a diesel						
Operación de las nuevas unidades de verificación						

Actores involucrados: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Economía, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y la Entidad Mexicana de Acreditación.

## 15. INSTRUMENTAR UN PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE MOTORES Y TRENES MOTRICES DE VEHÍCULOS A DIESEL Y/O RETROADAPTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES.

**Objetivo:** Reducir las emisiones de la flota vehicular a diesel mediante la incorporación de sistemas de control de emisiones a los vehículos en circulación y/o la sustitución de motores y trenes motrices.

**Justificación:** En la ZMVM existen diversas generaciones de vehículos a diesel que presentan diferentes niveles de tecnología y de emisión de contaminantes. Actualmente se encuentran en circulación vehículos que no cuentan con sistemas de control de emisiones y que no fueron diseñados bajo criterios de eficiencia energética; estas unidades corresponden a los estratos de mayor edad de la flota vehicular (vehículos año modelo 1990 y anteriores). Una alternativa técnica y económicamente factible consiste en actualizar los motores diesel y con ello lograr una importante reducción de emisiones. Con dichas adecuaciones se pueden alcanzar los niveles establecidos en la Norma EPA-94. Otra alternativa es la posibilidad de retroadaptar trampas de partículas en los vehículos en circulación, lo cual dependerá de la disponibilidad de diesel con un contenido de azufre de 15 ppm.

**Beneficio:** Con esta medida se pueden alcanzar niveles establecidos en la norma EPA-94, aunque será necesario hacer más económica la sustitución de motores y trenes motrices, así como la retroadaptación de sistemas de control de emisiones, pues, por su alto costo, resulta más atractiva la inversión en un vehículo nuevo.

**Instrumentación:** En una primera etapa la CAM diseñará y pondrá en marcha proyectos demostrativos a fin de evaluar la viabilidad técnica y económica del cambio de motores y trenes motrices y la retroadaptación de sistemas de control de emisiones. En estos proyectos demostrativos participarán la ANPACT y los fabricantes de los sistemas de control de emisiones. Los resultados de estos proyectos serán utilizados para definir, en su caso, las bases para una aplicación masiva de dichas alternativas en la ZMVM.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Diseño e instrumentación de proyectos demostrativos						
Establecimiento de bases para la aplicación masiva						
Inicio del programa						

**Actores involucrados:** Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México, Asociación Nacional de Productores de Autobuses Camiones y Tractocamiones, Particulares y Empresas fabricantes de equipos de control de emisiones.

## 16. REVISIÓN Y REFORZAMIENTO DEL PROGRAMA DE AUTORREGULACIÓN DE VEHÍCULOS A DIESEL.

**Objetivo:** Promover la autorregulación de los vehículos diesel tanto de placas federales como locales para el aseguramiento de bajos niveles de emisión de contaminantes generados por estos vehículos.

**Justificación:** El programa de autorregulación actual permite que los vehículos de diesel operen con niveles de emisión 40% por debajo de lo establecido en la NOM-045-ECOL-1996, a cambio de exentar a los vehículos del *Programa Hoy No Circula*. A pesar de los beneficios de la autorregulación actualmente sólo hay 3,700 unidades autorreguladas de un total de 35 mil vehículos matriculados en el ZMVM y 145 mil que circulan con placa federal, situación por la cual es recomendable fomentar la ampliación del programa.

**Beneficio:** La difusión y ampliación del programa estimulará que vehículos con placas federales adopten el esquema con posibilidad de quedar exentos del *Programa Hoy No Circula*, con lo cual se motivará una reducción en la emisión de partículas provenientes de estos vehículos.

Adicionalmente, con la aplicación de esta medida, se disminuye el costo por unidad propiciando un mejor mantenimiento, lo cual permite ahorrar combustible del orden del 5% al 10%.

**Instrumentación:** Los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México deberán actualizar el *Programa de Autorregulación en Vehículos a Diesel*, a través de cambios en las exigencias establecidas dentro de dicho programa para hacerlo más atractivo y reactivarlo en el sector transporte.

Para aplicar esta medida es suficiente con determinar qué nivel por debajo de la norma se exigiría (actualmente, es el 40% por debajo de la norma) y dejar que el empresario o propietario del vehículo elija el método que más le convenga para alcanzar estos niveles; ya sea con sólo hacer un mantenimiento o instalando una trampa de partículas, un convertidor catalítico u otro equipo. Además se deberán revisar los requisitos que exige el programa indicando el costo-beneficio que se obtiene.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Actualización y reforzamiento del Programa de Autorregulación en Vehículos a Diesel						
Aplicación del Programa de Autorregulación actualizado						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y Particulares.

## **17. DISEÑO, EVALUACIÓN Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTOS PILOTO DEMOSTRATIVOS.**

Objetivo: Evaluar el desempeño en condiciones reales de operación de los vehículos en circulación con tecnologías opcionales en el control de emisiones de contaminantes para la ZMVM.

Justificación: Dado el continuo desarrollo de nuevas tecnologías vehiculares que reducen la emisión de contaminantes, es necesario contar con metodologías de evaluación de su desempeño en las condiciones de la ZMVM.

Dentro de las tecnologías que se evaluarán en los próximos años están:

### AUTOBUSES HÍBRIDOS.

Un vehículo híbrido utiliza para su propulsión una combinación de 2 sistemas, con fuentes de energía diferentes, siendo las más comunes aquellos que combinan la electricidad con gasolina, diesel o gas.

Considerando que es necesario crear medidas que desalienten el uso de los vehículos particulares y aumentar la oferta del transporte público de gran capacidad, que pueda transportar un mayor número de personas con una emisión de contaminantes menor, una de las posibles alternativas son los vehículos híbridos.

Un estudio realizado para la Ciudad de México indica la conveniencia de utilizar vehículos del tipo diesel - eléctrico. A partir de este resultado se iniciará un programa piloto en el corredor que cubrirá el tramo de la avenida Insurgentes comprendido entre el Metro Indios Verdes y San Pedro Mártir. Dicho programa tendrá una duración de 5 años.

### GAS NATURAL COMPRIMIDO (AUTOBUSES Y MICROBUSES).

El inicio del uso de este combustible en vehículos se realiza en el sector transporte de pasajeros: en el año 2001 se convirtieron 900 microbuses que utilizan GNC y se adquirirán entre 50 y 150 autobuses bicomcombustible que prestarán servicio público de pasajeros. Asimismo, se ampliarán a cuatro las estaciones de servicio que suministrarán este combustible en la ZMVM para el año 2002. En el mediano plazo, y de acuerdo con los incentivos que se logren generar para el uso voluntario de GNC, se iniciará el programa con otros sectores del transporte en el Valle de México, como son: taxis, flotillas industriales o unidades de servicio.

### AUTOBUSES DE CELDAS DE COMBUSTIBLE.

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que genera electricidad y calor combinando hidrógeno y oxígeno sin ninguna combustión.

Las celdas de combustible están compuestas por dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrolito. Como en las baterías, las celdas de combustible se agrupan en pilas para obtener un voltaje aceptable así como potencia de salida.

Los problemas de contaminación ambiental así como de la futura crisis energética mundial, hace necesario el ahorro de energía y para satisfacer esta necesidad, en años recientes se han venido desarrollando vehículos propulsados por motores eléctricos, los cuales son accionados con la energía que suministra las celdas de combustible, aunque actualmente resulta muy costosa esta tecnología, se piensa que en el futuro disminuirá su costo al incrementarse la demanda.

**Beneficios:** Un vehículo híbrido puede emitir hasta 96% menos contaminantes (HC, CO, NOx, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>) que un microbús a gasolina.

Los motores que utilizan GNC reducen, comparativamente con respecto a la gasolina, hasta un 90% sus emisiones de CO y de HC, 40% de NOx y elimina las emisiones de SO<sub>2</sub>; las emisiones de vehículos a GNC presentan un potencial para formar ozono 80% menor a sus similares a gasolina.

Cabe mencionar que los vehículos que utilizan celdas de combustible son considerados como de "emisión cero", ya que durante la producción de electricidad el único subproducto es agua.

**Costo:** En el programa piloto de autobuses híbridos se utilizarán 20 vehículos híbridos con un costo que podría variar entre 195 mil y 475 mil dólares, dependiendo del modelo de autobús.

**Instrumentación:** La Secretaría de Transporte y Vialidad determinará un corredor en el cual puedan circular unidades de transporte con diferentes tecnologías o combustibles para evaluar su eficiencia.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007 - 2010
Estudio y análisis de un corredor para vehículos con diferentes tecnologías dentro del Distrito Federal						
Determinación del corredor ecológico en el DF						
Prueba piloto de vehículos con diferentes tecnologías de menor emisión de contaminantes						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Red de Transporte de Pasajeros y Servicio de Transportes Eléctricos.

## **18. EXPANSIÓN DE LA RED DE ESTACIONES DE RECARGA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).**

Objetivo: Incrementar la infraestructura para la recarga de gas natural comprimido en la ZMVM, con la finalidad de satisfacer la demanda de la flota vehicular que utiliza este combustible.

Justificación: Comparado con otros combustibles, el uso de GNC en conjunto con la tecnología indicada produce mayores beneficios ambientales a la sociedad. La Prospectiva de Gas Natural 2000-2010 emitida por la Secretaría de Energía, incorpora una estimación de la demanda futura de este combustible, así como el avance en el desarrollo de nuevas redes de distribución. Con ello, el mercado de GNC estará en posibilidades de alcanzar mayor penetración para brindar a los usuarios una opción diferente a otros combustibles líquidos.

Entre los factores que han restringido el desarrollo de este mercado destaca la falta de infraestructura en la distribución de gas natural, lo cual ha limitado el establecimiento de estaciones de distribución. En la actualidad, solamente existen 2 estaciones de recarga en el Valle de México.

En los próximos años se esperan nuevas inversiones privadas para establecer estaciones dedicadas al abasto de GNC. No obstante, la experiencia ha mostrado que el desarrollo de esta infraestructura puede ser muy lenta debido a las restricciones en terrenos disponibles, uso del suelo, etc. Por ello, una alternativa para aumentar el ritmo de instalación del número de estaciones de recarga consiste en autorizar que en algunas de las estaciones de servicio se distribuya tanto gasolina como gas natural comprimido. La identificación de las estaciones donde podría abastecerse ambos combustibles requiere de la realización de un estudio que considere los requerimientos de seguridad correspondientes.

Para ello, la Comisión Reguladora de Energía ha emitido una norma oficial mexicana que regula la instalación, operación, seguridad y funcionamiento de este tipo de estaciones de recarga.

Beneficios: Con la aplicación de esta medida se busca aumentar la oferta de estaciones distribuidoras de gas natural comprimido para cubrir la demanda que se generará en los próximos años y de esta forma incrementar el número de vehículos que utilizan este combustible, los cuales presentan importantes reducciones en las emisiones comparados con aquellos que utilizan gasolina como combustible.

Costo: Este programa se apoyará en inversión 100% privada.

Instrumentación: La Comisión Reguladora de Energía y el Gobierno del Distrito Federal localizarán y revisarán las estaciones de servicio susceptibles de abastecer tanto gasolina como gas natural. El Gobierno del Estado de México impulsará su programa para el uso de gas natural comprimido en vehículos de transporte público de pasajeros, así como la instalación de estaciones de suministro.

La instalación y operación de las estaciones distribuidoras de GNC en la ZMVM estará a cargo de empresas privadas, las cuales estiman que tendrán hasta 15 estaciones operando en la zona metropolitana dentro de los siguientes 10 años, con lo cual se espera satisfacer la demanda calculada para los próximos años.



**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Búsqueda de esquemas adecuados para la distribución de GNC* en la ZMVM						
Análisis y determinación de los sitios en donde se instalarán las estaciones de distribución de GNC.						
Instalación y operación de nuevas estaciones distribuidoras de GNC en la ZMVM						

\*GNC - Gas Natural Comprimido

Actores involucrados: Secretaría de Energía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías de Medio Ambiente y de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Desarrollo Metropolitano, Desarrollo Urbano y Obras Públicas y Ecología del Gobierno del Estado de México, Comisión Reguladora de Energía y distribuidores de gas natural comprimido.

## **19. INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

Objetivo: Disminuir las emisiones de contaminantes provenientes de los vehículos en circulación en la ZMVM con la introducción de vehículos de emisión cero.

Justificación: La introducción de vehículos eléctricos al sistema de transporte público resulta factible en taxis y autobuses, particularmente si éstos incorporan baterías de alto rendimiento, que incrementan la autonomía de los vehículos. Dicha innovación vehicular se llevará a cabo en 2 etapas.

En una primera etapa se llevarán a cabo proyectos piloto para reforzar el conocimiento local del desempeño de la tecnología, la transferencia de la misma, su adaptación a los requerimientos de la ZMVM y para despertar el interés de la ciudadanía. También se preparará el escenario para la introducción gradual de taxis y autobuses eléctricos en la ZMVM, incluyendo estudios de logística, factibilidad, plan de negocios, gestiones ante agencias de financiamiento (GEF, NAFIN) y negociación con proveedores de la tecnología, usuarios e inversionistas potenciales.

En una segunda etapa se introducirán taxis y autobuses eléctricos en zonas y rutas específicas de la ZMVM (identificadas como resultado de los estudios realizados durante la primera etapa) implicará la participación de la iniciativa privada y agencias de financiamiento para implementar el esquema de operación de los vehículos (también desarrollado durante la primera etapa), establecer la infraestructura de producción de vehículos y componentes, así como la infraestructura para el reabastecimiento eléctrico, las reparaciones y el mantenimiento.

Beneficios: Reducción de emisiones de contaminantes de efecto local, al mismo tiempo que se reduce la emisión de gases de efecto invernadero.

Costo: La totalidad de esta inversión se realizará con financiamiento privado.

Instrumentación: Los integrantes de la CAM instrumentarán un *Programa para la Introducción de Vehículos Eléctricos*, a través del cual se establecerán medidas para promover la investigación y el desarrollo de vehículos eléctricos, el establecimiento de normas de emisión más estrictas que promuevan la introducción de vehículos de "emisiones cero" y la aplicación de los incentivos que fomenten la introducción de dichos vehículos.

En una primera etapa, la CAM se coordinará con las instituciones de fomento para diseñar e instrumentar proyectos demostrativos para la introducción de taxis y autobuses eléctricos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Entre otros organismos se encuentran el Instituto de Ingeniería de la UNAM y los fabricantes nacionales de vehículos eléctricos y desarrolladores de baterías, incentivando la participación del sector empresarial.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Diseño del Programa para la Introducción de Vehículos Eléctricos						
Instrumentación del programa y los proyectos demostrativos						

*Actores involucrados:* Secretaría de Energía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Comisión Federal de Electricidad, Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Nacional Financiera, Universidad Nacional Autónoma de México y fabricantes.

## 20. ESTABLECIMIENTO DE CORREDORES DE TRANSPORTE.

**Objetivo:** Promover la substitución intermodal en el sector transporte hacia el uso eficiente del sistema masivo de transporte publico, a través de la organización de corredores exclusivos de autobuses urbanos que permitan una integración ágil y eficiente del sistema metro con zonas periféricas, y que sean usuarias de otros modos de transporte.

**Justificación:** El sector transporte en la ZMVM es la principal fuente de contaminantes criterio y de precursores de ozono y partículas de origen antropogénico. Dentro del sector transporte, el uso de sistemas masivos como el metro, están asociados con las menores emisiones de contaminantes por pasajero-kilómetro. Sin embargo, el sistema metro en la zona metropolitana ha perdido pasajeros continuamente durante los diez años recientes como consecuencia de limitaciones en el acceso a estaciones y problemas de imagen. Igualmente, con el crecimiento de la zona metropolitana, muchas áreas suburbanas, de alta densidad de población, no tienen acceso al metro y sus pobladores optan por modos de transporte, que les den comunicación directa a las zonas de empleo, como el micro-bus y autos particulares, pero que resultan más contaminantes y contribuyen al congestionamiento de las vías de acceso. Otros sistemas de transporte masivo, como autobuses de alta capacidad, también han perdido mercado de pasajeros, contribuyendo al aumento de congestión y emisión de contaminantes.

Con el Banco Mundial se ha venido diseñando un proyecto de corredores de transporte que incluye tres componentes:

- a) Mejoramiento de las características del transporte de pasajeros.
- b) Racionalización del transporte de carga.
- c) Mejoramiento de las condiciones del espacio vial (priorizando el transporte público y los peatones).

**Beneficios:** La integración de corredores urbanos con el sistema metro resultará en aumentos en el uso de dicho transporte colectivo. La reorganización del transporte en los corredores resultará en mejoras en el gerenciamiento del sistema y llevaría a mayores rendimientos financieros y más estricto cumplimiento de normas ambientales y otras disposiciones legales.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La selección de los corredores de transporte será hecha a partir del resultado de estudios de eficiencia económica y ambiental de diferentes opciones para la implementación de corredores obedeciendo a criterios de impacto social.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Definición de criterios para corredores de transporte						
Selección de corredores						
Implantación del programa						

**Actores involucrados:** Secretarías de Transporte y Vialidad y del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Comunicaciones y Transportes, Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad y la Comisión Ambiental Metropolitana.

## 21. ELIMINACIÓN DE VEHÍCULOS CONTAMINANTES DE MAYOR EDAD DE USO PRIVADO.

*Objetivo:* Acelerar la renovación del parque vehicular registrado en el Distrito Federal, así como el retiro de los vehículos altamente contaminantes, de mayor edad, de uso privado.

*Justificación:* Dentro de la ZMVM, los vehículos de uso privado son los principales generadores de contaminantes atmosféricos. Existen diversos modelos de vehículos que presentan diferentes niveles de tecnología y de emisión de contaminantes. Actualmente se encuentran en circulación vehículos que no cuentan con sistemas de control de emisiones y que no fueron diseñados bajo criterios de eficiencia energética, que son los que corresponden a los estratos de mayor edad de la flota vehicular (los vehículos año modelo 1990 y anteriores corresponden al 52% de la flota vehicular).

Por otra parte, dentro del parque vehicular que cuenta con sistemas de control de emisiones, se tienen a los vehículos correspondientes a los años 1991 y 1992, que incorporaron en su mayoría convertidor catalítico de dos vías y los vehículos 1993 y posteriores con convertidor catalítico de tres vías.

De continuar las tendencias actuales, en el año 2010 se tendrán en circulación 2.8 millones de vehículos 1992 y anteriores. Es por esto, que el Gobierno del Distrito Federal plantea la sustitución de los vehículos del parque vehicular de mayor edad en forma gradual a partir del año 2003 y hasta el año 2010.

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los autos particulares emitieron 47,380 ton/año de NO<sub>x</sub>; 81,705 ton/año de HC; 822,277 ton/año de CO y 701 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, son de 66,307 ton/año de NO<sub>x</sub>; 115,231 ton/año de HC; 1,197,958 ton/año de CO y 1,278 ton/año de PM<sub>10</sub>.

*Beneficios:* La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de autos particulares del Distrito Federal al año 2010 será de 5,234 ton/año de NO<sub>x</sub>; 8,323 ton/año de HC; 102,267 ton/año de CO y 155 ton/año de PM<sub>10</sub>.

*Costo:* El costo total de esta medida se estima en 4 mil millones de dólares, los cuales serán financiados en su totalidad por el sector privado.

*Instrumentación:* El Gobierno del Distrito Federal buscará los mecanismos económicos para impulsar esta medida, uno de los cuales puede basarse en el mecanismo de compensación indirecta de emisiones para exentar a la industria del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

En este programa se propone un retiro de vehículos del 4% anual, adicional al 3% que se da de manera natural en la ZMVM.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006-2010</b>
Concertar opciones de financiamiento					
Consensuar con propietarios de autos viejos particulares, la sustitución de unidades					
Programa de financiamiento para la sustitución de vehículos viejos de uso privado					
Retiro y sustitución de vehículos de mayor edad					

Actores involucrados: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías de Transporte y Vialidad y de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, particulares.

## 22. RENOVACIÓN DE AUTOBUSES DE LA RED DE TRANSPORTE DE PASAJEROS (RTP) Y DEL SERVICIO DE TRANSPORTES ELÉCTRICOS (STE).

**Objetivo:** Garantizar que los vehículos que prestan el servicio público de transporte urbano en el Distrito Federal reúnan las características básicas de calidad, seguridad, economía y protección al ambiente para los usuarios.

**Justificación:** Los autobuses de la RTP y los autobuses articulados dependientes del STE, están constituidos en su mayoría por autobuses a diesel con varios años de servicio y por lo tanto son altamente emisores de contaminantes, por lo que el Gobierno del Distrito Federal renovará 1,029 unidades, lo cual constituye el total de la flota inicial de la RTP que contribuyen con más de 34,000 toneladas anuales de contaminantes a la atmósfera, a partir del año 2001 y hasta el 2004, por autobuses nuevos a diesel y a gas natural comprimido.

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los autobuses emitieron 11,640 ton/año de NOx; 3,853 ton/año de HC; 9,270 ton/año de CO y 1,174 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, son de 15,300 ton/año de NOx; 5,066 ton/año de HC; 12,193 ton/año de CO y 1,543 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Beneficios:** La reducción de emisiones estimada, con respecto a la línea base de autobuses al año 2010 será de 860 ton/año en NOx, 725 ton/año de CO, 348 ton/año de HC y 95 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Costo:** El costo total estimado para esta medida es de 124 millones de pesos, para la renovación de las unidades, en su totalidad esta inversión será cubierta por el Gobierno del Distrito Federal.

**Instrumentación:** Entre los años 2001 y 2004, 860 autobuses de la RTP serán substituidos por camiones a diesel y a gas natural comprimido, y 169 camiones articulados operados por el STE. Para la instrumentación de esta medida, se establecerá un calendario gradual de sustitución, iniciando por los autobuses de modelos anteriores a 1985. Los vehículos removidos por esta medida serán destruidos para evitar su reintroducción a la ZMVM.

Esta acción irá acompañada de la asignación de nuevas concesiones y del mejoramiento integral del servicio, con la finalidad de elevar la viabilidad financiera del sector.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006-2010
Concertar opciones de financiamiento						
Análisis y determinación de autobuses nuevos apropiados para la sustitución de los autobuses viejos						
Introducción con autobuses nuevos de la RTP						

**Actores involucrados:** Secretarías de Transporte y Vialidad y del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Red de Transporte de Pasajeros y Servicio de Transportes Eléctricos.

### 23. RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE TRANSPORTE DE CARGA LOCAL.

**Objetivo:** Garantizar que los vehículos que prestan el servicio de transporte de carga registrados en el Distrito Federal reúnan las características básicas de calidad, seguridad y ambientales.

**Justificación:** Dentro de la ZMVM los camiones de carga a gasolina representan una fuente importante de generación de contaminantes con mas de 251 mil toneladas al año, esto se debe a que la gran mayoría de los camiones de carga a gasolina (72.5%) corresponde a los años modelo 1992 y anteriores, por lo que es necesario renovar la flota vehicular para este tipo de vehículos y así contar con camiones que tengan sistemas de control de emisiones.

De acuerdo al inventario de emisiones 1998, los camiones de carga a gasolina emitieron 15,297 ton/año de NOx; 18,683 ton/año de HC; 216,865 ton/año de CO y 84 ton/año de PM<sub>10</sub>; mientras que las emisiones de este tipo de vehículos estimadas para el año 2010, son de 21,810 ton/año de NOx; 26,638 ton/año de HC; 309,197 ton/año de CO y 120 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Beneficios:** La reducción estimada de emisiones al año 2010 será de 6,131 ton/año en NOx, 5,728 ton/año de HC, 86,829 ton/año de CO y 24 ton/año de PM<sub>10</sub>.

**Costo:** El costo total de la medida será de 1,546 millones de dólares, de los cuales 274.4 millones de dólares serán financiados por el gobierno del Distrito Federal y el restante por el sector privado.

**Instrumentación:** El Gobierno del Distrito Federal diseñará los esquemas de financiamiento para fomentar la sustitución de camiones de carga de placa local obsoletos. Para lo cual se instrumentará un programa de retiro de camiones de carga de placa local, iniciando en el 2003 con el retiro de la circulación, para su posterior destrucción, del 4.4% del total de los camiones de carga a gasolina cada año hasta el año 2010.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006-2010
Concertar opciones de financiamiento					
Consensuar con propietarios de vehículos de carga la sustitución de unidades					
Integración del Programa de sustitución de camiones de carga					
Sustitución de camiones de carga					

**Actores involucrados:** Secretarías del Medio Ambiente y de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, Asociación Nacional de Productores Autobuses Camiones y Tractocamiones y Asociación de Camioneros de Transporte de Carga.



## 24. REGULACIÓN DEL HORARIO DE CIRCULACIÓN PARA LOS VEHÍCULOS DE CARGA.

**Objetivo:** Reducir las emisiones generadas por los vehículos de carga que circulan en el Distrito Federal.

**Justificación:** Diariamente circulan en la ZMVM alrededor de 3 millones de vehículos automotores. El 11% de ellos son vehículos de carga, algunos traen mercancías a la zona metropolitana mientras que otros solamente cruzan la ciudad y su destino final son otros estados de la República. Por sus dimensiones y su circulación dentro del área urbana, sobre todo en las horas pico, el transporte pesado de carga dificulta la circulación de los vehículos ligeros disminuyendo su velocidad, con lo cual se incrementa la generación de contaminantes.

Por las razones anteriores es necesario que las autoridades de Transporte y Vialidad en coordinación con las autoridades ambientales, Seguridad Pública y las propias de Desarrollo Económico acuerden en conjunto los horarios de circulación de los vehículos de carga.

**Beneficios:** Reducción de los niveles de emisión generados por el transporte de carga. En forma colateral agilizar el tránsito vehicular.

**Costo:** El costo de esta medida es absorbido por las autoridades locales.

**Instrumentación:** Las autoridades del Gobierno del Distrito Federal integrarán un grupo de trabajo interinstitucional a fin de elaborar un programa de horarios para la circulación de los vehículos de transporte de carga.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Integración de grupos de trabajo interinstitucionales							
Publicación de acuerdo por el cual se regulan los horarios de circulación de los vehículos de carga							
Aplicación de la medida							

**Actores involucrados:** Secretarías de Medio Ambiente, de Transporte y Vialidad, de Seguridad Pública, y de Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal.

## 25. EXPANSIÓN DEL METRO.

**Objetivo:** Generar una oferta de transportación rápida, eficiente, segura y no contaminante, acorde a la demanda futura esperada en la ZMVM.

**Justificación:** En los próximos 10 años, los viajes persona día se incrementarán en aproximadamente 8 millones de viajes adicionales, los cuales se distribuirán mayoritariamente en el Estado de México, debido al crecimiento poblacional esperado en esa entidad. Por este motivo es indispensable ampliar los sistemas de transporte masivos en toda la ZMVM para ofertar modos de transporte eficientes, seguros y menos contaminantes. En el mediano plazo se añadirán nuevas líneas o ampliaciones que se establecerán en los corredores de mayor demanda de viajes. En este sentido, el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros tiene proyectadas varias opciones de crecimiento de las redes mencionadas, las cuales deberán evaluarse para determinar que opción es prioritaria en su construcción. La operación de nuevas líneas del metro o tren ligero permitirá ofertar mayor número de viajes personas día.

**Beneficios:** Reducción de emisiones contaminantes suponiendo que la medida se llevará a su nivel máximo de aplicación y culminación al 2020.

### Reducción de contaminantes

(ton/año)				
HC	CO	NOx	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
2,841	9,375	7,074	91	352

FUENTE: Estrategia integral de transporte y calidad del aire para la Zona Metropolitana del Valle de México; Tomo 8, tabla 7.3

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La SETRAVI y el Sistema de Transporte Colectivo Metro, proponen dentro de su programa operativo la construcción de 32 km de Metro para el corto plazo que incluye la ampliación de las líneas 7, 8 y 9 y la construcción de la línea 12. En el mediano plazo la ampliación de las líneas 4 y 5 en 18 km y la construcción de la línea 13; y para el largo plazo 26 km de Metro y 52.6 km de nuevas líneas de metro de rodadura férrea para el periodo 2009-2020.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2009	2010-2020
Presentación del Plan de Expansión del Metro							
Ampliación de las líneas 7, 8 y 9 y construcción de la 12							
Ampliación de las líneas 4 y 5 y construcción de la 13							
Ampliación de 26 km y 52.6 km de rodadura férrea							

**Actores involucrados:** Secretaría de Transporte y Vialidad y Sistema de Transporte Colectivo Metro del Gobierno del Distrito Federal.

---

**26. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE TRENES SUBURBANOS.**

Objetivo: Maximizar el uso de la infraestructura y derechos de vía existentes en la red ferroviaria de la ZMVM para su uso en transporte urbano, suburbano y regional de pasajeros.

Justificación: Los habitantes de la ZMVM de la región norte, se desplazan hacia la región centro en unidades de baja capacidad, lo que ocasiona un elevado número de horas-hombre perdidas y fuertes externalidades negativas entre las que destacan la emisión de contaminantes a la atmósfera; por lo que debe contarse con un sistema de transporte masivo adecuado, sobre todo, tomando en cuenta el aumento de los viajes persona día debido al crecimiento poblacional mayoritariamente en el Estado de México durante los próximos 10 años.

La privatización de las operaciones en los Ferrocarriles Nacionales de México ofrece la oportunidad del aprovechamiento de la infraestructura ferroviaria del Valle de México (estaciones, vías, instalaciones, terrenos) para la instalación de un sistema de transporte masivo metropolitano mediante trenes suburbanos, que contribuya a satisfacer eficientemente la demanda de viajes en la ZMVM, entre la periferia y el centro de la ciudad de una manera fluida, sin necesidad de cortes y transbordos en los viajes entre el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México, y con toda la región limítrofe.

Beneficios: Reducción de emisiones contaminantes al 2020 de 2,140 ton/año de HC; 7,064 ton/año de CO; 5,330 ton/año de NO<sub>x</sub> ; 72 ton/año de SO<sub>2</sub> y 265 ton/año de PM<sub>10</sub>.

Costo: Se estima que la inversión para el tren suburbano es de 15 millones de dólares por km de línea incluyendo el material rodante.

Instrumentación: Se impulsará la participación de la iniciativa privada en la construcción de líneas de tren suburbano en el Distrito Federal y en el Estado de México, al mismo tiempo que se definirán esquemas de inversión conjunta con los gobiernos locales y de nivel federal; la inversión en infraestructura podría cubrirse con recursos públicos, y los costos de operación con recursos privados.

También se podrá considerar la posibilidad de generar recursos adicionales mediante la creación de desarrollo de inmobiliarios asociados a las líneas de la red, que además de incrementar la viabilidad financiera de los proyectos, permita orientar el crecimiento espacial de la ZMVM.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Impulsar la participación de la IP* en la construcción de líneas de tren suburbano en el Distrito Federal y el Estado de México						
Definir esquemas de inversión conjunta con los gobiernos locales y/o federal						
Establecimiento de red de trenes suburbanos						

\*IP - Iniciativa Privada

Actores involucrados: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Secretaría de Desarrollo Metropolitano del Gobierno del Estado de México y la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad.

## 27. AMPLIACIÓN DE LA RED DE TROLEBUSES Y TREN LIGERO.

**Objetivo:** Incrementar la oferta de una transportación rápida, eficiente, segura, no contaminante y alterna a los servicios de transporte tradicionales.

**Justificación:** Considerado este tipo de transporte como uno de los servicios más eficientes, debido a su capacidad y a su vida útil (de 2 a 3 veces mayor que la de los vehículos de combustión interna) y sobre todo a la reducida contaminación que producen, merece ser considerada la expansión de la red de trolebuses, así como la rehabilitación de las vías existentes. Esta expansión puede ser altamente efectiva donde la densidad de viajes es mayor y las condiciones de la vialidad propician el aumento de emisiones de contaminantes de los vehículos automotores.

**Beneficios:** Reducción de emisiones contaminantes al 2020, de acuerdo al siguiente cuadro.

**Reducción de Contaminantes  
(ton/año)**

Tipo	HC	CO	NOx	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
Trolebuses	16,690	56,644	41,098	538	1,961
Tren ligero	1,864	6,186	4,631	60	228
<b>Total</b>	<b>18,554</b>	<b>62,830</b>	<b>45,729</b>	<b>598</b>	<b>2,189</b>

Fuente: Estrategia integral de transporte y calidad del aire para la Zona Metropolitana del Valle de México; Tomo 8, tabla 7.3

**Costo:** El costo aproximado de inversión de la medida se estima en 14,164 millones de pesos.

**Instrumentación:** Para la aplicación de la medida en cuestión se prepararán los programas de acción para obtener los beneficios al sistema de transporte y la reducción de emisiones que se obtendría con la aplicación de la estrategia, así como los montos de inversión requeridos.

**Programa de acción 1998 - 2020 para cubrir un umbral de  
426 km para el trolebús y 74 km para el tren ligero.**

1998 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020
40	386	-----
-	30	44

Fuente: Estrategia integral de transporte y calidad del aire para la Zona Metropolitana del Valle de México; Tomo 8, tabla 7.6

Los pasos a seguir serán:

a) Precisar los mecanismos para incrementar la inversión privada en el sistema; puede considerarse la posibilidad de inversiones conjuntas con fondos gubernamentales, b) consolidar corredores de transporte atendidos por trolebuses, mejorando las condiciones operativas de la vialidad, c) definir los términos para la competencia del trolebús con otros modos de superficie, evitando en lo posible la sobreposición de rutas, d) adaptar y/o construir carriles exclusivos para la operación del trolebús.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Estudio de redistribución de rutas						
Consolidar corredores de transporte atendidos por trolebuses y tren ligero, mejorando las condiciones operativas de la vialidad						
Adaptar y/o construir carriles exclusivos para la operación del trolebús y tren ligero						

Actores involucrados: Secretaría de Transporte y Vialidad y el Sistema de Transportes Eléctricos del Gobierno del Distrito Federal.

**28. LOCALIZACIÓN DE TAXIS EN BASES.**

Objetivo: Reducir el recorrido promedio de los taxis libres y por lo tanto la contaminación ambiental.

Justificación: En el caso del Estado de México los taxis autorizados operan en bases fijas y en el Distrito Federal sólo el 10% cuentan con ellas. Esto implica que más de 100 mil taxis se mantienen en circulación continua, lo que representa el 30% de los kilómetros que recorre todo el parque vehicular de la ZMVM compuesto por más de 3 millones de unidades.

Beneficios: Reducción de emisiones contaminantes, además de aumentar la seguridad de los usuarios en este modo de transporte. La reducción de la emisión de contaminantes será de: 469 ton/año de HC, 6,048 ton/año de CO, 115 ton/año de NO<sub>x</sub> y 12 ton/año de SO<sub>2</sub>.

Costo: El costo aproximado de la medida se estima en 130 millones de pesos.

Instrumentación: Para la aplicación de esta medida el Instituto del Taxi proyecta la instalación de 2,500 bases distribuidas en la Ciudad de México, así como establecer normas para la operación de las bases y la infraestructura requerida, concertar con representantes de los servicios la incorporación de las unidades a las bases, y sus condiciones de operación, identificar tramos de la red vial donde sea factible ubicar las bases, y aplicar las acciones necesarias para evitar su invasión por otro tipo de vehículos, y por último, estimar la capacidad de las bases y la cantidad de taxis que podrían hacer uso de ellas.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Diseño del Programa						
Instrumentación del Programa						

Actores involucrados: Secretaría de Transporte y Vialidad y el Instituto del Taxi del Gobierno del Distrito Federal.

## 29. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE VOLÚMENES Y MOVILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Determinar las condiciones en que se encuentran la oferta y la demanda de los servicios de transporte público en la ZMVM para modernizar el servicio.

**Justificación:** Dado el crecimiento de la población en la ZMVM, es prioritario para fortalecer la planeación integral del transporte público de pasajeros, contar con la información necesaria, actualizada y sistematizada que permita conocer principalmente los volúmenes y movilidad para dimensionar los derroteros del transporte público, la ubicación de sitios de taxis mediante la oferta y demanda, así como la reestructuración de rutas de transporte público para alimentar las estaciones del Metro que se encuentran ubicadas dentro de la entidad.

**Beneficios:** Contar con datos actualizados para la planeación integral del transporte. Principalmente en lo que respecta al balance entre la oferta y la demanda de transporte público de pasajeros, mejorar la calidad del servicio, optimizar el número de derroteros y disminuir los niveles de emisiones contaminantes.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, en coordinación con instituciones académicas y universidades, en el corto y mediano plazo llevará a cabo estudios referentes a volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros. Para complementar esta medida se requiere conocer las tendencias del desarrollo urbano, particularmente, el de los municipios conurbados de la ZMVM, por lo que este tema deberá considerarse dentro de los estudios propuestos.

Se mantendrá una estrecha coordinación entre las diferentes instancias de los gobiernos locales, para elaborar los instrumentos normativos necesarios en donde se plasmarán las normas, lineamientos y otros preceptos jurídicos necesarios.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Formación del grupo interinstitucional						
Estudios de volúmenes y movilidad						
Diseño de políticas de transporte público de pasajeros						

**Actores involucrados:** Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de México, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Politécnico Nacional-UPIICSA.



### 30. FOMENTO DEL USO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN VEHÍCULOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.

**Objetivo:** Impulsar la instalación de sistemas de combustión a gas natural comprimido (GNC) y gas licuado de petróleo (GLP) en los vehículos de transporte público de pasajeros, verificando que se realicen con apego a las Normas Oficiales Mexicanas en vigor.

**Justificación:** A partir de 1998 el Gobierno del Estado de México inició un programa para alentar la conversión de unidades de transporte público a sistemas de combustión de GNC que incluye, entre otros aspectos, el otorgamiento de estímulos fiscales; no obstante, a la fecha se cuenta solo con 250 unidades convertidas de un universo de 500 consideradas en su primera fase.

En el mediano plazo se buscará incrementar el número de conversiones, por lo que se continuará impulsando la incorporación del uso de este combustible en vehículos de uso intensivo, particularmente, en las unidades del servicio de transporte público de pasajeros, principalmente en las regiones de Naucalpan y Ecatepec; debido a que en la primera, ya se cuenta con una estación de abastecimiento operando, mientras en la segunda se prevé la construcción de otra estación en el mediano plazo.

Asimismo, se promoverá un programa de conversión de las unidades de transporte público al sistema de carburación a GLP con equipos certificados y bajo una estricta supervisión de la operación a través del *Programa de Verificación Vehicular Obligatoria*; que incluirá la verificación de aquellos vehículos que operan actualmente con este combustible, para asegurar que sus conversiones se hayan realizado observando lo dispuesto en las Normas Oficiales Mexicanas emitidas al respecto.

**Beneficio:** Por cada vehículo convertido a gas natural se reduce la emisión de CO en 99%, de HC en 87% y de NO<sub>x</sub> en 37%.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** El Gobierno del Estado de México realizará promociones consistentes en reuniones con las organizaciones de transportistas para dar a conocer, a detalle, las ventajas del GNC. Asimismo, buscará mecanismos de financiamiento y otorgamiento de beneficios fiscales. En el caso de la conversión de las unidades de transporte público a GLP, se emitirá un acuerdo por el cual se verifiquen dichas conversiones para asegurar su óptimo funcionamiento.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Búsqueda de esquemas de financiamiento						
Diseño de un programa de incentivos fiscales						
Instrumentación del programa						

**Actores involucrados:** Secretarías de Comunicaciones y Transportes, Desarrollo Metropolitano, Finanzas y Planeación y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, organizaciones de transportistas, distribuidores de gas natural y de gas L.P.

### 31. IMPLANTACIÓN DEL REGISTRO ESTATAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO.

**Objetivo:** Crear un organismo público que contará con una base de datos confiable del transporte público concesionado en la entidad, para registrar, controlar y certificar el ejercicio y operación de las concesiones otorgadas por el Gobierno del Estado de México.

**Justificación:** La implementación del Registro Estatal del Transporte Público permitirá contar con información amplia y suficiente, susceptible de consulta entre diferentes dependencias del Gobierno Estatal y particulares para ejercer un mejor control del transporte público y fortalecer la planeación del mismo basada en información confiable.

**Beneficios:** La información generada en el Registro Público de Transporte, será de importancia en la elaboración del inventario de emisiones a la atmósfera de este sector, lo que permitirá tener mayor certidumbre en su cuantificación. Asimismo, permitirá un mejor nivel de servicio y asegurará el cumplimiento de la normatividad del transporte público.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La Secretaría General de Gobierno del Estado de México transferirá las funciones de la Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito, que se requieren para operar el Registro Estatal del Transporte Público a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. La SCT a través del Registro Estatal del Transporte Público, ejercerá en el mediano plazo dichas funciones.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2010
Transferencia de funciones						
Instrumentación del programa						

**Actores involucrados:** Secretarías General de Gobierno, Desarrollo Metropolitano de Comunicaciones y Transportes, de Ecología y de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado de México.

## **32. PROGRAMA INTEGRAL PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO DE CARGA.**

Objetivo: Estructurar y diseñar un programa para optimizar la estructura y operación del transporte de carga en general en la ZMVM.

Justificación: Por las necesidades y actividades de la población, existe una gran demanda de insumos y productos que son distribuidos a través de vehículos de transporte de carga, los cuales manejan un importante volumen de toneladas por habitante al año, ocupando el tercer lugar del sector transporte como fuente emisora de contaminantes a la atmósfera.

Beneficios: Disminución de emisiones contaminantes, principalmente de SO<sub>x</sub>, PST, NO<sub>x</sub>, HC y CO, incrementar la competitividad de este sector mediante su modernización, reducir los niveles de congestionamiento y el daño a las vialidades.

Mejorar la circulación de los flujos vehiculares y evitar el estacionamiento de unidades de carga en la vía pública durante sus maniobras de descarga.

Costo: El costo del proyecto se estima en 9 millones de pesos para la realización de los estudios necesarios y el diseño de las acciones para mejorar el transporte de carga.

Instrumentación: El estudio incluye tres etapas, la primera incorpora los trabajos de recopilación de información y análisis definiendo el esquema de movilidad, identificación de infraestructura, cuantificación de la oferta y demanda, y la determinación de mecanismos para disminuir la contaminación.

La segunda etapa involucra acciones de fortalecimiento institucional y normativo, y el diseño de un sistema de información geográfica. Asimismo, definir los criterios para la sustitución de las unidades, las características físicas y técnicas que deben contemplar en función de los productos a transportar; la probable creación de módulos de transferencia y horarios de operación.

Finalmente, la instrumentación de las acciones de fortalecimiento institucional y normativo, así como la modernización tecnológica del transporte de carga, el apoyo a la formación de sociedades mercantiles y la operación del sistema de información geográfica.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Diseño de los criterios del programa						
Definición del esquema de los estudios a realizar						
Fortalecimiento institucional						
Búsqueda de esquemas de financiamiento						
Formación de sociedades mercantiles						
Instrumentación del programa						

*Actores involucrados:* Secretarías Desarrollo Metropolitano y Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Gobierno del Distrito Federal, Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad y la Comisión Ambiental Metropolitana.

**33. PROMOCIÓN DE RUTAS DIRECTAS O EXPRÉS, LOCALES Y METROPOLITANAS.**

Objetivo: Establecer rutas de transporte público con servicio exprés local y metropolitano a fin de evitar paradas excesivas con el consecuente consumo de combustible y reducir tiempos de traslado de pasajeros.

Justificación: Es necesario reforzar el servicio de transporte colectivo orientado al público en general con una estructura mejor integrada de los servicios de transporte público y nuevos servicios especiales de transporte colectivo para fomentar el uso de este transporte.

Beneficios: Disminución de la pérdida de horas/hombre, ahorro en tiempos de traslado y reducción de emisiones contaminantes.

Costo: No estimado.

Instrumentación: Instrumentar mecanismos para garantizar la recuperación de la inversión a los intermediarios financieros con el repago de los transportistas, en un esquema que garantice la recuperación de la inversión de las empresas prestadoras de servicios.

Homologar las condiciones de los términos de concesión para las organizaciones de taxis colectivos con los de las nuevas empresas y definir las condiciones de operación de las rutas de autobuses.

Reforzar el programa de placa metropolitana con las organizaciones de transporte colectivo en ruta fija de ambas entidades para la operación conjunta de las rutas.

Adecuar las condiciones operativas de los corredores metropolitanos en los que se implanten las rutas, otorgando preferencia a corredores seleccionados.

Evaluar las características de la demanda para detallar las condiciones de operación de las rutas (tipo de servicio, ubicación de paradas, tipo de vehículos en operación).

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2010</b>
Búsqueda de esquemas de financiamiento						
Homologar los términos de concesión						
Reforzar programa de placa metropolitana						
Concertar acciones con representantes de ambas entidades						
Evaluar características de la demanda						
Instrumentación del programa						

Actores involucrados: Secretarías de Desarrollo Metropolitano y de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México, Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad.

### 34. MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRÁNSITO METROPOLITANO.

**Objetivo:** Homogeneizar los sistemas de administración del tránsito en la red vial metropolitana, incrementando la velocidad de operación en las vialidades de mayor densidad de tránsito y mejorando las condiciones de seguridad.

**Justificación:** El incremento del tránsito vehicular en las vialidades, así como las deficiencias en su administración operativa genera la saturación de las mismas, repercutiendo en bajas velocidades, lo que implica un mayor consumo de combustible y, por tanto una mayor generación de emisiones contaminantes, motivo por el cual es necesario instrumentar acciones de bajo costo y alto impacto que coadyuven a minimizar los congestionamientos a lo largo de las vialidades, así como en las intersecciones a nivel de la red vial primaria de los municipios conurbados del Valle de México.

**Beneficios:** Regular el tránsito vehicular, disminución de puntos conflictivos por entrecruzamiento, incremento de la velocidad de operación, ahorros en los tiempos de recorrido y disminución de emisiones a la atmósfera.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Se gestionará la modernización de los dispositivos de control del tránsito, destacando la rehabilitación de los semáforos en operación, la instalación de semáforos en intersecciones conflictivas, la colocación de señalamiento horizontal y vertical, así como la realización de adecuaciones a la geometría de los cruces.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Gestión y concertación de acciones							
Elaboración de Proyectos							
Aplicación de la medida							

**Actores involucrados:** Secretarías de Desarrollo Metropolitano, Comunicaciones y Transportes y la Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal y autoridades municipales.

**35. PROMOCIÓN DE LA GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VIALIDADES EN ZONAS MARGINADAS DE LA ZMVM.**

*Objetivo:* Mejorar la red vial urbana de la Zona Metropolitana del Valle de México, en zonas desprovistas de superficies de rodamiento adecuado para el tránsito vehicular, para disminuir la emisión de partículas a la atmósfera.

*Justificación:* Algunas vialidades que funcionan como vías secundarias en zonas marginadas de los municipios conurbados de la ZMVM, carecen de pavimento. El paso de los vehículos sobre éstas y la acción del viento contribuyen a la generación de partículas suspendidas.

*Beneficios:* Se incrementa la infraestructura vial y se reduce la emisión de partículas suspendidas.

*Costo:* No estimado.

*Instrumentación:* En coordinación con autoridades estatales y municipales, se identificarán las zonas que requieran de trabajos de pavimentación en vialidades que funcionan como vías secundarias de los municipios conurbados de la ZMVM.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Promoción y gestión para pavimentar vialidades en zonas marginadas						
Elaboración del proyecto						
Ejecución de obras						

*Actores involucrados:* Secretarías de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Desarrollo Metropolitano y de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México, Junta de Caminos y autoridades municipales.

### 36. FOMENTO A LA GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ANILLOS Y LIBRAMIENTOS EN LA ZMVM.

Objetivo: Ofrecer vías alternas para evitar cruzar la ZMVM.

Justificación: De acuerdo a la demanda actual vehicular, es necesario distribuir el tránsito de largo itinerario que no tiene como destino la zona metropolitana, mediante la construcción de libramientos.

Beneficios: Ahorros en tiempos de traslado y menor desgaste y consumo de combustible en los vehículos, y reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Costo: No estimado.

Instrumentación: Se gestionará la construcción de vías periféricas que distribuyan el tránsito de largo itinerario y que no tenga como destino el Distrito Federal, destacando la Autopista Atizapán - Venta de Carpio y sus ramales a Huehuetoca y Ecatepec; asimismo se analizará la factibilidad de construir en el mediano plazo la autopista Venta de Carpio - Texcoco - Chalco y la Autopista Chalco - Nepantla, las cuales en conjunto conformarán una parte del Anillo Transmetropolitano.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Gestión y concertación de acciones						
Elaboración del proyecto						
Ejecución de obras						

Actores involucrados: Secretarías de Desarrollo Metropolitano y de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México y autoridades municipales.



### 37. FOMENTAR LA COORDINACIÓN PARA MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA VIAL METROPOLITANA.

Objetivo: Modernizar la infraestructura vial existente mejorando los niveles de servicio, así como incrementar la red vial primaria en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Justificación: La red vial primaria de la Zona Metropolitana del Valle de México presenta problemas de congestionamiento, debido a que algunas regiones de la misma carecen de infraestructura vial suficiente que atienda la demanda vehicular, repercutiendo en largos períodos de recorrido, aumento de los costos operativos, mayor consumo de combustible e incremento de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Beneficios: Incremento de la infraestructura vial metropolitana, incremento en la velocidad de operación y disminución de emisiones contaminantes.

Costo: No estimado.

Instrumentación: Retomar y en su caso implementar los resultados obtenidos en los proyectos ejecutivos de la Vía Alternativa a la Vía José López Portillo (Vialidad Mexiquense), de la Av. Intermunicipal (vía paralela a la Autopista México - Querétaro) y de la Prolongación de la Av. Chimalhuacán realizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México.

Junto con lo anterior, se gestionará ante el Gobierno del Distrito Federal la coordinación de acciones para la determinación de obras de infraestructura vial metropolitana, especialmente en la Zona poniente del Valle de México, considerando el convenio suscrito en esta materia entre ambas entidades de fecha 23 de junio del 2000.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Gestión y concertación de acciones						
Elaboración de proyectos						
Aplicación de la medida						

Actores involucrados: Secretarías de Desarrollo Metropolitano y Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México y Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal.

### 38. GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA MEJORAR LA CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DE LOS PARADEROS DE LA ZMVM.

**Objetivo:** Dotar de infraestructura para el transporte público de pasajeros, así como mejorar las condiciones físicas y operativas de los centros de transferencia modal en operación.

**Justificación:** La zona conurbada del Estado de México cuenta solamente con dos paraderos de transporte público de pasajeros: Cuatro Caminos y La Paz, los cuales son alimentadores del Sistema de Transporte Colectivo Metro, donde el primero presenta problemas de saturación, no contándose con centros intermedios de transferencia modal, por lo que una gran parte de los viajes generados se concentran en los paraderos mencionados, motivo por el cual se hace necesario incrementar este tipo de infraestructura para mejorar la oferta de espacios para el transporte público de superficie.

**Beneficios:** Incremento de la infraestructura para el transporte público, reducción de los tiempos de recorrido, reorganización de derroteros de transporte público y disminución de emisiones contaminantes.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Se gestionará la modernización de los paraderos en operación, así como la construcción de un nuevo paradero (Ciudad Azteca) como resultado de la operación del Metropolitano Línea "B".

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Gestión y concertación de acciones						
Elaboración del proyecto del paradero Ciudad Azteca						
Modernización de paraderos						

**Actores involucrados:** Secretarías de Desarrollo Metropolitano y de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado de México y Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal.

## 8.2 MEDIDAS PARA INDUSTRIA



## 1. RECONVERSIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA.

**Objetivo:** Reducción de las emisiones de contaminantes mediante la sustitución de combustibles de alto contenido de azufre y reconversión tecnológica.

**Justificación:** De acuerdo con los registros de las autoridades ambientales de la ZMVM, existen más de 300 empresas que consumen diesel, gasóleo y combustóleo como energéticos, que generan emisiones altamente contaminantes al aire. El inventario base de emisiones de 1998 reporta que para este número de industrias se emitieron anualmente a la atmósfera más de 3 mil toneladas de SO<sub>2</sub>, más de mil toneladas de NO<sub>x</sub> y más de 50 toneladas de PM<sub>10</sub>.

De continuar la tendencia en el consumo de estos energéticos, la emisión de contaminantes crecería en un 65%, al igual que un incremento en el total de emisiones, considerando las proyecciones al 2010.

**Proyección de emisiones (ton/año) por la combustión en la industria.**

Año	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
1998	12,442	26,988	3,094
2005	16,802	35,891	4,170
2010	20,824	44,022	5,162

Diversos organismos ecologistas han presentado estudios que muestran que la sustitución de los combustibles por gas natural tendrá efectos benéficos respecto a la calidad del aire; ya que su combustión es más eficiente y se reducen las emisiones de NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>.

Para iniciar con esta reconversión energética se estima que, de acuerdo a la ubicación de las industrias que están cerca de las líneas actuales de distribución, alrededor de 300 industrias tienen posibilidades de cambiar su combustible por uso de gas natural.

**Beneficio:** Se estima que para el año 2010, con la reconversión al uso del gas natural, anualmente, se reducirán 1,015 toneladas de NO<sub>x</sub>, 4,190 toneladas de SO<sub>2</sub> y 8 toneladas de PM<sub>10</sub>.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La CAM coordinará un grupo técnico que se abocará a proponer la actualización de la normatividad, con el objeto de restringir el uso de combustibles líquidos a las empresas de nueva instalación; identificar las industrias susceptibles a participar en el programa; identificar las zonas que cubre la red de distribución de gas natural; incentivar la participación voluntaria de las industrias; realizar un análisis de las características de los equipos de combustión existentes en las industrias que utilizan combustibles líquidos; y analizar las propuestas de reconversión.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Formación del grupo técnico						
Elaboración de propuestas de cambio a la normatividad						
Análisis de caracterización de la industria y líneas de distribución de gas natural						
Promoción y difusión						
Instrumentación						

***Actores involucrados:*** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Energía, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Estado de México y Comisión Ambiental Metropolitana.

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE CONTAMINANTES EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

**Objetivo:** Reducir las emisiones de PM<sub>10</sub> y HC generados en procesos industriales, así como los NOx generados por combustión en el sector industrial, mediante la incorporación de tecnologías más limpias.

**Justificación:** Existen tecnologías de control que permiten la reducción del 80% de las emisiones de HC y PM<sub>10</sub>, y hasta de 35% para los NOx en la industria.

Tomando como base el inventario de emisiones para el año 1998 se determinó que más de 200 industrias pueden participar en la aplicación de esta medida; las cuales, de acuerdo al tipo de contaminante, generan 88 ton/año de PM<sub>10</sub>, 5,497 ton/año de HC y 3,235 ton/año de NOx.

**Beneficios:** Del total de las emisiones generadas por el sector industrial, se estima que al 2010 se podrán reducir 1,532 toneladas de NOx, 95 toneladas PM<sub>10</sub> y 5,953 toneladas de HC.

**Costo:** Se estima que la reducción de 1,532 toneladas de NOx, tiene un costo de 2.7 millones de dólares considerando un costo unitario de 1,755 dólares/tonelada. Asimismo, la reducción de 95 ton de PM<sub>10</sub> para el mismo año tiene un costo de 28,000 dólares considerando 293 dólares /tonelada reducida y 1.2 millones de dólares para la reducción de 5,953 ton de HC considerando un costo de 2,000 dólares por ton reducida. Para este cálculo se consideraron filtros de tela para el caso de PM<sub>10</sub>, filtros de carbón activado para el caso de HC y quemadores de bajo NOx.

**Instrumentación:** La CAM coordinará un grupo técnico que realizará el análisis detallado de cada una de las empresas que por las condiciones específicas de sus procesos, equipos y combustión sean susceptibles para aplicar estas tecnologías, o en su caso proponer otras tecnologías; además evaluará la factibilidad técnica y económica de las empresas para conducir sus emisiones.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Análisis de las industrias participantes						
Participación en el diseño de esquemas de financiamiento						
Instalación y operación de los equipos						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente y Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

### 3. INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

**Objetivo:** Promover programas de ecoeficiencia y de ahorro de energía en la industria, como una herramienta que permita la reducción de emisiones mediante la aplicación de tecnologías limpias.

**Justificación:** El inventario base de emisiones para el año 1998 de la ZMVM reporta emisiones de origen industrial de 3,093 ton/año de PM<sub>10</sub>; 12,442 ton/año de SO<sub>2</sub>; 9,213 ton/año de CO; 26,988 ton/año NOx y 23,981 ton/año de HC.

Estos contaminantes son generados en los procesos de combustión y como emisiones fugitivas, provocando con ello aparte de emisiones a la atmósfera, pérdidas económicas, que en algunos casos resultan significativas.

Actualmente existe una serie de herramientas que, aplicadas adecuadamente, pueden contribuir significativamente a la reducción y control de la contaminación atmosférica de la ZMVM, atendiendo al aspecto preventivo, como son los sistemas de administración ambiental, la evaluación del ciclo de vida de productos y procesos, el ecodiseño, el etiquetado ambiental y la contabilidad total de costos.

Es también importante reforzar la idea del análisis de procesos industriales para el uso eficiente de materias primas, sobre todo aquellas que intervienen en el proceso productivo, pero no terminan como el producto final, y que se cuente con la oportunidad de reciclaje, ya sea dentro de la misma empresa o enviando a otra industria.

**Beneficios:** Se estima una reducción anual de aproximadamente 2 ton de PM<sub>10</sub>, 2 ton de SO<sub>2</sub>, 26 ton de CO, 51 ton de NOx y 3 ton de HC, además de ahorros en los costos por consumo de energía y materias primas con la consecuente reducción de emisiones de contaminantes.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La SEMARNAT, los gobiernos locales, las cámaras y asociaciones de industriales, el Centro Mexicano para la Producción Más Limpia y agencias de cooperación técnica nacionales e internacionales, promoverán talleres y acciones, principalmente entre la industria mediana y pequeña, para la capacitación en uso eficiente de materias primas y buenas prácticas de gestión empresarial.

La SHCP buscará integrar programas de incentivos fiscales y amortización que promuevan y apoyen la inversión en esquemas preventivos y de ahorro de energía.

La SEMARNAT y los gobiernos locales deberán elaborar esquemas que promuevan y hagan viable los programas de autorregulación y de intercambio de créditos de emisiones en la cuenca atmosférica.

Se promoverá entre la industria, sobre todo mediana y pequeña, el uso de programas de inspección y mantenimiento internos, en almacenamiento, transporte y transformación de materias primas, productos y subproductos con el fin de minimizar pérdidas por emisiones fugitivas y evaporativas a la atmósfera.



**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Diseño de los esquemas de autorregulación						
Cursos de capacitación						
Instrumentación del programa						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretarías de Medio Ambiente y de Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, agencias de cooperación técnica, Centro Mexicano para la Producción Más Limpia, Asociaciones y Cámaras de industriales.

#### 4. CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN DE LA INDUSTRIA (SIRG).

**Objetivo:** Contar con un sistema integrado de información para todos los trámites ambientales.

**Justificación:** La SEMARNAT ha desarrollado una serie de instrumentos de gestión de regulación y verificación ambiental dirigidos al sector industrial, con el objetivo de implantar las políticas que en materia de medio ambiente puedan simplificar e integrar los procesos de gestión ambiental.

El esquema de regulación de gestión ha sido diseñado fundamentalmente de acuerdo a los principios de comando-control, dejando poco espacio e insuficientes incentivos para implementar iniciativas de autorregulación y concertación de carácter voluntario. Las oportunidades en el modelo actual de regulación se dan fundamentalmente en función de los parámetros que fijan los programas emergentes de regulación y gestión.

**Beneficios:** Se contara con un sistema que integre y facilite los procesos de gestión industrial, que genere información sobre las emisiones y transferencia de contaminantes y que sirva para la elaboración de reportes con información accesible y disponible al público en general.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Primeramente es necesario actualizar el marco normativo que permita la aplicación de los esquemas que se implantarán en el SIRG, así como la capacitación a funcionarios y ejecutivos del sector público y privado respectivamente en funciones legales, administrativas y técnicas, involucradas en el manejo y operación de un sistema integrado de regulación de la industria.

Se requiere descentralizar y desarrollar el SIRG, en aspectos como: Evaluación de Impacto Ambiental, Licencia Ambiental Única, Cédula de Operación Anual, Inspección y Auditoria y aplicación de las disposiciones correspondientes, entre otros.

##### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Fortalecimiento y rediseño del SIRG						
Aplicación del programa						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

## 5. FORTALECIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE AUTORREGULACIÓN EN LA INDUSTRIA.

**Objetivo:** Incentivar la participación voluntaria para la reducción de emisión de contaminantes a fin de cumplir con niveles más estrictos a los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

**Justificación:** Dentro de los esquemas que las autoridades ambientales han instrumentado para incrementar la participación del sector industrial en la reducción de emisiones de contaminantes se encuentra la autorregulación. Este esquema tiene como propósito que este sector establezca acciones voluntarias y revise metódicamente sus actividades, operaciones y procesos.

**Beneficios:** El fomento de programas de autorregulación permitirá a algunas industrias disminuir sus emisiones de contaminantes al menos en un 30% adicional, así como un ahorro en los costos de producción.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Fortalecer los esquemas de autorregulación proponiendo la elaboración de convenios de concertación con las cámaras y asociaciones industriales. Estos esfuerzos apoyarán a que la gestión con los industriales sea más expedita y que exista un compromiso del gremio, y de cada particular, por prevenir y controlar la contaminación ambiental.

En los convenios deben quedar estipuladas las condiciones específicas de cumplimiento y las acciones a seguir, y a su vez la autoridad deberá ejercer una adecuada supervisión de las mismas para evitar desviaciones e incumplimientos.

En la ZMVM se tiene instrumentado el *Proceso de Autorregulación Voluntaria*, a través de convenios con cámaras y asociaciones de industriales y el *Proceso de Auditorias Ambientales*. Así mismo, en el caso del Gobierno del Distrito Federal, se tienen instrumentados estímulos fiscales aprobados en su Código Financiero.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Promoción de programas de autorregulación						
Aplicación de las medidas						
Vigilancia y seguimiento						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, asociaciones y cámaras de industriales.

## 6. FORTALECER LAS ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA EN LA INDUSTRIA.

**Objetivo:** Incrementar las capacidades técnicas, de formación de personal y de equipamiento en la actividad de inspección y vigilancia para obtener mayores niveles de cumplimiento normativo.

**Justificación:** En la actualidad la insuficiencia de recursos económicos, de infraestructura, de equipamiento, de aspectos normativos y capacitación del personal técnico en los gobiernos locales y en el gobierno federal han limitado la capacidad de inspección y vigilancia a los establecimientos industriales, comerciales y de servicio.

**Beneficios:** Incrementar el número de inspecciones en los establecimientos ubicados en la ZMVM; obtener mayor cumplimiento de la normatividad ambiental mediante el fortalecimiento de la vigilancia, con la consecuente reducción de contaminantes; y lograr la actualización de los padrones de industrias, comercios y servicios de la ZMVM.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Los tres gobiernos promoverán la actualización de normas y reglamentos que tengan aplicación en establecimientos generadores de contaminantes, mediante los procedimientos eficientes de inspección y vigilancia. Con el propósito de que cumplan con el sistema normativo, se deberá capacitar a las áreas de vigilancia del Distrito Federal, Estado de México y PROFEPA; adicionalmente, se obtendrá el equipo necesario para la realización de las actividades de inspección.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Búsqueda de esquemas de financiamiento						
Aplicación de la medida						
Vigilancia y control						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

## 7. DISMINUCIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR LAS PLANTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA SITUADAS EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Disminuir la emisión de contaminantes por la generación de energía eléctrica en la ZMVM mediante la aplicación de tecnologías más eficientes.

**Justificación:** Las plantas de generación de energía eléctrica emiten alrededor de 10,000 toneladas de NOx al año, siendo el principal aportador de este contaminante en el sector industrial, por lo que es necesario controlar dichas emisiones. Una opción para su disminución son los quemadores de bajo NOx, por lo que se recomienda su instalación en los equipos de combustión de las plantas generadoras que aun no los tienen, ya que disminuirían su emisión hasta en un 40%.

Adicionalmente a lo anterior, durante el horario matutino se generan importantes cantidades de NOx y dadas las condiciones atmosféricas en la zona metropolitana se acumulan más, por lo que es importante estudiar y en todo caso reducir y controlar estas emisiones en este horario para limitar la formación de ozono.

**Beneficios:** Con la implementación de quemadores de bajo NOx, se dejarían de emitir alrededor de 4,000 ton/año.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Se realizará un análisis para determinar el beneficio ambiental con la reducción de un 30 y 40% en la capacidad de generación en las plantas en horario matutino. Se instalarán quemadores de bajo NOx en la central termoeléctrica (CT) Jorge Luque en las unidades 3 y 4, asimismo se concluirá la repotenciación de la unidad 4 de la central termoeléctrica Valle de México, además se concluirán los trabajos en todas las unidades de las plantas generadoras para que estén dentro de la norma de óxidos de nitrógeno.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Integración del grupo de trabajo para evaluar el beneficio ambiental de la reducción en la capacidad de generación del 30 al 40%						
Cumplimiento de la norma por las unidades de las plantas Valle de México y Jorge Luque						
Aplicación de programas de mejoramiento de combustión						
Instalación de equipo de bajo NOx en la unidad 3 de la CT Jorge Luque						
Licitación e instalación de equipos de bajo NOx en la unidad 4 de la CT Jorge Luque						
Repotenciación de la unidad 4 de la C. T. Valle de México						

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Energía, Comisión Federal de Electricidad y Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Instituto Mexicano del Petróleo, Comisión Ambiental Metropolitana.



## 8.3 MEDIDAS PARA SERVICIOS





## 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE HIDROCARBUROS EN LAVANDERIAS DE LAVADO EN SECO.

**Objetivo:** Impulsar el uso de sistema cerrado en el proceso de lavado, centrifugado y secado, para reducir la emisión de hidrocarburos, así como evaluar los efectos en la salud producidos por estas emisiones.

**Justificación:** El subsector industrial de lavanderías y tintorerías es una actividad que ofrece sus servicios fundamentalmente a la población urbana, incrementándose conforme al aumento en el nivel de vida de la población.

El inventario de emisiones indica que dicha actividad se encuentra en continuo crecimiento y que menos del 40% de los establecimientos que usan percloroetileno y/o gas nafta, cuentan con equipo de sistemas cerrados, por lo que las emisiones de gas nafta y percloroetileno están directamente asociadas a sus consumos, es decir, puede considerarse que todo el solvente consumido será evaporado a la atmósfera. Las emisiones derivadas por ésta categoría ocupan un lugar importante como fuente de emisión por el número de establecimientos estudiados.

Es importante mencionar que el percloroetileno produce reacciones en los seres humanos de acuerdo a las concentraciones a la que están expuestos, para diferentes partes del cuerpo como son el riñón, hígado y sistema nervioso central, así como otras afecciones leves como irritación de la piel y los ojos.

Es necesario aumentar las medidas de control para la reducción de emisiones especialmente por el uso de percloroetileno, como es el empleo de máquinas con sistemas de lavado modernos, las cuales involucran una reducción muy significativa de las emisiones y ahorros en el consumo de éste solvente, de cerca del 90%.

**Beneficios:** Se espera una reducción de 6,000 toneladas emitidas de hidrocarburos al 2010 y la recuperación del hidrocarburo residual, para su posterior tratamiento, disposición o aprovechamiento.

**Costo:** El costo unitario de esta medida es de 25,000 dólares por máquina de circuito cerrado y se pretende modernizar 388 establecimientos, lo que hace una estimación de un costo total de 9.7 millones de dólares.

**Instrumentación:** Se deberá realizar un estudio que actualice periódicamente el número de establecimientos para implementar la medida dentro de la ZMVM; establecer y fortalecer el programa de financiamiento económico que permita a las industrias de lavanderías realizar los cambios señalados a corto y mediano plazo; la reconversión a sistemas cerrados de lavado en seco.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Estudio de actualización						
Establecer el programa de financiamiento económico						
Aplicación del programa						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud, Secretarías del Medio Ambiente y Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de México y Cámara Nacional de Lavanderías.

## 2. MECANISMOS DE AUTORREGULACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS ESTABLECIMIENTOS.

**Objetivo:** Incrementar las acciones de gestión ambiental en la micro, pequeña, y mediana empresa que incorporen actividades de prevención de la emisión de contaminantes y obtener una producción más limpia y una gestión ambiental rentable.

**Justificación:** Especialmente en las micro, pequeña y mediana empresas, la falta de recursos económicos para el control de sus emisiones y en ocasiones la falta de conocimientos sobre tecnologías adecuadas, resultan en una mayor emisión de contaminantes. Como posibles medidas para mejorar el comportamiento ambiental de las empresas, se han diseñado varios instrumentos, como son: la promoción de una producción más limpia, la capacitación y sensibilización a las empresas, instrumentos económicos para fomentar el cambio tecnológico, entre otras. La variedad existente de estos instrumentos permite la atención diferenciada y adecuada tanto a los diferentes sectores productivos, como el tamaño de las organizaciones industriales, considerando además su nivel tecnológico, condición estructural y desarrollo organizacional, de tal manera que cada empresa pueda establecer un sistema propio de evaluación constante.

**Beneficios:** Mejorar el desempeño ambiental de las empresas, lograr ahorros en el consumo de energéticos y de materias primas, disminuir la emisión de contaminantes y ser industria de producción más limpia.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La CAM promoverá y fomentará medidas para la incorporación de sistemas de gestión ambiental rentable en las empresas y la generación de estímulos y reconocimientos a la implantación de los sistemas; así como programas de capacitación y asistencia para una evaluación.

Las autoridades ambientales fortalecerán los programas de autorregulación e incorporación de sistemas de administración ambiental, previstos en la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, así como las leyes ambientales locales. Asimismo, promoverán conjuntamente con instituciones de educación superior y de asistencia técnica pública y privada, el conocimiento e instrumentación de los sistemas de administración ambiental.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Fortalecimiento de los sistemas de gestión ambiental rentable						
Estructuración y aplicación de programas de capacitación y asistencia						
Establecer programas de autorregulación y sistemas de administración						
Promover con asistencia pública y privada, la implantación de sistemas de administración						

**Actores involucrados.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías del Medio Ambiente y de Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología y Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de México, y cámaras industriales.

### 3. CAPACITACIÓN EN PRÁCTICAS EFICIENTES DE COMBUSTIÓN EN ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES Y DE SERVICIOS QUE CUENTEN CON CALDERAS.

**Objetivo:** Mejoramiento de la combustión en las calderas para reducir emisiones de CO, NOx y partículas.

**Justificación:** Las emisiones de contaminantes generadas por los equipos de combustión están determinadas por las condiciones de calibración, edad del equipo, mantenimiento, tiempo de operación, prácticas de trabajo, entre otras. Las condiciones de operación deberán determinarse con mayor exactitud mediante el estudio del tipo de equipo utilizado por los servicios, así como sus programas de mantenimiento. Un análisis global de los servicios mostró que un número reducido de calderas reportaban emisiones de contaminantes controladas en la combustión.

**Beneficios:** Reducción permanente de emisiones contaminantes, ahorro en el consumo de energía e incremento de la vida útil de los equipos.

**Costo:** Se estima un costo de dos millones de pesos para desarrollar e impartir cursos de capacitación sobre prácticas eficientes de combustión.

**Instrumentación:** La CAM, promoverá la participación en los cursos de capacitación de todos aquellos establecimientos de servicio que cuenten con equipo de combustión. Así mismo buscará los recursos o las organizaciones que puedan apoyar estos cursos de capacitación. Se instrumentará de manera periódica la capacitación, evaluando el impacto en el cambio de prácticas en la operación de calderas.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Obtener el apoyo de instituciones y recursos para realizar los cursos de capacitación						
Promover la participación en los cursos						
Instrumentación de cursos						
Evaluación de los cursos						

**Actores involucrados:** Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno Estado de México, Comisión Ambiental Metropolitana, Instituto Mexicano del Petróleo y cámaras gremiales.

#### 4. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUGAS DE GAS LP EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS DE LA ZMVM.

**Objetivo:** Abatir las emisiones de hidrocarburos generadas por las fugas de gas LP en instalaciones domésticas, así como evaluar los efectos producidos en la salud dentro de los hogares.

**Justificación:** El gas LP está compuesto principalmente por propano (61%) y butano (39%). Ambas sustancias contribuyen a la formación del ozono a través de procesos fotoquímicos. El inventario de emisiones para el año 1998 de la ZMVM, indica que en las instalaciones domésticas defectuosas se emiten a la atmósfera 48 mil toneladas de hidrocarburos de gas LP: el 46% son fugas por instalaciones domésticas y 54% por hidrocarburos no quemados en estufas y son atribuidos por accesorios que comúnmente presentan fugas en su instalación.

**Beneficios:** Reducir la emisión de hidrocarburos en 5,181 toneladas al 2010.

**Costo:** El costo estimado para desarrollar esta medida es de 50 millones de dólares, para el cambio de las instalaciones de gas en un millón de viviendas.

**Instrumentación:** La Comisión Ambiental Metropolitana integrará un grupo interinstitucional a fin de buscar los apoyos para el desarrollo de esquemas de promoción y difusión de campañas de sensibilización e información a la población.

##### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Formación de un grupo interinstitucional						
Diseño y difusión de campañas de sensibilización						

**Actores involucrados:** Secretaría de Energía, Secretaría de Salud, Procuraduría Federal del Consumidor, Comisión Ambiental Metropolitana, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Distribuidores locales de gas LP, y particulares.

## 5. VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES INSTALADOS EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO.

**Objetivo:** Establecer la normatividad y lineamientos sobre la verificación para la metodología, procedimientos, intervalos de operación y periodicidad de elaboración de pruebas, para la regulación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio.

**Justificación:** La NOM-092-ECOL-1995 contempla únicamente el diseño, instalación y puesta en marcha de los sistemas de recuperación de vapores en estaciones de servicio y autoconsumo, misma que ya fue rebasada en la etapa de seguimiento de dichos sistemas. Surge la necesidad de contar con los lineamientos legales para su regulación, supervisión y vigilancia a futuro, con el objeto de controlar permanentemente las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera provenientes de estos establecimientos.

Así mismo, la convocatoria SEEM-DE-SRV-1994-01 para la acreditación de empresas que suministren e instalen sistemas de recuperación de vapores en las gasolineras, se encuentra en las mismas condiciones que la norma anterior, por lo que es conveniente que exista la regulación de estos prestadores de servicios para los siguientes aspectos: evaluación y acreditación de sistemas, diseño, instalación, mantenimiento, verificación y suministro de los sistemas y sus componentes, así como las mejoras tecnológicas a los mismos. Todo lo anterior soporta que los sistemas sigan cumpliendo con los parámetros fijados para su buena operación y la recuperación de los vapores.

**Beneficios:** Mantener la eficiencia de los sistemas de control de vapores en los intervalos establecidos por la normatividad.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Establecer la unificación en los lineamientos normativos entre las entidades involucradas, así como la elaboración de las normas técnicas locales correspondientes, en relación a los requisitos que deben cumplir los sistemas de recuperación de vapores.

Realizar las visitas de seguimiento que correspondan para que los propietarios y/o responsables de las estaciones de servicio y autoconsumo, realicen y apliquen de manera adecuada las prácticas de operación y mantenimiento de los sistemas de recuperación de vapores que tengan instalados.

Actualizar y complementar la convocatoria para los prestadores de servicios respecto a: evaluación y acreditación de sistemas, diseño, instalación, mantenimiento, verificación y suministro de los sistemas y sus componentes, así como para la incorporación de mejoras tecnológicas.

Capacitación al personal de cada una de las autoridades responsables del seguimiento del programa sobre el funcionamiento de las nuevas tecnologías incorporadas.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Unificar lineamientos normativos						
Convocatoria a prestadores de servicio						
Establecer normatividad						
Capacitación al personal						

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Petróleos Mexicanos, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Asociación de gasolineros, Responsables de las estaciones de autoconsumo, Instituciones de investigación y educación.

## 6. REGULACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE EXTRACCIÓN EN BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS NO CONSOLIDADOS.

**Objetivo:** Regular las actividades asociadas a la extracción, manejo y almacenamiento de materiales pétreos no consolidados, para reducir la emisión de partículas a la atmósfera.

**Justificación:** Las actividades de la construcción en la ZMVM, se benefician de los bancos de materiales pétreos no consolidados ubicados en las zonas periféricas. Actualmente existen 12 bancos de extracción de arena y grava en el DF y 45 bancos similares ubicados en 8 municipios del Estado de México.

Los principales contaminantes asociados a esta actividad son las partículas suspendidas, entre las que se encuentran aquellas cuyo diámetro aerodinámico es igual o menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ), las cuales se generan durante la extracción, manejo y almacenamiento de dichos materiales. Se estima que se generan aproximadamente 1,600 ton/año de  $PM_{10}$ . Estas emisiones varían dependiendo de factores geográficos y climáticos estacionales del área de ubicación.

Por otro lado, como consecuencia de esta actividad, se presenta un deterioro de los terrenos debido principalmente a que no se llevan a cabo acciones de rehabilitación, quedando expuestos a la acción erosiva del viento y la lluvia.

**Beneficios:** Disminución de las partículas  $PM_{10}$  generadas durante la extracción de materiales pétreos no consolidados, que por la acción de los vientos son transportadas hacia la ZMVM y la rehabilitación y restauración de terrenos explotados.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Actualizar el inventario de emisiones de partículas  $PM_{10}$  a la atmósfera generadas por las actividades de los bancos de materiales, incluyendo minas de arena y grava, así como caliza y tepetate y otros productos pétreos ubicados en la ZMVM.

Realizar un estudio que permita conocer la dispersión de las partículas y su efecto hacia la ZMVM, así como el tipo de medidas necesarias para mitigar los efectos en la atmósfera generados por la actividad de los bancos de materiales.

Establecer la normatividad para regular las actividades de extracción de bancos de materiales pétreos no consolidados.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Actualizar el inventario de emisiones						
Estudiar la dispersión de las partículas y medidas de mitigación						
Establecer normatividad						
Aplicar medidas para controlar la generación de partículas						

**Actores involucrados:** Secretarías del Medio Ambiente y de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Distrito Federal, y Secretarías de Ecología y de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de México.



## **7. LINEAMIENTOS PARA EL USO DE COMBUSTIBLES Y LA OPERACIÓN DE HORNOS ARTESANALES PARA LA FABRICACION DE TABIQUE.**

**Objetivo:** Controlar y regular la operación de cocción artesanal de tabique, ladrillo, teja, loza y similares, para la reducción de las emisiones fijas y puntuales a la atmósfera generadas por los diferentes tipos de materiales que se utilizan como combustible.

Reforzar e implementar esquemas de vigilancia más estrictos, de manera conjunta con las autoridades municipales bajo los mismos criterios de regulación.

Evaluar los efectos producidos en la salud por las emisiones.

**Justificación:** Actualmente se cuenta con 570 hornos distribuidos en el Valle de México, cuya capacidad de producción individual varía entre 3,500 a 70,000 unidades.

Aún cuando se han establecido lineamientos para la utilización de combustibles en la operación de hornos artesanales, se ha detectado que persiste el uso de algunos combustibles altamente contaminantes.

**Beneficios:** Evitar el uso de residuos y materiales peligrosos como combustibles en el proceso de cocción, para disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

**Costo:** 17 millones de pesos para la instalación de dosificadores de aserrín.

**Instrumentación:** Realizar censos periódicos de hornos existentes en la ZMVM, evaluando la emisión de contaminantes generados con los diferentes combustibles y materiales usados, para determinar los factores de emisión.

Identificar y ubicar las fuentes de suministro de combustibles para garantizar el uso de materiales orgánicos, no tóxicos ni peligrosos.

Elaborar y publicar Normas Técnicas Estatales, donde se establezcan los lineamientos para la operación de hornos artesanales

Estructurar programas de capacitación y sensibilización para los productores y las autoridades municipales sobre el uso de combustibles y materiales menos agresivos al ambiente y la salud; así como divulgar tecnologías que aumenten la eficiencia en el proceso de combustión y contribuyan a la reducción de emisiones de los hornos.

Elaborar e implementar esquemas de inspección y vigilancia de hornos artesanales de manera conjunta con las autoridades municipales.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Realizar censos y determinación de factores de emisión							
Identificar fuentes de suministros de materiales combustibles							
Elaborar y publicar la norma técnica estatal							
Promover el uso de combustibles y tecnologías limpias							
Estructurar programas de capacitación							
Elaborar e implementar esquemas de vigilancia							

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Municipios del Estado de México y productores artesanales de tabique y similares.

## 8. PROMOVER EL USO DE ENERGÍA SOLAR EN SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

**Objetivo:** Promover el uso de sistemas de calentamiento solar en hogares, servicios y procesos industriales de la ZMVM para reducir el consumo de combustibles fósiles y sus emisiones a la atmósfera.

**Justificación:** El uso de energía solar como fuente alterna permite reducir la generación de emisiones a la atmósfera de la ZMVM, y en consecuencia la reducción del consumo de combustibles fósiles.

La presente medida está dirigida a los hogares y establecimientos de servicio, principalmente baños públicos.

**Beneficio:** El aprovechamiento de la energía solar permite reducir la emisión de contaminantes equivalente a la emisión por combustión del combustible fósil para satisfacer la demanda energética del servicio.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Aplicar una encuesta para determinar el número real de establecimientos y completar información básica para su evaluación.

Estimar el requerimiento energético para satisfacer la demanda presente y futura.

Determinar el ahorro de combustible y emisiones generadas.

Promover sistemas alternos de energía.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Aplicar una encuesta para determinar el número real de establecimientos y completar información básica para su evaluación						
Estimar el requerimiento energético para satisfacer la demanda presente y futura						
Determinar el ahorro de combustible y emisiones generadas						
Promoción de sistemas alternos de energía						

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Instituciones educativas y de investigación.

## 9. PROMOVER Y DESARROLLAR INSTRUMENTOS ECONÓMICOS DE FOMENTO AMBIENTAL PARA LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Implantar instrumentos económicos que promuevan la modernización del proceso productivo y/o fortalezcan el principio de "el que contamina paga" y la autorregulación ambiental, adecuados a la industria y los servicios.

**Justificación:** La estructura industrial en México y las condiciones competitivas imperantes hacen que las pequeñas y medianas empresas no estén en circunstancias de incorporar la protección del medio ambiente como uno de sus objetivos fundamentales. Ello se debe a la falta de información y de recursos humanos y financieros suficientes, a los costos que ello implica, a la carencia de una cultura competitiva y al uso de estrategias defensivas, principalmente. Es necesario definir cuáles son los instrumentos económicos más adecuados para que la industria y los servicios mejoren el desempeño ambiental de sus procesos productivos y así fortalezcan su competitividad en el mercado.

**Beneficio:** Mayor participación de la industria y los servicios en el mercado interno, mejorando su competitividad y reduciendo su impacto al ambiente. Uso más eficiente de los recursos. Acceso a recursos financieros de manera ágil y oportuna. Expansión de actividades económicas ligadas al medio ambiente.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Promover programas de estímulos dirigidos a la industria y los servicios con la finalidad de mejorar sus procesos productivos y disminuir su impacto ambiental negativo. Introducir incentivos fiscales para la industria y los servicios que cumplan con los programas de autorregulación ambiental. Es necesario mejorar la coordinación institucional requerida y los mecanismos de instrumentación, tener una mayor difusión de sus posibilidades y limitaciones y aplicar una estrategia de largo plazo que incluya aspectos económicos y sociales. Todo esto deberá estar asociado al desarrollo de una cultura ambiental y a una menor incertidumbre. Los integrantes de la Comisión Ambiental Metropolitana promoverán el desarrollo de instrumentos de autorregulación ambiental, adecuados a la industria y los servicios.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Desarrollo y actualización de instrumentos económicos						
Promover programas de estímulos dirigidos a la industria y servicios						
Implementación de incentivos fiscales para la industria y los servicios que cumplan con los programas de reducción de emisiones						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Economía, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretarías de Desarrollo Económico de los gobiernos locales e Instituciones financieras.

## 8.4 MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES



**1. INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.**

**Objetivo:** Formular los instrumentos sobre el ordenamiento ecológico que permitan inducir el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, evitando aquellas actividades productivas y acciones que generan contaminantes atmosféricos.

**Justificación:** Debido a diversas condiciones, la instrumentación de los planes de desarrollo urbano no se ha completado en su totalidad, lo que ha influido en el crecimiento urbano desordenado. Esto ha llevado a la modificación de la frontera urbana sobre la agrícola y de ésta sobre la forestal. Por lo que es necesario que las autoridades locales fortalezcan los instrumentos, como el ordenamiento ecológico, que permitan reorientar las actividades productivas de acuerdo a la vocación del uso del suelo.

**Beneficios:** Protección de los ambientes naturales, evitando la contaminación atmosférica provocada por la erosión eólica.

**Costo:** Se estima en 33.5 millones de pesos.

**Instrumentación:** Las autoridades de ambos gobiernos locales definirán, en el ámbito de su competencia los lineamientos que deberán integrarse a los ordenamientos ecológicos considerados en sus programas operativos.

Para el caso del Estado de México se realizará el ordenamiento ecológico de la región del Popocatepetl y su zona de influencia, así como la promoción de ordenamientos locales y regionales. Para cada uno de los 18 municipios conurbados a la ZMVM, se elaborarán los lineamientos ambientales basados en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México (POETEM). En el caso del Distrito Federal, con base en el Programa General de Ordenamiento Ecológico, se realizarán 5 ordenamientos delegacionales, 23 ordenamientos comunitarios con apoyo de la FAO y un proyecto sobre monitoreo del suelo de conservación.

**Calendario de ejecución**

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Elaboración del ordenamiento ecológico de la región del Popocatepetl y su zona de influencia							
Lineamientos ambientales para el desarrollo de ordenamientos ecológicos de los 18 municipios conurbados							
Desarrollo de los 23 ordenamientos comunitarios							
Realización del Ordenamiento local del Ajusco							
Gestión para la realización de los ordenamientos locales restantes con organizaciones no gubernamentales o instituciones académicas							
Elaboración de los sistemas de monitoreo del suelo de conservación							

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

## 2. REFUERZO DE LOS INSTRUMENTOS LEGALES EN MATERIA DE REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO.

**Objetivo:** Mejorar reglamentos y normas que regulen los usos apropiados del suelo y contribuyan a la aplicación de los programas de ordenamiento ecológico.

**Justificación:** Se carece de los mecanismos para actuar de inmediato ante los nuevos asentamientos irregulares que se establecen en áreas de conservación. Además de que no se cuenta con una norma para la figura del polígono de actuación en suelo de conservación.

**Beneficios:** Los instrumentos legales contribuirán a evitar los asentamientos irregulares y acciones que afecten el equilibrio ecológico.

**Costo:** El costo aproximado para la elaboración del reglamento del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal será de 600 mil pesos.

**Instrumentación:** La Secretaría de Desarrollo Urbano propondrá las modificaciones para la actualización de la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México. En el caso del Distrito Federal se actualizará el Programa General de Ordenamiento Ecológico y se elaborará su Reglamento.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Actualización de la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México						
Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal						
Elaboración del Reglamento del Programa de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente y Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Desarrollo Metropolitano, de Desarrollo Urbano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.



### 3. CONTROL Y ORDENAMIENTO DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.

**Objetivo:** Elaborar y actualizar los planes, programas y proyectos que permitan ordenar el crecimiento de los asentamientos humanos en la ZMVM.

**Justificación:** Dentro de las 13 franjas de integración metropolitana entre el Estado de México y el Distrito Federal, existen considerables conflictos en lo referente a la definición de límites territoriales, lo que ha generado que dentro de los planes y programas de cada una de las dependencias, se cuente con áreas de traslape u omisión, por lo cual es necesario actualizar el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Parte de la expansión de la superficie urbana se lleva a cabo sobre zonas boscosas, en tierras comunales y de propiedad ejidal. Otro de los sitios que presenta problemas de asentamientos irregulares y de tala de árboles y saqueo de tierra de forma clandestina es la Sierra de las Cruces, la cual abarca territorio del Distrito Federal y del Estado de México, lo que hace necesario que los dos gobiernos coordinen actividades para atender este problema.

**Beneficios:** Proteger las zonas de conservación de la ZMVM.

**Costo:** Se estima un costo de 100 millones de pesos.

**Instrumentación:** Para instrumentar las acciones antes mencionadas se requiere:

- Identificar las principales variables socioeconómicas asociadas a la transformación de la cubierta vegetal para la creación de asentamientos humanos.
- Analizar la dinámica de cambios de uso del suelo para asentamientos humanos con referencia a los aspectos socioeconómicos.
- Establecer foros de participación a nivel delegacional y municipal en donde participen las instancias de gobierno y la población para el ordenamiento de los asentamientos humanos.
- Realizar un diagnóstico sobre la situación actual de los asentamientos humanos en el suelo de conservación.

## Calendario de ejecución

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Identificación de las principales variables socioeconómicas asociadas a la transformación de la cubierta vegetal						
Analizar la dinámica de cambios de uso del suelo para asentamientos humanos con referencia a aspectos socioeconómicos						
Establecer foros de participación a nivel local donde participen las instancias de Gobierno y la población						
Realizar un diagnóstico sobre la situación actual de los asentamientos humanos en el Suelo de Conservación						
Elaboración de 13 Planes de Acciones Prioritarias de las Franjas de Integración de la ZMVM						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretarías del Medio Ambiente y de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Distrito Federal; Secretarías de Ecología, de Desarrollo Metropolitano Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno del Estado de México; Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra y la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos.

**4. CONTENCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA EN EL ÁREA RURAL DE LA ZMVM.**

**Objetivo:** Monitorear mediante la percepción remota y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el crecimiento urbano y asentamientos irregulares, para instrumentar medidas de contención de la mancha urbana y recuperación del área rural.

**Justificación:** En la última década, el principal factor de la pérdida del área rural de la ZMVM, ha sido el crecimiento de la mancha urbana generado por los asentamientos irregulares. Por ello, se requiere de un monitoreo sistemático semestral por medio de imágenes satelitales y/o aéreas, que permitan, mediante el uso de un SIG, cuantificar el crecimiento. Con esto se podrán tomar decisiones en beneficio del área rural de la ZMVM.

**Beneficios:** Contar con información del estado actual del área rural, disminución de la tasa de deforestación y conservación e incremento del capital natural del área rural de la ZMVM.

**Costo:** Aproximadamente 20 millones de pesos.

**Instrumentación:** Elaborar un inventario de los recursos naturales de la ZMVM. Armonización del monitoreo y el SIG entre las instancias correspondientes de los gobiernos locales y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Elaboración de un informe semestral conjunto de los procesos del crecimiento de la mancha urbana. Instrumentación de un programa de inspección y vigilancia sistemática para la contención de asentamientos irregulares. Instrumentación conjunta de operativos especiales para la recuperación del área rural de la ZMVM.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Elaboración de un inventario de los recursos naturales de la ZMVM						
Armonización del monitoreo y SIG entre las instancias correspondientes de los gobiernos locales y la PROFEPA						
Elaboración de un informe semestral						
Instrumentación de un programa de inspección y vigilancia sistemática para la contención de asentamientos irregulares						
Instrumentación de operativos especiales para la recuperación del área rural de la ZMVM						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Distrito Federal.

## 5. PROTEGER, INSPECCIONAR Y VIGILAR LOS RECURSOS NATURALES.

**Objetivo:** Garantizar la conservación de los recursos naturales en el área rural de la ZMVM.

**Justificación:** El área rural de la ZMVM constituye un importante potencial productivo y sus recursos naturales generan una serie de bienes y servicios ambientales que la población demanda. Sin embargo, las actividades humanas desordenadas han generado fuertes y constantes presiones sobre este territorio, poniendo en riesgo su integridad y los recursos naturales que sustenta.

Los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México han asumido el compromiso de proteger los recursos naturales para garantizar su permanencia y apoyo al desarrollo sustentable. Dentro de este contexto, la vigilancia eficiente y oportuna constituye una actividad básica para prevenir y disminuir la comisión de ilícitos.

**Beneficios:** Mantener e incrementar la cubierta forestal que contribuye a mejorar la calidad del aire, mediante la captura y remoción de contaminantes.

**Costo:** 140 millones de pesos.

**Instrumentación:** Las autoridades de los gobiernos participantes deberán fortalecer el sistema de vigilancia institucional y proponer la formación de cuerpos de vigilancia social los cuales deberán recibir capacitación y recursos para realizar la actividad de vigilancia en sus comunidades.

### Calendario de ejecución

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Fortalecer el sistema de vigilancia institucional							
Integrar y capacitar en forma permanente al personal de vigilancia							
Establecer programas operativos y de vigilancia forestal sistemática, de manera coordinada en las zonas limítrofes							
Integrar grupos de vigilancia participativa							

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México

## 6. MEJORAR LA PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES.

**Objetivo:** Proteger de los incendios forestales las áreas de aptitud forestal inmersas en el área rural de la ZMVM.

**Justificación:** La ZMVM comprende aproximadamente 355 mil hectáreas, dentro de las cuales existe un promedio de 150 mil de uso forestal, que sustentan árboles de diferentes especies. Los beneficios ambientales que aporta el área forestal a la población son invaluable, como: la recarga de los mantos freáticos, regulador del clima, sirve de filtro en la captura de carbono y de partículas suspendidas, es hábitat para las diferentes especies de fauna silvestre, son sitios de recreación para la población citadina, etc.

Los recursos naturales están sujetos a fuertes presiones de degradación, algunas de tipo natural y otras provocadas por actividades humanas. Dentro de las primeras se tienen las plagas y enfermedades y la pérdida de suelo provocado por la erosión hídrica y eólica. Como causas antropogénicas se identifican a los incendios forestales, originados por causas como: la quema de pasto para la obtención de rebrote para alimento de ganado, la limpieza de terrenos agrícolas para el cultivo, fogatas, cigarros, vandalismo, entre otros.

**Beneficios:** Disminuir el número de eventos y superficie afectada por los incendios forestales en el área rural de la ZMVM.

**Costo:** 10 millones de pesos para su implementación y 20 millones de pesos anuales para su operación.

**Instrumentación:** Para la atención de estos siniestros, el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México a través de las dependencias correspondientes, ejecutan en sus respectivos territorios un programa para prevenir y combatir incendios forestales. Para aumentar la eficiencia en cuanto a la prevención y combate se sugiere fortalecer la coordinación institucional mediante la instrumentación de un programa integral y único de trabajo, en donde se definan los ámbitos de responsabilidad y se refuerce la infraestructura existente.

Ello requerirá modernizar y otorgar equipos, herramientas de trabajo así como realizar programas de capacitación y dar seguimiento a grupos voluntarios de las comunidades agrarias en zonas críticas. Las delegaciones y municipios estimularán la participación de los grupos voluntarios por medio de apoyos en especie, celebrando convenios de colaboración.

## Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Fortalecer la coordinación institucional con las dependencias de los gobiernos locales y federal involucradas, a través de un programa integral de trabajo						
Vigilar zonas de alto riesgo con base en períodos de ocurrencia de incendios, valor recreativo y ambiental, acumulación de materiales combustibles y afluencia de visitantes						
Reforzar la participación social y modernizar equipos y herramientas de trabajo						
Integrar, capacitar, otorgar equipo y dar seguimiento a grupos voluntarios de comunidades agrarias de zonas críticas						
Establecer convenios de colaboración con ayuntamientos, para el combate de incendios forestales						
Disponer de medios accesibles de comunicación, para que se denuncie oportunamente la presencia de un incendio						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Seguridad Pública, Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Protectora de Bosques y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

**7. INVERSIÓN AMBIENTAL PARA LA VIGILANCIA SOCIAL DEL SUELO DEL ÁREA RURAL DE LA ZMVM, MEDIANTE EL PAGO COMPENSATORIO POR SERVICIOS AMBIENTALES.**

**Objetivo:** Buscar los mecanismos compensatorios por servicios ambientales que prestan las áreas forestales en la remoción de contaminantes atmosféricos y recarga de acuíferos.

**Justificación:** En la última década, el principal factor de pérdida de la cubierta forestal en el área rural de la ZMVM, son los asentamientos irregulares. Asimismo, la veda existente no permite el aprovechamiento del recurso forestal, por lo que es necesario establecer esquemas de compensación por los servicios ambientales que proporcionan los bosques, lo que contribuye a su sustentabilidad.

Estos esquemas deben orientarse hacia el estímulo de la conservación de las zonas forestales con el propósito de mantenerlas en condiciones que permitan la captación de contaminantes y la recarga de acuíferos.

**Beneficios:** Disminución de la tasa de deforestación. Adicionalmente se estimula la conservación e incremento de los servicios ambientales del bosque y la remoción de contaminantes.

**Costo:** Diez millones de pesos.

**Instrumentación:** Los estímulos compensatorios pueden ser otorgados a través de cuatro programas: Vigilancia Social, Labores de Prevención de Incendios, Saneamiento del bosque y Proyectos Alternativos Sustentables de Uso de sus Recursos Naturales. Por ello es necesario llevar a cabo las siguientes actividades: Elaborar un padrón de los predios que poseen recursos con capacidad de ofrecer servicios ambientales y cuantificación física de los servicios ambientales. Valoración económica. Etiquetación del recurso económico de los 4 programas de inversión.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Elaborar un padrón de predios que poseen recursos con capacidad de ofrecer servicios ambientales						
Cuantificación física de los servicios ambientales/hectárea/año						
Valoración económica						
Etiquetación del recurso económico de los 4 programas de inversión						

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra.

## 8. MONITOREO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Establecer un sistema de monitoreo permanente con apoyo en técnicas de percepción remota y un sistema de información geográfica que permita conocer el estado en que se encuentran las condiciones que hacen propicio el desarrollo de los recursos naturales de la ZMVM.

**Justificación:** Es necesario realizar análisis comparativos para conocer las modificaciones que a través del tiempo han sufrido los recursos naturales. Para ello se requiere establecer un sistema permanente de monitoreo a través de la teledetección y a la vez construir un sistema de información geográfico, que contenga un banco de información único, accesible a los organismos involucrados en la protección y conservación de los recursos.

**Beneficio:** Hacer más eficiente la planeación estratégica para la conservación y restauración de los recursos naturales.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Las acciones básicas serán: Capacitar a personal técnico para el establecimiento del SIG, elaborar un diagnóstico del estado actual de los recursos naturales con base en la información cartográfica y documental disponible, establecer un sistema de homologación y sistematización de la información entre las diferentes instancias involucradas que permita analizar, procesar y presentar la información de manera expedita para su utilización e interpretación y establecer los mecanismos de actualización y análisis.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Capacitar al personal técnico para el establecimiento del sistema							
Elaborar un diagnóstico del estado actual de los recursos naturales							
Establecer los sistemas de homologación y sistematización de la información entre las instancias involucradas							

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología y Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México.



**9. MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.**

**Objetivo:** Establecer un sistema de áreas naturales protegidas que garantice la conservación de la biodiversidad, a la vez que mantiene los servicios ambientales.

**Justificación:** Las Áreas Naturales Protegidas (ANP), durante mucho tiempo han estado sujetas a la presión de la mancha urbana y a la falta de programas de manejo que contribuyan a la protección de sus recursos. Para lograr la conservación de los recursos de estas zonas es necesario establecer esquemas de organización y administración, que tomen en cuenta las condiciones socioeconómicas de sus habitantes, así como la formas de tenencia de la tierra. También es necesario establecer una coordinación institucional para proteger y conservar aquellas ANP que están comprendidas en diferentes entidades federativas.

Con base en lo antes señalado se hace indispensable constituir un sistema de manejo, administración y operación en las ANP que contribuya a su conservación y restauración, para cumplir con los objetivos por los que fueron creadas.

**Beneficio:** Contar con un sistema de manejo y administración de ANP que incida en la conservación y restauración de los recursos naturales.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Las autoridades gubernamentales elaborarán los programas de manejo y los sistemas de administración de ANP, integrando un sistema de áreas naturales protegidas de la ZMVM que se vincule con el SIG de recursos naturales de la misma región. Asimismo, se realizará un diagnóstico y caracterización de cada ANP y se establecerán acciones conjuntas entre la federación y los gobiernos locales para otorgarle seguridad jurídica a las ANP.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Integrar un sistema de áreas naturales protegidas de la ZMVM						
Elaborar el Programa de Manejo de las ANP existentes						
Analizar las características del uso del suelo de la ZMVM para crear nuevas ANP						
Elaborar y ejecutar los planes de manejo y aplicar los esquemas de administración y operación						

**Actores involucrados.** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

## 10. PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE HÁBITATS A TRAVÉS DE LA PLANTACIÓN DE ESPECIES ADECUADAS.

**Objetivo:** Mejorar las condiciones que interfieren y afectan la calidad así como la funcionalidad de los hábitats.

**Justificación:** Para mitigar los impactos adversos que modifican los hábitats de la ZMVM es necesario fortalecer los Proyectos de Conservación Ecológica y de Reforestación del Zona Metropolitana del Valle de México, apoyados por el Banco Interamericano de Desarrollo, los cuáles dentro de sus objetivos establecen: captura de partículas suspendidas, promover la recarga de acuíferos, captura de carbono, restauración de la biodiversidad.

**Beneficios:** Aumentar la superficie y restaurar los hábitats de la flora y fauna. Reducir los problemas de erosión y pérdida de la capa orgánica del suelo y favorecer la recarga de acuíferos.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Establecer por entidad un plan anual de reforestación y de producción de planta. Establecer un programa anual de colecta de germoplasma que cubra la demanda de reforestación. Evaluación permanente de la reforestación en cuanto a sus niveles de sobrevivencia. Aplicación de medidas de protección y cultivo a la reforestación. Pago de incentivos a los núcleos agrarios.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Establecer por entidad un plan anual de colecta de germoplasma						
Aplicación de medidas de protección y cultivo para la reforestación						
Establecer sistemas de muestreo multivariados que permitan evaluar de manera integral los recursos naturales						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología y de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México.

## 11. SANEAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE RECURSOS NATURALES.

**Objetivo:** Elaborar y ejecutar planes de manejo de limpia y saneamiento que contribuyan a la conservación de los recursos naturales.

**Justificación:** Debido a la continua degradación a que están sometidos los recursos naturales por incendios, pastoreo, extracción de materia orgánica, cambio de uso del suelo, plagas y enfermedades y a las condiciones de sobre madurez que presentan parte de los bosques, se tienen problemas de regeneración de la vegetación, lo que conlleva a un proceso de degradación genética continua. Aunado a lo anterior, se encuentran volúmenes importantes de arbolado muerto, situación que se agrava por el hecho de que no existen mecanismos normativos que faciliten su extracción.

**Beneficios:** Mejorar el estado fitosanitario de la masa forestal existente en la ZMVM.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Identificación de los sitios con daños o en estado de riesgo, elaborar un inventario y valorización de los daños, promover un esquema de incentivos para los habitantes de las comunidades a fin de lograr su participación en las acciones de limpia y saneamiento, firmar convenios con los núcleos agrarios, desarrollar esquemas de organización y comercialización de productos.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Identificación de los sitios con daños, o en estado de riesgo						
Elaborar un inventario y valoración de daños						
Definir un esquema de incentivos						
Firma de convenios con núcleos agrarios						
Esquema de organización y comercialización de productos						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología y de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México.

## 12. RECUPERACIÓN, RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS DE LA ZMVM.

**Objetivo:** Promover, fomentar y ejecutar acciones en materia de protección, desarrollo y conservación de los recursos naturales en bosques urbanos y áreas verdes urbanas.

**Justificación:** Las áreas verdes que existen en la ZMVM, están comprendidas dentro de los programas de desarrollo urbano, mismas que son fácilmente modificadas, alteradas, invadidas y destruidas, reduciendo la calidad de vida de los habitantes.

La generación de contaminantes se encuentra estrechamente relacionada con procesos naturales de carcamamiento y con la presencia de áreas desprovistas de cubierta vegetal, pues las principales fuentes emisoras de partículas son la erosión del suelo y la suspensión de polvos en áreas urbanas. Se estima que el 40% de las partículas suspendidas en el aire proceden de estas fuentes naturales.

La riqueza ambiental de las barrancas adquiere una importancia relevante ya que son espacios que captan y conducen el agua hacia los vasos de retención. Es necesario incorporar a las políticas de reforestación urbana el criterio prioritario de la calidad sobre la cantidad, considerando además los espacios suficientes y las especies adecuadas.

**Beneficios:** Reducción de 510 ton por año de PM<sub>10</sub>, incremento en la superficie de área verde por habitante, captación de contaminantes atmosféricos y recarga de acuíferos.

**Costo:** 163 millones de pesos.

**Instrumentación:** Las autoridades ambientales de los gobiernos correspondientes aplicarán las acciones prioritarias para la delimitación física de las áreas verdes urbanas, reforestación y conservación de suelo y agua. Elaborarán y aplicarán los programas de manejo para las áreas verdes urbanas y propondrán un esquema de administración para lograr su desarrollo sustentable.

Las áreas seleccionadas para aplicar este proyecto, serán aquellas que se identifiquen como vulnerables y que tienen prioridad desde el punto de vista hidrológico y atmosférico.

El Gobierno del Estado de México realiza el *Programa para Mitigar la Emisión de Partículas Suspendidas en el Valle de México*, con lo cual actualmente se construyen barreras rompe vientos en la zona federal del ex lago de Texcoco.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Delimitación física y selección de las áreas verdes urbanas prioritarias							
Elaborar programas de manejo							
Proponer un esquema de administración para el desarrollo sustentable							

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología y de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México.

**13. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL SUSTENTABLE.**

**Objetivo:** Capacitar a los productores agrícolas, pecuarios y forestales, en la aplicación de métodos y técnicas de trabajo que les permitan optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales.

**Justificación:** La superficie de uso agropecuario y forestal de la ZMVM es de aproximadamente 211,672 hectáreas (123,020 ha de los 18 municipios conurbados del Estado de México y 88,652 ha de suelo de conservación en el Distrito Federal). Para abatir la emisión de partículas provenientes de estas áreas, es necesario capacitar a los habitantes de las zonas rurales con diversas técnicas de trabajo para mantener sus suelos ocupados, recuperen los predios erosionados o contaminados y aprovechen los recursos de manera racional.

**Beneficios:** Conservación de suelo y agua, conservación y rescate de especies forestales y mejoramiento en la calidad del aire.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Para cumplir con los objetivos de esta medida, las autoridades gubernamentales elaborarán un programa de capacitación con el propósito de involucrar a grupos sociales, municipios y delegaciones, para desarrollar proyectos productivos que garanticen el desarrollo de nueva tecnología.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Elaborar el programa de capacitación						
Integrar brigadas de especialistas por tema que proporcionen los cursos de capacitación						
Ofrecer la capacitación a grupos interesados						
Crear un comité de evaluación, seguimiento y gestión						
Desarrollar proyectos productivos que garanticen el desarrollo de nueva tecnología						

**Actores involucrados:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Economía, Secretaría del Trabajo, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología, de Desarrollo Agropecuario, de Educación Cultura y Bienestar Social del Gobierno del Estado de México, así como instituciones de investigación.

#### **14. PROYECTO DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.**

**Objetivo:** Contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y de vida de los habitantes incorporando la participación de los tres niveles de gobierno, del sector privado y la sociedad en general, mediante el incremento de la cobertura vegetal y la recuperación de los principales cuerpos de agua.

**Justificación:** Las áreas naturales protegidas de la ZMVM, están amenazadas por el crecimiento urbano, el saqueo de sus recursos, actos vandálicos y el uso de suelo no acorde con sus decretos de creación. Por lo que es necesario preservar el entorno ecológico y sus recursos naturales. Las Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal, representan el 96.6% de las ANP del Valle de México con una superficie total de 22,524 hectáreas de los Parques Estatales: Sierra Guadalupe, Sierra de Tepetzotlán, Sierra Hermosa, Sierra Patlachique y Cerro Gordo, ubicados en 13 municipios del Valle Cuautitlán-Texcoco.

Por otro lado, con respecto a los cuerpos de agua durante la evaluación de los impactos obtenidos por la creación de lagos a través del Proyecto Lago de Texcoco, la Comisión Nacional del Agua señala que “además de reducir las tolvánicas, se incrementó la humedad y la precipitación pluvial en la zona, mejorando el ambiente del área conurbada aledaña. Además, se rescató gran parte de la fauna silvestre que en épocas prehispánicas habitaban la zona lacustre del Valle de México”. De ahí la importancia de recuperar lagos como: laguna de Zumpango, lago Nabor Carrillo, Churubusco, Guadalupe, Xochimilco, humedales de Tláhuac, entre otros.

**Beneficios:** Prevención y abatimiento de la contaminación por la acción de la vegetación existente protegida; reforestaciones y detención del crecimiento de la mancha urbana al interior de las Áreas Naturales Protegidas; recarga de los mantos acuíferos; mayores oportunidades de recreación y esparcimiento de la población asentada en las zonas urbanas de los municipios del Valle de México; modificación benéfica del microclima de la región; consolidación de áreas de conservación, que contribuyan al mejoramiento de la calidad del aire

**Instrumentación:** El Proyecto referido conglomerará a 34 municipios metropolitanos del Valle de México, ofreciendo tres grandes programas ambientales: Conservación Ecológica de la Sierra Guadalupe; manejo de Áreas Naturales Protegidas (ANP); creación y Manejo de Áreas Verdes Urbanas (AVU). Dentro de estos programas se manejan 4 subprogramas; que son: Protección y Vigilancia; manejo de Recursos Naturales; servicios a visitantes y educación ambiental; Administración y Normatividad.

Fomentar el manejo sustentable de los parques estatales en los ámbitos ecológico, social y económico. Incentivar para que las áreas naturales protegidas (ANP) sean administradas por patronatos constituidos por los sectores interesados y por comités técnicos consultivos, bajo la dirección de los Gobiernos locales, así como por la sociedad civil, buscando un “Sistema de Conservación Ecológica Sustentable de Parques”, que garantice su autofinanciamiento. Establecer convenios de coordinación interinstitucional. Implementar el programa para el control de malezas acuáticas en Zumpango, Nicolás Romero, Tepetzotlán, Texcoco-Atenco, Atizapán, Xochimilco, Tláhuac, entre otros. Elaborar el programa para el manejo y conservación ambiental de los cuerpos de agua de la Zona Metropolitana del Valle de México. Acciones de manejo y ejecución de obras para conservación ambiental.

**Costo:** Aproximadamente 635 millones de pesos.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Elaboración del programa para el manejo y conservación ambiental de los cuerpos de agua prioritarios de la ZMVM							
Fomentar el manejo sustentable de los parques estatales							
Incentivar que las áreas naturales protegidas (ANP) sean administradas por patronatos							
Establecer convenios de coordinación interinstitucional							

**Actores Involucrados:** Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos), Secretarías de Ecología y Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Municipios y Delegaciones, Instituciones educativas, Comités municipales de prevención y control del crecimiento urbano, Poseedores y propietarios de los terrenos de las ANP.

## **15.- PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EROSIONADOS EN LA CUENCA ORIENTAL DEL VALLE DE MÉXICO.**

**Objetivo:** Mitigar la emisión de partículas suspendidas generadas en la cuenca Oriental para mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

**Justificación:** En la parte alta de la cuenca oriental del Valle de México, la desertificación y el cambio de uso del suelo han generado erosión que, por los vientos dominantes de la región, provocan emisiones de partículas suspendidas, además de que la lluvia arrastra grandes cantidades de sedimentos produciendo avenidas sin control.

**Beneficios:** Por su ubicación, convertir las áreas erosionadas de la cuenca Oriental en áreas verdes con bosques y praderas, se traduce en beneficios e impactos ambientales favorables para la cuenca atmosférica del Valle de México, entre los cuales destacan: Evitar que la erosión eólica arrastre partículas suspendidas hacia el Valle de México; mejorar la calidad del aire en la ZMVM, aumentando la cobertura vegetal de la subcuenca; crear un microclima para mejorar las condiciones atmosféricas del Valle de México; recarga de los acuíferos de la zona; reducción del azolve en redes de drenaje y cauces por arrastre de sedimentos.

**Costo:** 475.5 millones de pesos.

### **Instrumentación:**

Implementación de obras en la subcuenca del río de La Compañía: Producción y manejo de plantas forestales; trabajos de terraceo y subsoleo; construcción de zanjas trinchera; construcción de presas de control de azolve; transporte y plantación de árboles; supervisión de trabajos; evaluación y seguimiento de acciones.

Elaboración e Implementación del Programa para toda la cuenca Oriental: Recopilación de información; estudios básicos de cada subcuenca; integración de una base de datos para el sistema de información geográfica; elaboración de proyectos ejecutivos para obras de conservación; implementación de las obras en la cuenca Oriental; supervisión de los trabajos.



**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Producción y manejo de plantas forestales						
Trabajos de terraceo y subsoleo						
Construcción de zanjas trinchera						
Construcción de presas de control de azolve						
Transporte y plantación de árboles						
Supervisión de trabajos						
Evaluación y seguimiento de acciones						
Recopilación de información						
Estudios básicos de cada subcuenca						
Integración de una base de datos para el sistema de información geográfica						
Elaboración de proyectos ejecutivos para obras de conservación						
Implementación de las obras en la cuenca Oriental						
Supervisión de los trabajos						

**Actores Involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Secretarías de Desarrollo Agropecuario y Ecología del Gobierno del Estado de México y Gobiernos Municipales.



## 8.5 MEDIDAS PARA PROTECCIÓN DE LA SALUD



## 1. MODERNIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS (PCAA).

**Objetivo:** Actualizar el programa de contingencias ambientales para reducir las emisiones de contaminantes durante episodios agudos de contaminación del aire y mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

**Justificación:** A pesar de la disminución en los promedios de los niveles de los máximos IMECA que se registran diariamente en la ZMVM, en más de un 85% de los días del año se alcanzan valores fuera de las normas ambientales. Los estudios epidemiológicos realizados por la Secretaría de Salud muestran la relación que existe entre los niveles de contaminación cuando éstos llegan a niveles de contingencia y el aumento de los ingresos en hospitales. Por esta razón, es necesario que la Secretaría de Salud, en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, haga los análisis necesarios para actualizar los niveles de aplicación del PCAA.

Ya revisados los niveles de aplicación del PCAA, será necesario modificar los acuerdos en los cuales se especifica la forma de aplicación de este programa por parte de la industria manufacturera que se ubica en esta zona y los vehículos automotores que circulen en la ZMVM.

**Beneficios:** Contar con un programa más ágil y eficiente que disminuya la exposición de la población a altos niveles de contaminantes alcanzados durante episodios de contingencia ambiental. Asimismo, revertir la tendencia de emisión de contaminantes por las distintas fuentes cuando los registros de la RAMA marcan una tendencia al incremento en las concentraciones de contaminantes.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** El programa de contingencias ambientales estará basado en los niveles de aplicación que fijen las autoridades ambientales y que sean publicados en los órganos oficiales que la propia autoridad determine; la aplicación y vigilancia del mismo estará a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

De igual forma, en este programa será importante establecer los mecanismos mediante los cuales tanto la industria como los vehículos puedan exentar la participación en el mismo.

---

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Revisión del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas							
Evaluación de las medidas aplicables en las diferentes fases de contingencias por ozono y PM <sub>10</sub>							
Evaluación y actualización de los artículos transitorios							
Reuniones de las dependencias y órganos involucrados para conocer propuestas							
Definición de nuevos niveles de activación para contingencias por O <sub>3</sub> y PM <sub>10</sub>							
Desarrollo de criterios para exención del PCAA con base en los niveles de emisión de COV para las diferentes fases de contingencia ambiental							
Publicación del nuevo PCAA							
Actualización continua							

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, industriales y particulares.

## 2. MEDIDAS PARTICULARES PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

**Objetivo:** Comunicar las estrategias, medidas y acciones que la población en general puede realizar para disminuir la exposición a contaminantes atmosféricos.

**Justificación:** La exposición a los contaminantes del aire es la condición por la cual un individuo entra en contacto con los mismos y es difícil evitarla completamente, pero es posible reducir la exposición y tomar algunas medidas de protección especialmente para algunos grupos más vulnerables, tales como niños, ancianos y enfermos de vías respiratorias.

Las medidas para reducir la exposición a los contaminantes se agrupan en dos tipos: las relacionadas con la reducción de la exposición personal y las relacionadas con prevención y control de la contaminación.

Recomendaciones de reducción de exposición personal ante altas concentraciones de contaminantes:

- Evitar o reducir la permanencia a la intemperie
- Informarse sobre los niveles de contaminación
- Tomar abundantes líquidos, frutas y verduras con vitaminas A y C
- Evitar los cambios bruscos de temperatura, y en su caso utilizar ropa abrigadora
- Evitar la práctica del ejercicio y recreación al aire libre
- Evitar fumar y/o alejarse de los fumadores
- Mantener cerradas puertas y ventanas en días con contingencia o niveles elevados de ozono

Recomendaciones de prevención y control:

- Procurar no utilizar el automóvil, principalmente durante las "horas pico"
- Procurar hacer reuniones de trabajo utilizando medios electrónicos, en vez de organizar juntas en sitios a los que haya que transportarse
- Procurar cargar gasolina o utilizar pinturas solventes, desodorantes y otros productos con compuestos orgánicos, después de las 6 de la tarde
- Procurar hacer uso eficiente y conservar la energía eléctrica, ya que esto reduce la contaminación creada por las plantas termoeléctricas
- Cerrar pilotos en estufas y calentadores de gas
- Procurar evitar actividades emisoras de contaminantes
- No utilizar biomasa (leña, papel o carbón) como combustible para cocinar o calefacción
- Reubicar a personas susceptibles lejos de áreas donde puedan experimentar síntomas adversos, por ejemplo, alejarlos de fumadores, jardines con altos niveles de polen, etc.

**Beneficios:** Prevenir, disminuir y, de ser posible, evitar la exposición de contaminantes atmosféricos; disminuir las actividades emisoras de contaminantes atmosféricos; y disminución de la incidencia de patologías relacionadas con la exposición a contaminantes atmosféricos.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Estas son recomendaciones que se deberán tomar en cuenta en las medidas de comunicación y educación.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Diseño de la campaña de comunicación de riesgos y educación para la salud						
Instrumentación de la campaña						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretarías de Ecología y de Salud del Gobierno del Estado de México, Secretarías de Medio Ambiente y de Salud del Gobierno del Distrito del Federal.



---

### 3. PERCEPCIÓN SOCIAL Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS.

**Objetivo:** Modificar hábitos y actitudes de los habitantes de la ZMVM, tendientes a promover una cultura de protección a la salud, que disminuya el impacto de la contaminación del aire, mediante la implementación de un programa de comunicación de riesgos.

**Justificación:** La población de la ZMVM reconoce que es una metrópoli con niveles elevados de contaminación, lo que repercute en su salud y en la de los niños principalmente; sin embargo, esta percepción contrasta con el desconocimiento que tiene acerca del fenómeno y de las formas de allegarse información, se destaca aún más el hecho de que la población no modifica su comportamiento ante niveles altos de contaminación.

También es notable que la población identifica a las "fábricas" como la fuente de mayor contaminación, cuando en realidad son los autos. Este tipo de elementos, además de la descalificación que existe hacia los programas de gobierno y el papel que juegan las autoridades, indica que la población asocia el problema de la contaminación del aire con factores externos, es decir, un problema que generan y deben solucionar otros. Lo anterior a pesar de que reconocen que la contaminación del aire afecta su vida personal.

Desde la perspectiva de los ciudadanos, la contaminación del aire en la ZMVM puede verse como algo cotidiano, sin solución y que las acciones comunitarias no pueden influir en su disminución. Esto hace necesario implantar acciones a corto plazo, donde el trabajo y la gestión comunitaria promuevan la capacidad de las personas para contribuir al mejoramiento comunitario y de la ciudad. Es por ello, que un aspecto importante de conocer para desarrollar un programa de comunicación de riesgos que responda a las necesidades de los grupos blanco es saber como se percibe el riesgo; ya que dependerá de esta percepción las actitudes y sentimientos de hostilidad y colaboración que se muestran sobre cualquier acción de abatimiento de la contaminación atmosférica.

Es notable que la población con mayor ingreso y educación es más exigente en cuanto a la información y los resultados que esperan de los programas, en tanto que los sectores de menor ingreso y escolaridad tienen mayor confianza, al parecer son usuarios menos exigentes.

A pesar de lo anterior, existen elementos para potenciar un papel participativo de la población en el combate a la contaminación del aire, existe un porcentaje importante que reconoce la presencia de niveles altos de contaminación y es proclive a participar, a pesar de que atribuye a diversas variables la solución del problema.

Se requieren espacios de intervención para involucrar a la ciudadanía en el combate a la contaminación, con una adecuada planeación para dar solución a los planteamientos que surjan de este tipo de iniciativas, de manera que no parezcan acciones donde la población participa y finalmente nada ocurre. Es fundamental tener claro que el posible éxito de los programas de combate a la contaminación depende en gran medida de la participación y compromiso ciudadanos.

Con la finalidad de mejorar la relación entre los habitantes de la ZMVM y su entorno, es necesario desarrollar estrategias de comunicación que consideren la información de los riesgos, acciones de prevención y afrontamiento al problema, que incentiven su gestión participativa e informada. Para ello se requiere:

- Contar con una línea base de información sobre percepción social de la contaminación
- Desarrollar y operar un sistema de indicadores de percepción social de la contaminación
- Desarrollo de modelos de capacitación comunitaria

- Desarrollo de grupos de intervención en comunidades:
  - Promotores de salud
  - Promotores ambientales
  - Delegaciones y municipios
  - Líderes comunitarios
  - Escuelas
  - Centros comunitarios
  - Iglesias
- Desarrollo de una estrategia de comunicación con los elementos del análisis de la información preliminar. Es necesario además orientar una estrategia de comunicación hacia diferentes sectores de la población.

**Beneficios:** Mejoramiento de la salud de la población, mejoramiento de la calidad del aire, organización comunitaria para la gestión ambiental, construcción de una cultura para mejorar la relación entre el ciudadano y su entorno, fortalecimiento de los gobiernos locales y federales, mejoramiento de la imagen de los gobiernos y establecimiento de vínculos entre la sociedad y el gobierno.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Las instituciones encargadas de este programa realizarán las siguientes acciones: análisis de la información existente para definir prioridades y vacíos de información; identificación de grupos y sitios de acción; vinculación con el Programa de Educación Ambiental (PREMIA); definición de los mecanismos de un programa de acción / evaluación; vinculación con ONG, universidades, centros de investigación, sector empresarial, eclesiástico, etc.

Se requerirá de la preparación de la siguiente información: meta-análisis de experiencias en intervención y participación social en comunidades, programa de educación ambiental, acciones de educación ambiental, experiencias comunitarias nacionales e internacionales sobre problemas ambientales y participación comunitaria.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Análisis de la información existente para definir prioridades, vacíos de información						
Identificación de grupos y sitios de acción						
Vinculación con el programa de Educación Ambiental - PREMIA						
Definición de los mecanismos de un programa de acción / evaluación						
Vinculación con ONG, universidades, centros de investigación, sector empresarial, eclesiástico, etc.						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías de Desarrollo Metropolitano, Salud y Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretarías de Medio Ambiente y de Salud del Gobierno del Distrito Federal, panel de expertos (Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad Autónoma del Estado de México).

#### 4. ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE COSTOS ECONÓMICOS ASOCIADOS A EFECTOS EN SALUD.

**Objetivo:** Estimar periódicamente los beneficios económicos en salud asociados con la calidad del aire y establecer un sistema de indicadores de evaluación, así mismo es necesario diseñar y operar un sistema continuo de evaluación económica.

**Justificación:** La estimación de los costos en salud asociados a la contaminación permite evaluar la magnitud del problema y es un instrumento para la negociación, provee criterios para ponderar las intervenciones y evaluaciones de costo-beneficio. Las evaluaciones previas, incluidas en el capítulo 4, muestran el gran impacto económico de este problema. Sin embargo, estas estimaciones tienen todavía muchas incertidumbres originadas del uso de datos generados en condiciones diferentes a la ZMVM. Se requiere estimar los costos específicos a través de métodos de valuación diversos en la ZMVM.

**Beneficios:** Ponderación de beneficios de calidad del aire, insumo para comparar con los costos en las intervenciones, mejores herramientas de gestión y evaluación ambiental, mejoramiento de la conciencia ciudadana y desarrollo de una herramienta de gestión.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** El sistema de evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud requiere la conformación de un comité de seguimiento, la revisión de la línea base, la selección de métodos e indicadores apropiados y la realización de estudios propuestos.

Algunas de las actividades que se necesitan llevar a cabo son: compilación y análisis de estudios previos, la identificación de vacíos de información e incertidumbres, la realización de estudios específicos de costos y una revisión bianual.

Algunos de los estudios identificados corresponden a los siguientes: proyecto IMP (valoración contingente), proyecto de MIT de deseo de pago, métodos de evaluación, sistema de vigilancia epidemiológica, y reportes técnicos de evaluación del programa de contingencias atmosféricas con los límites de calidad del aire.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Conformación de un comité de seguimiento						
Revisión de la línea base						
Selección de métodos e indicadores apropiados						
Realización de estudios propuestos						
Actualización de la evaluación						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de México, grupo de economistas y académicos.

## 5. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

**Objetivo:** Evaluar de manera continua los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los habitantes de la ZMVM.

**Justificación:** Con el propósito de apoyar las decisiones de la Comisión Ambiental Metropolitana, en la ZMVM opera desde 1995 el Sistema de Vigilancia Epidemiológica Ambiental a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud. Este sistema recopila información primaria sobre varios indicadores de morbilidad. Los estudios epidemiológicos basados en este sistema han aportado información muy útil que ha permitido ajustar los niveles para declarar contingencias.

Análisis iniciales de estos datos revelaron que a partir de los 240 puntos IMECA, durante contingencia atmosférica, hay un repunte significativo en la aparición de sintomatología primaria (dificultad para respirar, tos seca, dolor de garganta y de cabeza, lagrimeo e irritación de ojos). A partir de esta información se generaron recomendaciones para el *Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas*, proponiéndose criterios más estrictos para la entrada a contingencias, tanto en lo que se refiere al efecto del ozono, como al de las partículas (PM<sub>10</sub>), y también de su efecto sinérgico.

Actualmente la vigilancia epidemiológica de los efectos en salud derivados de la contaminación atmosférica en el Valle de México se realiza mediante: a) Monitoreo diario de efectos agudos de los contaminantes atmosféricos, b) Monitoreo de efectos agudos durante fases de contingencia atmosférica, y c) Análisis de morbilidad en unidades médicas durante fases de contingencia atmosférica. El establecimiento de este sistema de vigilancia epidemiológica permitió la construcción de una extensa base de datos sobre los efectos en la salud asociados a la exposición a los contaminantes atmosféricos, cuya utilidad no ha sido completamente aprovechada. Una evaluación de riesgos con esta base de datos permitirá dar un seguimiento a los datos generados y aprovechar mejor la inversión ya realizada en este programa.

**Beneficios:** Contar con un sistema permanente de evaluación que permita tomar decisiones con relación a los efectos en la salud de la población y sustentar las bases para la revisión de programas y normas oficiales mexicanas.

**Costo:** No estimado.

### **Instrumentación:**

#### ***Preparación de bases de datos.***

Para evaluar el desempeño del sistema y proponer su curso en el futuro, el primer paso será recopilar toda la información existente al respecto, preparar y limpiar las bases de datos para análisis por grupos distintos, para tener un mejor control de calidad.

Las bases de datos a incluir serán las generadas por el sistema de entrevistas diarias de 1995 al 2000. Esta base de datos cuenta con aproximadamente 300,000 registros de personas entrevistadas sobre sintomatología diaria. El propósito de este análisis será probar la utilidad de esta información como fuente de alertas a la población, así como la evaluación de la necesidad de continuar con un sistema de entrevistas diarias como hasta ahora.

**Convocatoria para análisis de las bases de datos.**

Preparadas las bases de datos para su análisis, se publicará una invitación a la comunidad científica para someter propuestas de análisis de estas bases. Las preguntas a contestar con estos análisis incluirán al menos aspectos relacionados con la sintomatología más sensible, los índices de evaluación de exposición más adecuados, la evaluación de efectos agudos y de mediano plazo, la evaluación del efecto sobre la duración de la enfermedad, así como costos de atención. Se tratará de tener al menos dos evaluaciones independientes. Los métodos de análisis a emplear deberán ser métodos estadísticos de frontera que permitan evaluar las asociaciones de una forma no lineal y la evaluación de umbrales. Los candidatos deberán demostrar su capacidad técnico-científica para llevar a cabo los análisis.

**Taller de evaluación del proceso de vigilancia.**

Con los reportes de los análisis de los datos se procederá a la discusión del diseño y logística del sistema de vigilancia, para evaluar su costo eficiencia y el desempeño del sistema en relación con las intervenciones en los casos de contingencia.

**Rediseño del sistema de vigilancia.**

Las conclusiones del taller de evaluación del sistema servirán para el rediseño del mismo. Este rediseño será guiado por expertos en el área. Se evaluará la conveniencia de continuar con mediciones a distintos individuos o si es más conveniente tomar a una población centinela que reporte de manera continua su estado de salud. Se evaluará la conveniencia en el seguimiento de manera telefónica o por otro medio no personal de entrevista que disminuya los costos.

**Desarrollo y evaluación del nuevo sistema de vigilancia.**

Una evaluación inicial indicaría que el nuevo sistema de vigilancia puede ser un sistema pasivo que emplee la información generada por los servicios de salud, con un grupo de estudios complementarios. Sin embargo, el diseño específico será establecido después de la evaluación.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Preparación de las bases de datos						
Convocatoria para análisis de bases de datos						
Realización de un taller de evaluación del proceso de vigilancia						
Rediseño del sistema de vigilancia						
Desarrollo y evaluación del nuevo sistema de vigilancia						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Salud del Gobierno del Distrito Federal e instituciones del sector salud.

## 6. CREACIÓN Y REVISIÓN DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.

**Objetivos:** Crear y actualizar las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los criterios de calidad del aire ambiente como una respuesta de las nuevas necesidades sociales.

**Justificación:** La existencia de normas permite controlar la exposición de la población a sustancias contaminantes, además de fundamentar el diseño de medidas de prevención y control. Los avances recientes en el conocimiento en los efectos en salud por la exposición ambiental a sustancias tóxicas atmosféricas adicionales a los contaminantes criterio actuales, hace necesario crear, ampliar y actualizar las normas de calidad del aire ambiente sobre los niveles máximos permisibles que protejan a la población.

**Beneficios:** Proteger la salud de los individuos expuestos a los contaminantes, ser la base científica para la activación y desactivación de contingencias ambientales atmosféricas y establecer los criterios para la información de la población sobre los riesgos a la salud.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Seguir un procedimiento estándar para la revisión de todas y cada una de las normas con el objeto de que el proceso sea expedito, corto y eficiente. Se sugiere que la evidencia científica y no-científica sea presentada por los actores que conocen, manejan o hayan generado información al respecto.

Validar el procedimiento para la elaboración o revisión de las normas.

Incluir obligatoriamente una Norma Técnica en cada Norma que indique la metodología de monitoreo y registro de los contaminantes que permita medir adecuadamente y reproduciblemente los valores normados.

Elaborar las Normas para:  $PM_{2.5}$ , contaminantes atmosféricos tóxicos (benceno, formaldehído, 1,3 -butadieno, metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos).

Elaborar una Norma Técnica para uniformar los criterios requeridos para calcular los datos y la manera con que se informe al público del índice de la calidad del ambiente.

Todos los pasos requieren de personal capacitado de la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud, o en su defecto, la contratación temporal de expertos.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Programación de normas que deben ser revisadas						
Seguimiento de un procedimiento estándar para la revisión de las normas						
Presentación para discutir puntos específicos						
Consenso por los actores involucrados						
Revisión de comentarios por los sectores involucrados						
Revisión permanente de la información disponible						
Elaboración de normas para PM <sub>2.5</sub> y tóxicos atmosféricos						
Elaboración de normas técnicas para metodologías de medición de contaminantes criterio						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, instituciones de investigación superior, institutos y servicios de salud, organizaciones no gubernamentales, industria y académicos.

---

## 7. INVESTIGACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Ampliar el conocimiento específico sobre los efectos de la contaminación en la salud y desarrollar estudios sobre efectos crónicos, para el fortalecimiento de la toma de decisiones.

**Justificación:** Si bien se han desarrollado investigaciones particularmente en la ZMVM, éstas se han enfocado en el estudio de efectos agudos y mortalidad e investigación extramuros. Sin embargo, faltan por realizar investigaciones sobre los efectos de la contaminación a largo plazo, estudios de morbilidad y en algunos casos investigación básica sobre otros contaminantes. Asimismo, se requiere incluir el efecto sinérgico de contaminantes no criterio (aromáticos, carbonílicos, aerosoles, etc.) y el análisis más minucioso de las exposiciones globales a las que están sometidos los habitantes de la ZMVM, evaluando otros tipos de exposiciones adicionales a las de tipo extramuros.

**Beneficios:** Contar con información local, completa y actualizada de la ZMVM que permita la toma de decisiones referentes a las políticas de salud relacionadas al impacto de la contaminación atmosférica.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** Conformación de un comité de evaluación de protocolos de proyectos de investigación con sesiones anuales para identificar temas prioritarios de investigación en: a) Valoración más amplia de los riesgos respiratorios, incluyendo contaminación intramuros, tabaquismo, exposición laboral, exposición a alérgenos, temperatura, clima e infecciones virales; b) Estudios comparativos de efectos en salud por contaminación atmosférica entre diferentes ciudades; c) Conformación de una cohorte control en una ciudad del valle de México, o a la misma altitud, menos contaminada. Requiere equiparar por completo los métodos de medición de contaminantes y de vigilancia de los sujetos; d) Impacto a la salud de los contaminantes tóxicos y mezclas de contaminantes; e) Determinación de exposición personal a múltiples contaminantes; f) Investigación de poblaciones en riesgo a los efectos adversos mediante genotipificación.



**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Formación de un comité de evaluación						
Realización de reuniones anuales del Comité para identificar temas prioritarios de investigación						
Valoración amplia de los riesgos respiratorios						
Revisión de estudios comparativos entre diferentes ciudades						
Diseño de una cohorte control en la cuenca del Valle de México, a la misma altitud y menos contaminada						
Estandarización de métodos de medición de contaminantes y vigilancia de los sujetos						
Evaluación de efectos a la salud por la exposición a contaminantes tóxicos						
Evaluación de efectos a la salud por la exposición de mezclas de contaminantes tóxicos						
Investigación de Poblaciones en riesgo a los efectos adversos mediante genotipificación						

***Actores involucrados:*** Secretaría de Salud, Secretarías de Salud de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Instituto Nacional de Salud Pública, Universidad Nacional Autónoma de México.

## 8. EFECTOS EN LA SALUD ASOCIADOS CON FUENTES PUNTUALES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES.

**Objetivo:** Conocer los efectos a la salud humana en sitios con presencia de altos niveles de contaminación.

**Justificación:** De acuerdo con el inventario de emisiones y los datos de calidad del aire de la RAMA de la ZMVM, los mayores niveles de contaminación se dan en zonas emisoras y receptoras de los diferentes tipo de contaminantes (bióxido de azufre, monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno, ozono, hidrocarburos y partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros).

Hasta ahora han sido pocos los estudios sobre efectos a la salud de la población causados por una fuente de emisión o varias, así como la exposición a los diferentes niveles de contaminantes presentes en los distintos ambientes (intra y extramuros).

Los efectos relacionados pueden ser diferentes y variar de un sujeto a otro. Lo anterior depende de diversos factores como el tipo de contaminante (gas o partículas), sí el ambiente es cerrado o abierto y el período de exposición de la población, la edad y salud de los habitantes de la región afectada, entre otros.

Por las características particulares que presenta la zona metropolitana y las diversas actividades que desarrolla su población se deben identificar las áreas y las actividades de mayor riesgo a la salud.

**Beneficio:** Identificación de las fuentes que producen mayor riesgo hacia la salud de la población; creación de un catálogo de actividades de riesgo por contaminación y por estrato de edad; y la generación de un banco de información confiable para el apoyo de estrategias tendientes a la regulación y el control de emisiones.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La Secretaría de Salud, en coordinación con los gobiernos locales, instituciones involucradas en la investigación sobre la contaminación y sus efectos y expertos en el tema, iniciará y coordinará el estudio sobre la contaminación local, bajo las siguientes actividades: a) Priorizar los sitios que presenten niveles altos de contaminación en la ZMVM; b) Identificar los contaminantes presentes en los sitios y sus fuentes generadoras; c) Conocer los efectos a la salud de la población en los sitios de elevada contaminación; d) Evaluar los efectos a la salud por un contaminante dado o por el efecto sinérgico de dos o más y e) Conocer los niveles de dosis-respuesta de los diferentes estratos de edad de la población en sitios emisores o receptores de contaminantes. Para el desarrollo de esta estrategia, se sugieren dos etapas. La primera esta encaminada a realizar trabajo de gabinete para disminuir costos. En ella se identificarán los sitios de mayor riesgo en cuanto a efectos de la contaminación hacia la salud de la población en la ZMVM.

Con los resultados del análisis de la información se procederá a elaborar la estrategia de muestreo. Los tipos de muestreos que se proponen son: monitoreo personal, en microambientes y a nivel de la población (alrededor de 1.5 m) y en sitios identificados como los de mayor riesgo.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Priorización de sitios que presenten altos niveles de contaminación						
Identificación de contaminantes presentes en los sitios y fuentes generadoras						
Conocimiento de los efectos en la salud de la población						
Conocimiento de los niveles de dosis respuesta de los diferentes estratos de edad de la población						

**Actores involucrados:** Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías del Medio Ambiente y de Salud del Gobierno del Distrito Federal, Secretarías de Ecología y de Salud del Gobierno del Estado de México y grupos de investigación.



## 8.6 MEDIDAS PARA EDUCACIÓN AMBIENTAL



## 1. SUBPROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL FORMAL.

**Objetivo:** Promover la participación del sector educativo para difundir las causas de la contaminación atmosférica y asumir su corresponsabilidad en la mejora de la calidad del aire y de vida de la población.

**Justificación:** Aunque la educación ambiental formal se desarrolla ya en algunos de los espacios escolares del sistema educativo, incorporada a algunos de los planes y programas de estudio, existen aún importantes huecos y necesidades a cubrir.

En el caso de la educación básica, por ejemplo, se han hecho una serie de integraciones de contenidos que han mejorado sustancialmente el tratamiento de esta temática, pero sigue siendo aún una incorporación parcial y casi exclusiva del área de ciencias naturales.

Uno de los puntos de mayor debilidad del sistema educativo sobre la temática ambiental se ubica en el nivel medio superior y superior a pesar de existir cada vez más especialidades, diplomados y carreras sobre esta área del conocimiento.

Esto tiene que ver con que mucho del esfuerzo generado en la oferta educativa, ha obedecido más a una posibilidad de captar estudiantes que a un trabajo claro y dirigido por incorporar la dimensión ambiental de la manera más adecuada en la curricula de todo el nivel, permitiendo una formación más crítica y propositiva sobre las formas en que cada quehacer profesional impacta o no al medio ambiente.

**Descripción del subprograma:** Establecimiento de una alianza estratégica entre las autoridades de los sectores ambiental y educativo de los gobiernos federal y locales para definir y establecer compromisos sobre la incorporación y desarrollo de los proyectos y acciones que es necesario impulsar desde la institución educativa para contribuir a la solución del problema de la contaminación atmosférica de la ZMVM.

- Difundir la educación ambiental no necesariamente con nuevos contenidos, sino interpretar éstos de acuerdo con la situación actual.
- Incorporación obligatoria de la temática ambiental y particularmente de la problemática de la contaminación atmosférica en la curricula de todo el sistema educativo (desde educación básica hasta superior).
- Constitución de un grupo de especialistas responsable del diseño y creación de la estrategia de incorporación de la temática al currículo en los planes y programas de educación, particularmente en los niveles medio-superior y superior. El grupo estaría integrado por investigadores y docentes de las instituciones de la ZMVM.
- Elaboración de materiales didácticos sobre los principales procesos de presión que originan la contaminación atmosférica y las soluciones que cada sector o individuo puede desarrollar para aliviarla.
- Capacitación, actualización y formación de docentes que multipliquen la información sobre medidas y acciones para mejorar la calidad del aire. Incorporación de un valor de estas acciones al sistema de carrera magisterial.
- Creación de un espacio en EDUSAT que contribuya a la formación docente y apoye a la educación formal a través de cursos, talleres, seminarios y/o diplomados a distancia por televisión e internet.
- Incorporación de un proyecto particular de la temática, al *Programa Nacional de Actualización Permanente*.

Promoción y apoyo a proyectos de investigación en:

- Educación ambiental dirigida a sensibilizar a la población sobre medidas de prevención de la contaminación atmosférica.
- Temáticas ambientales que coadyuven a la definición de políticas, estrategias o tecnologías que prevengan o controlen los problemas de contaminación atmosférica.
- Vinculación de la educación formal con la no formal para favorecer el intercambio de experiencias que permitan una sensibilización hacia actitudes ambientalmente amigables o la adopción de tecnologías que prevengan y controlen los problemas de contaminación, aprovechando los centros o instituciones de educación ambiental, las industrias o grupos no gubernamentales. Asimismo, fortalecer o crear "escuelas para la familia", como espacios de encuentro familiar orientado hacia un trabajo solidario y compartido en busca de un beneficio común: la mejora ambiental. La idea es que cada escuela de educación básica de la ZMVM cuente con una escuela familiar.
- Promoción de la relación entre instituciones educativas para el intercambio y enriquecimiento de estrategias didácticas y de investigación en educación ambiental.
- Fomento del intercambio de experiencias educativas y recursos diversos con otras zonas metropolitanas y regiones de nuestro país y el extranjero, donde se desarrollen actividades de educación y capacitación ambiental que enfatizan la necesidad de mejorar la calidad del aire. Establecer convenios de colaboración con organismos internacionales para conocer otras experiencias educativas en materia ambiental y mejora de la calidad del aire. Intercambiar recursos y gestionar apoyos.
- Diseñar métodos de evaluación y seguimiento permanente del subprograma de Educación Ambiental Formal para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM, que se desarrollan en el marco del *Programa Rector Metropolitano Integral de Educación Ambiental 2000-2003 (PREMIA)*, con la finalidad de obtener información de los alcances, logros y obstáculos a los que se enfrentan y realizar las modificaciones y reorientaciones pertinentes.

**Beneficios:** Participación coordinada e integral de los sectores educativos de la ZMVM para mejorar la calidad del aire.

- Inclusión de la educación ambiental con énfasis en el mejoramiento de la calidad del aire, como proceso transversal y permanente en planes, programas y actividades escolares de los diversos subsistemas educativos de la ZMVM para su fortalecimiento y consolidación.
- Materiales de enseñanza de los diversos niveles y modalidades de educación con contenidos ambientales relativos a la calidad del aire.
- Realización de investigaciones orientadas a mejorar la calidad del aire.
- Mayor cantidad de proyectos de restauración, prevención de la contaminación, aprovechamiento eficiente y mejoramiento de la calidad del aire; productivos, de desarrollo urbano, de transporte, de consumo sustentable, entre otros, que incorporan el componente educativo como estrategia fundamental para su éxito.
- Planta docente formada y actualizada en la temática ambiental, especialmente en el mejoramiento de la calidad del aire.
- Egresados de las universidades y de carreras técnicas con una perspectiva ambiental y de la problemática de la calidad del aire que les permita un desempeño profesional comprometido y responsable con el medio ambiente.
- Estudiantes de nivel básico y medio superior concientes sobre la problemática ambiental y particularmente sobre la calidad del aire que influyen en los grupos de adultos para transformar su relación con el medio ambiente.



- Una institución escolar fortalecida y enriquecida con las distintas ofertas de centros de educación ambiental, instituciones o industrias que desarrollen temáticas ambientales en programas de educación no formal.
- Aplicación de los conocimientos escolares en el ámbito familiar para el beneficio de la salud y el ambiente.
- Mejor aprovechamiento de la capacidad instalada dentro y fuera de las instituciones educativas en beneficio del medio ambiente.

**Costo:** No estimado.

**Calendario de ejecución.**

<i>Actividad</i>	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Establecer estrategias entre las autoridades ambientales y el sistema educativo en la ZMVM							
Incorporación de temáticas ambientales al sistema educativo relacionadas con la problemática de la contaminación atmosférica							
Constitución de un grupo integrado por investigadores y docentes							
Elaboración de material didáctico sobre el origen de la contaminación atmosférica y sus soluciones							
Capacitación, actualización y formación de docentes							
Promoción y apoyo a proyectos de investigación relacionados con la temática, educación y capacitación en materia ambiental							
Diseño de métodos de evaluación, actualización y seguimiento de los programas educativos							

**Actores involucrados:** Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Metropolitano, Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social del Gobierno del Estado de México, Subsecretaría de Servicios Educativos del Distrito Federal, Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior.

## 2. SUBPROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL NO-FORMAL.

**Objetivo:** Desarrollar actividades de educación ambiental no-formal con y para la población de la ZMVM, con objeto de que se sensibilicen y cambien actitudes para favorecer una cultura ambiental que mejore la calidad del aire.

**Justificación:** Este subprograma de educación ambiental no-formal retoma los ejes articuladores del PREMIA así como el concepto amplio de educación ambiental, con objeto de abordar desde la visión del Grupo de Trabajo de Educación Ambiental de la CAM, la premisa de que la educación ambiental no formal es un aporte educativo en el ámbito comunitario y social que se realiza de forma activa en distintos centros (museos, parques naturales, centros de interpretación ambiental, entre otros), con objetivos y métodos propios. Esta educación no-formal se le considera como una educación organizada, sistemática y formativa, realizada fuera del marco del sistema oficial para facilitar determinadas clases de aprendizaje.

Las particularidades de la población y de la problemática atmosférica de la ZMVM hace necesario proponer una novedosa e incluyente propuesta de educación ambiental no-formal, que permita en los próximos 10 años lograr la sensibilización de los habitantes de la zona metropolitana para que participen en las distintas acciones para mejorar la calidad del aire en esta región. Para lograr este objetivo el subprograma de educación ambiental no-formal incluye cuatro componentes que son: 1) Capacitación a educadores ambientales, 2) Apoyo al fortalecimiento de la Red Metropolitana de Museos y Centros de educación ambiental, 3) Gestión ambiental participativa, y 4) Divulgación de contenidos y materiales del Programa.

### **Descripción del subprograma:**

#### **CAPACITACIÓN.**

Esta medida se vincula al subprograma de información, formación y capacitación ambiental, ya que se propone establecer un programa de capacitación permanente sobre temas de aire, dirigido a educadores ambientales y promotores, tanto de centros y espacios de educación ambiental, como de aquellas organizaciones que incluyan programas de educación no-formal en la ZMVM.

#### **APOYO AL FORTALECIMIENTO DE LA RED DE MUSEOS Y CENTROS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL (REMUCEAC).**

Se propone apoyar el fortalecimiento de la red de museos y centros de educación ambiental, vinculando sus tareas y objetivos con aquellas que permitan difundir la problemática de la contaminación del aire y las acciones del PROAIRE 2002-2010, así como operar los programas de educación ambiental no formal que se proponen en este programa y que se describen con más detalle adelante. Un ejemplo de esto es la promoción del sistema de monitoreo ambiental participativo.

#### **GESTIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA.**

Con esta medida se establecerán vínculos tanto con otras dependencias gubernamentales o empresariales y organizaciones de la sociedad civil, para la promoción de artículos o productos que estimulen las distintas medidas impulsadas por el PROAIRE 2002-2010 (PROFECO, cámaras empresariales, entre otras). Asimismo se espera lograr la incorporación de actividades de educación ambiental no formal que apoyen los contenidos del Programa. Finalmente con la Gestión Ambiental participativa se impulsará la corresponsabilidad entre ciudadanos y autoridades para fortalecer los instrumentos de política promovidos por instancias como la CAM y otras instituciones públicas.

DIVULGACIÓN DE CONTENIDOS Y MATERIALES DEL PROAIRE 2002-2010.

A través de este componente se apoyarán las acciones del subprograma de comunicación educativa para difundir más eficientemente las medidas y condiciones de la calidad del aire desarrolladas por el PROAIRE 2002-2010. Entre las principales acciones destaca la de promover y crear programas de educación ambiental itinerante para cada delegación y municipio de la ZMVM y la producción de materiales educativos.

**Beneficios:** Contar con una ciudadanía conciente e informada que participe en acciones concretas en favor del mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM.

- Contar con herramientas específicas y materiales didácticos para que los educadores y promotores ambientales multipliquen eficientemente el Programa y lo difundan entre la población de la ZMVM.
- A través de la red de museos y centros de educación ambiental, así como de las redes de educadores ambientales, promover los contenidos del PROAIRE 2002-2010 entre la ciudadanía.
- Potenciar los esfuerzos del gobierno en sus tres niveles, así como de los sectores de la sociedad civil para promover y aplicar el PROAIRE 2002-2010.

**Costo:** No estimado.

**Calendario de ejecución**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Desarrollo de actividades y programas de educación ambiental no-formal.							
Establecer programas de capacitación para educadores y promotores							
Fortalecer los centros de educación ambiental							
Establecer vínculos en las dependencias gubernamentales, empresariales y organismos							

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretarías de Ecología y de Desarrollo Metropolitano del Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, consejos municipales de protección al ambiente, directores de ecología delegacionales y municipales, museos y espacios de educación ambiental y organizaciones no gubernamentales.

### 3. SUBPROGRAMA DE INFORMACIÓN, FORMACIÓN Y CAPACITACION AMBIENTAL.

**Objetivo:** Promover el acceso a la información sobre los aspectos relacionados con la gestión del aire entre los diferentes sectores de la sociedad y establecer los lineamientos generales para la capacitación obligatoria del personal de industrias, empresas, verificentros y autoridades en un programa que les permita asumir como propios los objetivos del PROAIRE 2002-2010.

**Justificación:** La instrumentación de las estrategias del PROAIRE 2002-2010 requiere contar con personal especializado y técnicos capacitados en cada una de las medidas operativas de este programa. Existen sectores clave para su operación como son las autoridades ambientales, los inspectores, el personal de los verificentros, de las gasolineras, de los talleres mecánicos, los automovilistas, entre otros; para los que la capacitación debe ser obligatoria. Por esta razón se plantea que el presente subprograma apoye las diferentes estrategias del Programa a través de la formación y capacitación permanente. Se promoverá que los diferentes cursos o talleres tengan una orientación acorde con la propuesta educativa del PREMIA.

#### *Descripción del subprograma.*

Se considera que es indispensable la formación, capacitación y actualización del personal técnico operativo de las instituciones públicas, educadores ambientales, empresas, entre otros, cuyas actividades repercutan directamente en la gestión y calidad atmosférica en la ZMVM.

La formación y capacitación ambiental para apoyar la gestión en materia de calidad del aire que se propone puede llevarse a cabo a través del Centro de Información y Capacitación (CEIFCA), que se pretende constituir como un ente normativo, certificando los programas de formación y capacitación obligatorios o en forma independiente con instituciones y organismos que brinden este servicio; lo fundamental es que la capacitación se desarrolle como requisito para determinados puestos laborales.

La formación estará dirigida a impulsar y promover programas de educación formal para constituir grupos de especialistas en determinado tópico de calidad del aire, con una orientación integradora del ambiente y sus problemas, que permita atender al tema de la calidad ambiental y del aire en particular desde una perspectiva sistémica. Por otro lado, la capacitación se dirigirá a la adquisición o mejoramiento de saberes concretos, prácticos e instrumentales sobre métodos o técnicas específicas para abordar, regular, medir, prevenir, o remediar aspectos vinculados con la calidad del aire en la ZMVM. Los programas podrán ser presenciales o a distancia.

Otro componente de este subprograma es el Sistema de Información Ambiental Metropolitano que reúna y sistematice toda la información ambiental de la región, generada fundamentalmente por instituciones gubernamentales, de educación superior y de centros de investigación. El manejo de dicha información corresponderá a una orientación sistémica del ambiente y a una organización temática en materia de calidad del aire; y poco a poco incorporar información de residuos sólidos y peligrosos, el recurso agua, las áreas verdes, consumo energético, entre otros. La exhibición de su acervo, se puede hacer a través de información documental, o por medios electromagnéticos; aprovechando la tecnología en telecomunicaciones, colocar terminales en bibliotecas, o en Internet.

Desde el punto de vista educativo el Centro de Información será una importante herramienta que apoye a los diferentes actores que se involucren en las tareas de formación, capacitación y difusión de la información. Así mismo, se puede aprovechar la infraestructura para generar publicaciones especializadas y de acceso al público en general, en forma periódica.

**Beneficios:**

- Formar especialistas, técnicos y operadores de las diferentes estrategias del PROAIRE 2002-2010 altamente calificados para desempeñar sus trabajos, con sensibilización y compromiso ciudadano para contribuir desde sus ámbitos de acción con el mejoramiento de la calidad ambiental y atmosférica en particular, así como de las condiciones de vida de los habitantes de la ZMVM.
- Vincular las estrategias de formación y capacitación del PREMIA, con las estrategias y medidas de control del PROAIRE 2002-2010.
- Capacitar a trabajadores de empresas o industrias sobre aspectos de la normatividad y otros que permitan su contribución a las propuestas del PROAIRE 2002-2010.
- Contar con una población metropolitana informada sobre la calidad del aire y las medidas que se realizan para su mejoramiento, que promueva la sensibilización sobre la problemática.
- Regular y certificar la oferta de capacitación y formación ambiental para operadores de diferentes niveles del PROAIRE 2002-2010.
- Contar con una fuente de información institucional, actualizada y confiable sobre la calidad atmosférica y aspectos ambientales relacionados.

**Costo:** No estimado.

**Calendario de ejecución.**

<b>Actividad</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007-2010</b>
Formar, capacitar y actualizar al personal involucrado en la gestión y calidad atmosférica							
Crear sistemas de información ambiental con una orientación sistemática del ambiente en materia de calidad del aire							

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, instituciones académicas y gubernamentales, organizaciones sociales y consultorías.

#### 4. SUBPROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN EDUCATIVA AMBIENTAL.

**Objetivo:** Promover una cultura ambiental y de corresponsabilidad para fomentar el desarrollo sustentable y el mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM, a través de una estrategia de comunicación educativa que propicie un cambio de valores, actitudes y hábitos de los ciudadanos con relación al medio ambiente.

**Justificación:** La ZMVM presenta una gama de desafíos en materia ambiental. A esto se suma el hecho de que las medidas de protección al ambiente adoptadas por las autoridades no han producido todo el beneficio esperado, debido a la falta de credibilidad y participación ciudadana para llevarlas a cabo. Ante esta grave crisis ambiental de la ZMVM es urgente: a) Generar credibilidad ante las medidas ambientales promovidas desde las instituciones públicas con el objeto de legitimar las acciones de gobierno y fomentar la participación de la sociedad, b) Contribuir a un cambio de valores, actitudes y hábitos de la población para construir una cultura de la corresponsabilidad ambiental, que haga comprender que cada una de nuestras acciones cotidianas y particulares afectan el medio ambiente y la calidad de vida, y c) Fomentar la conciencia de que los individuos tienen derechos, entre ellos, a vivir en un ambiente sano.

Se considera que para lograr un mayor impacto de educación ambiental en la población de la ZMVM, se requiere diseñar una estrategia intensa y continua en los medios de comunicación, con la finalidad de impulsar la corresponsabilidad ambiental. De tal forma que se construya una estrategia integral de educación ambiental donde los medios de comunicación se vinculen con la educación formal y no-formal.

##### **Descripción del subprograma.**

El subprograma de comunicación y difusión educativa ambiental abarca tres componentes:

##### PERCEPCIÓN AMBIENTAL Y HÁBITOS DE AUDIENCIA EN LA ZMVM.

Conocer la percepción ambiental y hábitos de audiencia de cada sector social de la ZMVM, con el fin de dirigir a cada uno, los mensajes que considere más pertinentes y a través de los medios que prefiera, para ahorrar recursos y aumentar la efectividad de las campañas.

##### CAMPAÑAS EN MEDIOS.

Consiste en el diseño, producción y transmisión en medios de los mensajes que sean necesarios para cubrir las necesidades de educación e información ambiental de la población de la ZMVM (necesidades que serán reveladas por los estudios de la componente anterior, así como las necesidades de difusión e invitación a participar por parte de las autoridades ambientales metropolitanas. Algunos de los criterios que seguirán las campañas son: a) La realización de una campaña anual, que abarque distintos temas y mensajes; b) Los medios que se elijan para transmitir los mensajes, así como el formato, diseño y contenido de los mensajes en medios, serán definidos por los estudios realizados en la primera componente; c) Pueden aprovecharse los lugares de paso obligatorio (verificentros, compañías de luz y teléfono, bancos, oficinas de licencias, etc.) para proyectar ahí videos sobre ahorro de energía, prácticas adecuadas de manejo de vehículos, verificación vehicular, etc., La creación de un personaje promotor de acciones en favor del ambiente, que tendrá las características de cualquier ciudadano y promoverá la participación social en las acciones de mejoramiento de la calidad del aire, el consumo de productos no dañinos, etc.; d) Los

contenidos de los mensajes deberán corresponder a las posibilidades reales de participación de la sociedad; e) La difusión de mensajes por medios impresos deberá hacerse en documentos que los usuarios deban conservar forzosamente: la factura de la verificación, los recibos de luz, agua o predial, etc.; f) El subprograma de comunicación educativa ofrecerá lineamientos a los procesos de comunicación social del PROAIRE 2002-2010, de manera que la información de coyuntura sobre el mismo y la calidad del aire en la ZMVM siempre se base y apoye en la información que esta estrategia maneje.

**ALIANZA ESTRATÉGICA CON COMUNICADORES Y LÍDERES DE OPINIÓN.**

Esta dirigida a establecer vínculos con comunicadores y líderes de opinión para fortalecer las campañas en medios y las medidas ambientales adoptadas por las autoridades metropolitanas. Algunas consideraciones de esta componente son: talleres y seminarios sobre comunicación y medio ambiente y la creación de una red de comunicadores y líderes de opinión interesados en la difusión ambiental. Este equipo de comunicadores y líderes de opinión trabajará en estrecha relación con la áreas del PROAIRE 2002-2010 dedicadas a sistematizar la información técnica, con el fin de hacerla accesible al público en general.

**Beneficios:**

- Un cambio de valores, actitudes y hábitos en la población de la ZMVM para una mayor aceptación de las medidas para mejorar la calidad atmosférica y disposición a la colaboración.
- Ofrecer lineamientos a los procesos de comunicación social del PROAIRE 2002-2010, de manera que la información de coyuntura sobre el mismo y la calidad del aire en la ZMVM estén siempre en correspondencia.
- La posibilidad de tener espacios serios y permanentes en los distintos medios de comunicación.
- Vinculación entre las estrategias del PROAIRE 2002-2010 y del PREMIA.

**Costo:** No estimado.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Realizar campañas para determinar los hábitos, actitudes y valores de respuesta de la población							
Difundir las campañas de educación e información ambiental dirigidas a la población utilizando los diferentes medios de comunicación							
Establecer alianzas entre los comunicadores, líderes de opinión y las dependencias involucradas para la ejecución de las campañas							

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal del Consumidor, Comisión Nacional de Ahorro de Energía, Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Medios de comunicación.





## 8.7 MEDIDAS PARA FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL



**1. ELABORAR LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS, UBICADOS EN LA ZMVM.**

**Objetivo:** Caracterizar y elaborar el diagnóstico ambiental de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios que son aportadores de emisiones a la atmósfera, que se encuentran ubicados en la ZMVM.

**Justificación:** Actualmente el INEGI reporta cerca de 58,000 establecimientos manufactureros en la ZMVM sin hacer una clasificación de aquellos que generan emisiones al agua, aire y suelo, por lo que es necesario elaborar un diagnóstico del número de establecimientos que generan emisiones a la atmósfera, el cual se podrá comparar con las bases de datos del inventario de emisiones. Esto permitirá a la autoridades ambientales conocer el grado de cumplimiento ambiental y facilitar la actualización del inventario de emisiones a la atmósfera.

**Beneficios:** Aumentar el grado de confianza del inventario de emisiones que contribuya a la toma de decisiones y enfocar de manera más precisa los programas de prevención y control de la contaminación de este sector productivo.

**Costo:** No estimado

**Instrumentación:** Establecer convenios con el INEGI para obtener conjuntamente las bases de datos e información georeferenciada. Analizar las bases de datos identificando los criterios de clasificación utilizados para generar la información. Relacionar los códigos de clasificación utilizados en las diversas fuentes de información. Obtener el número de industrias de la base de datos del inventario de emisiones respecto al resto de las bases de información. Elaborar un Sistema de Información Geográfico de los establecimientos en la ZMVM. Elaborar el diagnóstico de los establecimientos.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Firma de convenio con INEGI						
Análisis de las bases de datos						
Relación de códigos de clasificación en las diversas fuentes de información						
Elaboración de un sistema de información de los establecimientos en la ZMVM						
Elaboración del diagnóstico de los establecimientos						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

---

## 2. INTEGRACIÓN DE UN COMITÉ METROPOLITANO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

**Objetivo:** Evaluar e integrar todos los proyectos de tecnologías de control de emisiones a la atmósfera, ingresados a las dependencias gubernamentales en materia ambiental, bajo un procedimiento homologado, a través del Comité Metropolitano de Evaluación y Seguimiento de Nuevas Tecnologías.

**Justificación:** La ZMVM tiene el mayor problema de contaminación del aire, por lo que la participación ciudadana se ha incrementado mediante las propuestas de nuevas tecnologías de reducción de la contaminación ambiental, tanto para vehículos como para la industria. Estas propuestas abarcan diversas aplicaciones, entre las que se pueden mencionar: aditivos para combustibles, aditivos para aceite (sistemas de lubricación), dispositivos ahorradores de combustible, dispositivos de tratamiento de gases contaminantes, entre otros. La situación actual se menciona a continuación:

Su distribución y comercialización no está reglamentada desde el punto de vista ambiental, por lo que es necesaria la evaluación de los efectos positivos o adversos que puedan existir.

Mediante oficios se ingresan diversas peticiones por parte de los promotores a las diferentes dependencias gubernamentales en materia ambiental, por lo que su análisis implica la duplicación de esfuerzos, además de que se carece de un banco de información en el que se almacenen los datos generales y los resultados del análisis o la opinión técnica que le fue otorgada al proyecto; debido a esto, los promotores reingresan su proyecto cada vez que hay un cambio de autoridades.

Es necesario establecer un procedimiento homologado entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, para atender las peticiones solicitadas por los promotores.

**Beneficios:** Identificar aquellos proyectos que tengan efectos benéficos para el ambiente, homologando la forma de realizar el análisis, evaluación, dictamen y seguimiento de los nuevos proyectos, investigaciones y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a fuentes fijas y móviles, para el mejoramiento ambiental, propuestas por investigadores y/o promotores.

**Costo:** No estimado

**Instrumentación:** La CAM formará un Comité de Evaluación y Seguimiento integrado por las dependencias ambientales, laboratorios de prueba e instituciones de investigación en materia ambiental para: a) Identificar si existen proyectos o actividades similares que hayan sido desarrolladas o estén en proyecto de desarrollo, en las diferentes dependencias gubernamentales para aprovechar y fortalecer esta medida, con la experiencia de estas dependencias; por ejemplo existe en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) el Grupo de Evaluación de Tecnologías que mejoren la eficiencia energética y en la SETRAVI, se promueve la utilización de tecnologías alternas a los vehículos de combustión interna; b) elaborar un protocolo de pruebas para fuentes fijas y fuentes móviles; c) buscar mecanismos de financiamiento para absorber los costos de pruebas y/o la elaboración de prototipos para aquellos casos que sean evaluados y cuyos resultados sean positivos; d) analizar la factibilidad de contar con un laboratorio de pruebas para fuentes fijas y fuentes móviles o financiar los ya existentes; e) integrar un banco de información de instituciones de financiamiento para el desarrollo de los proyectos que lo requieran; f) crear una base de datos de los proyectos dados a conocer por los promotores, con el seguimiento que les fue otorgado, después de su análisis.

## Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Formación de un grupo de evaluación						
Elaboración de protocolos de pruebas para la evaluación de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas						
Búsqueda de mecanismos de financiamiento para absorber los costos de pruebas y/o la elaboración de prototipos para aquellas tecnologías que den resultados positivos						
Análisis de la factibilidad de contar con laboratorios de pruebas o financiar los laboratorios ya existentes						
Integración de bases de información de instituciones de financiamiento						
Creación de una base de datos de los nuevos proyectos después de su análisis						

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Secretarías de Economía y de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Metropolitano del Gobierno del Estado de México, Instituto Mexicano del Petróleo, sector privado, así como instituciones académicas y de investigación.

### 3. ELABORAR LOS REGLAMENTOS DE LA LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA DE FUENTES FIJAS Y MÓVILES.

**Objetivo:** Contar con los reglamentos que permitan la aplicación de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles.

**Justificación:** En la Ley Ambiental del Distrito Federal publicada el 13 de enero del 2000, en el Capítulo III, Secciones I, Art. 133 Fracción III; y Sección II, Art. 135, Fracción IV y en el párrafo II; menciona las disposiciones generales, el control de emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles, y la necesidad de contar con el Reglamento en el cual se señalen las características de la información que se requiera, así como el tratamiento que se dará a aquellos casos no contemplados en la Ley Ambiental del Distrito Federal, entre otros aspectos.

**Beneficio:** Facilitar la aplicación de la Ley Ambiental para prevenir y/o controlar las emisiones contaminantes de la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción local, así como regular las emisiones contaminantes generadas por los vehículos.

**Costo:** No estimado

**Instrumentación:** La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, elaborará los reglamentos para fuentes fijas y móviles que sirvan para la aplicación de la Ley Ambiental.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Reglamentar la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica							
Dar cumplimiento a los Reglamentos de la Ley Ambiental del Distrito Federal							

**Actores involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

#### 4. ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES.

**Objetivo:** Contar con una herramienta dinámica que permita evaluar el impacto de las acciones incluidas en el PROAIRE 2002-2010.

**Justificación:** Es necesario contar con un instrumento actualizado que identifique el impacto de las emisiones generadas por cada una de las fuentes, con lo cual se podrá evaluar la eficacia de las medidas aplicadas, y reorientar las líneas de acción de acuerdo al tipo de contaminante y fuente generadora.

Los futuros inventarios deberán contemplar una clasificación más específica en cada sector, incluyendo un mayor número de contaminantes y la distribución de las emisiones en forma espacial y temporal.

**Beneficios:** Contar con una herramienta más confiable para la toma de decisiones. Obtener información desagregada y espaciada para alimentar el modelo de calidad del aire MCCM, y así evaluar el impacto de las medidas en la calidad del aire.

**Costo:** No estimado

**Instrumentación:** Dar continuidad a los trabajos que realiza el grupo de inventario de emisiones, que está integrado por personal de ambos gobiernos locales y de las autoridades federales, además de contemplar la participación de las instituciones de educación superior y centros de investigación.

El INE concluirá la elaboración de la metodología de inventario de emisiones para México, además de coordinar la gestión e instrumentación de la auditoria al inventario de la ZMVM 1998. El inventario de emisiones se actualizará cada 2 años.

#### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Planear la actualización del inventario de emisiones						
Auditoria del inventario						
Actualización del inventario						

**Actores involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

## 5. REACTIVACIÓN DEL FIDEICOMISO AMBIENTAL DEL VALLE DE MÉXICO.

**Objetivo:** Reactivación de la operación del Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM), para obtener recursos que permitan su capitalización y con ellos apoyar proyectos y programas para prevenir y reducir la contaminación del aire en la ZMVM.

**Justificación:** Con los recursos que se lograron integrar mediante la aplicación de un sobreprecio a las gasolinas que se distribuyen en la ZMVM, se logró impulsar varios estudios y proyectos que hoy en día han servido como base para la elaboración del presente programa de calidad del aire 2002-2010, sin embargo es conveniente que se continúe aplicando este sobreprecio a las gasolinas que se distribuyen en la ZMVM y con ello se logre reactivar la consecución de recursos económicos para seguir apoyando la realización de programas de los diferentes sectores que lo soliciten.

Actualmente se estima que en la zona metropolitana se distribuyen aproximadamente 18 millones de litros de gasolina al día, por lo que de aplicarse un sobreprecio de 10 centavos por litro para apoyar el desarrollo de proyectos ambientales, se estarían incorporando al FIDAM alrededor de 600 millones de pesos al año.

**Beneficios:** Con la reactivación del FIDAM se podrían obtener los recursos económicos para la operación de proyectos ambientales en la ZMVM.

**Costo:** No estimado

**Instrumentación:** Las autoridades de la Comisión Ambiental Metropolitana solicitarán a las autoridades hacendarías la reactivación del FIDAM. Así mismo, se definirán los alcances y las características de los proyectos que apoyará este fideicomiso, en congruencia con los objetivos establecidos en este Programa; también se deberá actualizar el reglamento de operación del FIDAM y estructurar un manual de procedimientos para la evaluación del financiamiento de los proyectos.

### Calendario de ejecución.

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Solicitar a las autoridades hacendarías la reactivación del FIDAM						
Actualización de los procedimientos de operación (reglamento y manual de procedimientos)						
Con base en la actividad anterior apoyar los estudios y proyectos para la prevención y reducción de contaminantes atmosféricos en la ZMVM						

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Banco Nacional de Obras y Servicios.



**6. MODERNIZACIÓN DE LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO.**

**Objetivo:** Revisar las estaciones actuales de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) con el propósito de reubicar y modernizarlas para una mejor operación y adquisición de datos.

**Justificación:** La RAMA inició operaciones en su actual configuración a partir de 1986 y en 1992 se amplió su cobertura espacial a 32 estaciones remotas repartidas en el Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México. Con el aumento de la mancha urbana se tiene planeado poner en operación otras 6 estaciones remotas, que requieren la instrumentación y el equipamiento necesarios para incorporarlas al sistema de medición de la calidad del aire. También se plantea la necesidad de aumentar las mediciones de contaminantes en algunas de las estaciones remotas existentes.

Por otra parte, la tecnología actual permite aumentar la disponibilidad de la información ambiental y a los operadores de la RAMA diagnosticar el estado operativo de los equipos de monitoreo ambiental de manera remota, como medio de validación de datos y para ajustar la operación de los equipos sin necesidad de acudir al sitio de monitoreo y para anticipar las reparaciones de los técnicos de mantenimiento. Esto se logra con la utilización de sistemas de adquisición de datos “inteligentes” y enlaces telefónicos digitales.

Aunado a lo anterior se planea llevar a cabo la modernización de la plataforma informática que soporta el centro de control de la RAMA para adecuarla a los sistemas operativos actuales y redes de cómputo.

**Costo:** El costo aproximado para la actualización de los sistemas de la RAMA es de 1,600,000 dólares.

**Instrumentación:** En el 2002 se podría instrumentar una primera etapa de reemplazo de sistemas de adquisición de datos en un número limitado de estaciones remotas a fin de encontrar y solucionar los problemas asociados con el cambio tecnológico y en el 2003 se podría concluir la actualización de todas las estaciones de la RAMA.

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Reemplazo, modernización y reubicación de las estaciones de monitoreo atmosférico							
Implementación de estaciones de monitoreo atmosférico							
Actualización de las estaciones de monitoreo atmosférico							

**Actores involucrados:** Comisión Ambiental Metropolitana, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

## 7. FORTALECIMIENTO DEL REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES EN LA ZMVM.

**Objetivo:** Contar con las herramientas necesarias que conforman el sistema del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, así como su homologación de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Federación.

**Justificación:** El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), es un instrumento de recopilación, integración y difusión de la información sobre las sustancias emitidas al ambiente o transferidas a sistemas de tratamiento o disposición final, que pueden estar ocasionando un impacto significativo sobre la salud humana y a los ecosistemas.

Es necesario contar con un procedimiento o sistema de regulación que defina el tipo de información que debe reportarse y bajo que periodicidad. Por ello, establecer un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, implica modernizar los instrumentos de regulación ambiental de la industria. Lo anterior, para contar con información oportuna y sistemática sobre el cumplimiento ambiental y las emisiones de contaminantes de establecimientos industriales en una ciudad, municipio o región.

**Beneficios:** Aumentar la confiabilidad y la calidad de las bases de datos existentes, fortaleciendo la capacidad de gestión y la toma de decisiones de las autoridades ambientales, a través de la homologación e integración de las bases de datos de las fuentes de emisión desarrolladas por los diferentes gobiernos.

**Costo:** No estimado.

**Instrumentación:** La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con la CAM establecerá los lineamientos necesarios que correspondan para implementar el RETC a los gobiernos locales.

Es necesario la conformación de equipos de trabajo con personal dedicado a estas funciones por parte de la SEMARNAT, Gobierno del Estado de México y Gobierno del Distrito Federal, así como la transferencia de recursos. Para contar con este sistema es necesario homologar la captación de la información, así como sus procesos de integración.

Calendario de ejecución.

Actividades	2002	2003	2004	2006	2007-2010
Homologación de los procedimientos de recepción y captura de la información					
Adquisición e instalación del Software y Hardware que de soporte al sistema RETC-ZMVM					
Homologación de formatos de reporte de COAs					
Capacitación del personal en los distintos aspectos					
Diseño y elaboración de la base de datos					
Elaboración de manuales, guías, diagramas de flujo, etc.					
Instrumentación y seguimiento del RETC					

**Actores Involucrados:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

## 8. INVESTIGACIÓN SOBRE CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO 2002-2010.

**Objetivo:** Contribuir al entendimiento de los procesos que determinan los niveles de contaminación atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de México.

**Justificación:** La investigación científica de los procesos que dan lugar a la formación de ozono y partículas en la atmósfera a partir de otros contaminantes debe reforzarse para generar fundamentos más sólidos para el desarrollo de estrategias efectivas para el control de las emisiones, contribuyendo al entendimiento de los complejos y profundos problemas ambientales, aportando elementos para enriquecer los enfoques y metodologías con los que son abordados en los países en vías de desarrollo. En el corto plazo se llevará a cabo la segunda fase del estudio "Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México" coordinado por el Dr. Mario Molina, también se tiene contemplado continuar con las actividades de modelación fotoquímica en coordinación con la *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ) y el *Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung* (IFU) de Alemania, y realizar un estudio para determinar el contenido de hidrocarburos poliaromáticos en el aire de la Zona Metropolitana del Valle de México.

**Beneficios:** Generar evaluaciones objetivas útiles para los tomadores de decisiones, sobre las causas y alternativas de solución de los problemas de contaminación atmosférica local, regional y global. Estas evaluaciones se fundamentan en un riguroso análisis integral de los aspectos científicos, tecnológicos, sociales y económicos de dichos problemas.

**Costo:** Se estima en 50 millones de pesos.

**Instrumentación:** Apoyar los proyectos de investigación dirigidos a desarrollar actividades de conocimiento en relación a:

- Talleres conjuntos México-EUA en donde participen los centros de investigación representantes de los diferentes niveles de gobierno, organizaciones no gubernamentales, entre otros,
- investigación en colaboración sobre los procesos que dan lugar a la formación de ozono y partículas en la atmósfera,
- cursos sobre Gestión de la Calidad del Aire,
- revisión de los programas relacionados a contaminación ambiental ofrecidos como parte de los programas de educación ambiental formal e informal en México,
- evaluación de modelos de la calidad del aire.

---

**Calendario de ejecución.**

Actividad	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010
Talleres conjuntos México-EUA						
Investigación						
Cursos sobre Gestión de la Calidad del Aire						
Revisión de los programas						
Evaluación de modelos						

**Actores Involucrados:** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Ecología del Gobierno Estado de México, Massachusetts Institute of Technology, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Comisión Ambiental Metropolitana, Instituciones Nacionales de Investigación.

## 8.8 REDUCCION DE EMISIONES Y COSTOS DE LAS MEDIDAS



**Resumen de costo de las estrategias y reducción de emisiones**

Estrategia	Inversión en millones de dólares		Reducciones de contaminantes (ton/año)				
	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Vehículos y transportes	6,760	7,676	4,282	972	590,972	114,090	82,746
Industria	25	4	121	4,208	234	7,006	5,980
Servicios	2	60	N/E	N/E	N/E	N/E	11,181
Recursos naturales	179	N/E	510	N/A	N/A	N/E	N/E
Salud	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Educación ambiental	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fortalecimiento	7	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>6,973</b>	<b>7,740</b>	<b>4,403</b>	<b>5,180</b>	<b>590,972</b>	<b>121,096</b>	<b>99,907</b>
<b>Reducción en % respecto a las emisiones totales proyectadas al 2010</b>			<b>18</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>43</b>	<b>17</b>

Nota: En los costos de esta tabla se asumió que un dólar es equivalente a 10 pesos mexicanos.

## VEHICULOS

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina.								N/A	340	426	159	10,482	11,006	3,564
2 Reducción del contenido de azufre en la gasolina a 50 ppm.								3,000	N/A	0	0	0	0	0
3 Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria.								1.8	0.7	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
4 Modernización y actualización del Programa Hoy No Circula como incentivo para la renovación de la flota vehicular								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
5 Rediseño del Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
6 Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (retrofit).								N/E	163	N/E	N/E	153,419	12,643	14,959
7 Rediseño del Programa de Detección y Retiro de Vehículos ostensiblemente Contaminantes y unidades sin verificar.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
8 Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad								80	720	124	N/E	N/E	8,579	11,434
9 Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad								16	728	12	N/E	151,933	5,027	13,374
10 Establecimiento de disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados fuera de especificaciones ambientales.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
11 Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E



**VEHICULOS**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
12 Establecimiento y aplicación de límites de emisión mas estrictos para vehículos nuevos a diesel.								N/E	166	640	N/E	N/E	6,362	1,012
13 Reducción del contenido de azufre en el diesel.								1,500	N/E	N/E	40	N/E	N/E	N/E
14 Actualización del Programa de Verificación de Vehículos a Diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá.								N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
15 Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones.								N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
16 Revisión y reforzamiento del Programa de Autorregulación de Vehículos a Diesel.								N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
17 Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos.								N/E	N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
18 Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (gnc).								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
19 Introducción de vehículos eléctricos								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
20 Establecimiento de corredores de transporte.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
21 Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado								N/A	4,000	155	0	102,267	5,234	8,323
22 Renovación de autobuses de la RTP y del STE								12.4	N/A	95	0	725	860	348
23 Renovación de la flota de transporte de carga local.								274	1,546	24	0	86,829	6,131	5,728
24 Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga								N/A	N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
								<b>Inversión Estimada</b>		<b>Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)</b>				
								<b>Pública</b>	<b>Privada</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOX</b>	<b>HC</b>

## VEHICULOS

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
								4,884	7,663	1,476	199	505,655	55,842	58,742

## TRANSPORTE

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
25 Expansión del metro								444	N/E	352	91	9,375	7,074	2,841
26 Establecimiento de una red de trenes suburbanos*								15	N/A	265	72	7,064	5,330	2,140
27 Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero*								1,416	N/A	2,189	598	62,830	45,729	18,554
28 Localización de taxis en bases								N/A	13	N/E	12	6,048	115	469
29 Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
30 Fomento del uso de combustibles alternativos en vehículos del sistema de transporte público de pasajeros								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
31 Implantación del registro estatal de transporte público								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
32 Programa Integral para el transporte Público de Carga								0.9	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
33 Promoción de rutas directas o express, locales y metropolitanas								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
34 Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E

**TRANSPORTE**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
35 Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
36 Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
37 Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
38 Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E

\* Reducción de emisiones y costo estimado al año 2020.

Inversión Estimada		Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)				
Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1,876	13	2,806	773	85,317	58,248	24,004

## INDUSTRIA

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Reconversión Energética en la Industria								N/E	N/E	8	4,190	N/A	1,015	N/A
2 Control de emisiones contaminantes en el sector industrial*								N/A	4	95	N/A	N/A	1,532	5,953
3 Instrumentación de Programas de Producción más limpia								N/E	N/E	18	18	234	459	27
4 Consolidación del Sistema Integrado de Regulación de la Industria (SIRI)								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
5 Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria								N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
6 Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia								N/E	N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
7 Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	4,000	N/E

Inversión Estimada		Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)				
Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
N/E	4	121	4,208	234	7,006	5,980

**SERVICIOS**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Reducción de emisiones de Hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco								N/A	9.7	N/E	N/E	N/E	N/E	6,000
2 Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeñas y medianas empresas								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
3 Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas								0.2	N/A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
4 Reducción de emisiones de Gas L.P. En instalaciones domésticas de la ZMVM								N/E	50	N/E	N/E	N/E	N/E	5,181
5 Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
6 Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
7 Lineamiento para el uso de combustible y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabiques								1.7	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
8 Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
9 Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicio en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
								<b>Inversión Estimada</b>		<b>Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)</b>				
								<b>Pública</b>	<b>Privada</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>HC</b>
								2	60	N/E	N/E	N/E	N/E	11,181

**CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Instrumentación de programas de ordenamiento ecológico								3.35	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
2 Refuerzo de los instrumentos legales en materia de regulación del uso del suelo								0.06	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
3 Control y ordenamiento de asentamientos humanos								10.00	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
4 Contención del crecimiento la mancha urbana en el área rural de la ZMVM								2.00	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
5 Proteger, inspeccionar y vigilar los recursos naturales								14.00	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
6 Mejorar la prevención y combate de incendios forestales								21.00	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
7 Inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, mediante el pago compensatorio por servicios ambientales								1.00	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
8 Monitoreo del estado de conservación de los recursos naturales en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
9 Manejo de áreas naturales protegidas								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
10 Programa de recuperación de hábitats a través de la plantación de especies adecuadas								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
11 Saneamiento y restauración de recursos naturales								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
12 Recuperación, restauración, conservación y ampliación de las áreas verdes urbanas de la ZMVM								16.30	N/E	510	N/E	N/E	N/E	N/E
13 Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E

**CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
14 Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México								63.50	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
15 Programa de recuperación de suelos erosionados en la cuenca oriental del Valle de México								47.50	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
								Inversión Estimada		Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)				
								Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
								179	N/E	510	N/E	N/E	N/E	N/E

## SALUD

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Modernización y actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA)								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
2 Medidas particulares para reducir la exposición de la población a la contaminación del aire								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
3 Percepción social y comunicación de riesgos.								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
4 Actualización de la evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
5 Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
6 Creación y revisión de Normas de Calidad del Aire								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
7 Investigación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud en la ZMMV								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
8 Efectos en la salud asociados con fuentes puntuales de emisión de contaminantes								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
								<b>Inversión Estimada</b>		<b>Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)</b>				
								<b>Pública</b>	<b>Privada</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>HC</b>
								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E



**EDUCACION AMBIENTAL**

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Subprograma de Educación Ambiental Formal								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2 Subprograma de Educación Ambiental No-Formal								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3 Subprograma de Información, Formación y Capacitación Ambiental								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4 Subprograma de Comunicación y Difusión Educativa								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
								<b>Inversión Estimada</b>		<b>Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)</b>				
								<b>Pública</b>	<b>Privada</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>HC</b>
								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Medidas e instrumentos	Calendario de instrumentación							Inversión en Millones de dólares		Reducción de Emisiones (Toneladas/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007-2010	Pública	Privada	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
1 Elaborar la caracterización y diagnóstico de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, ubicados en la ZMVM								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2 Integración de un comité metropolitano de evaluación y seguimiento de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3 Elaborar los reglamentos de la ley ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4 Actualización del Inventario de Emisiones								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5 Reactivación del Fideicomiso Ambiental del Valle de México								N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6 Modernización de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico								2	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7 Fortalecimiento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes en la ZMVM								N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
8 Investigación de la calidad del aire en el Valle de México 2002-2010								5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
								<b>Inversión Estimada</b>		<b>Reducción total de Emisiones (Toneladas/año)</b>				
								<b>Pública</b>	<b>Privada</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>HC</b>
								7	N/E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

# CAPÍTULO 9

## EVALUACIÓN INTEGRAL



## 9.1 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL

En todo proyecto que se emprende es necesario valorar sus resultados de una manera objetiva y rigurosa, y dar a conocer los logros o retrocesos de forma clara y sencilla, con la finalidad de que los involucrados identifiquen los elementos que limitan o fortalecen el cumplimiento de los objetivos planteados.

La evaluación de los programas de calidad del aire deben realizarse de manera integral, tal y como se estudia y analiza el problema de la contaminación atmosférica, lo que implica incorporar resultados en la vertiente económica, social, política y por supuesto ambiental. El empleo de indicadores de desempeño en estos ámbitos, constituye una de las alternativas para dar seguimiento al cumplimiento de las metas plasmadas en el PROAIRE 2002-2010.

Con la aplicación de indicadores básicos es posible obtener resultados fáciles de evaluar, entender, comparar y revisar de manera periódica. Si se genera información con estas características, se agiliza el proceso de difusión y comprensión por parte de la población; y con una sociedad bien informada se puede tener una participación más decidida y efectiva. Por otra parte también es necesario establecer los mecanismos para que la sociedad participe en el proceso de evaluación, calificando principalmente las acciones en las que le corresponda intervenir.

La evaluación integral se asume como un proceso estructural que combina los conocimientos técnicos disponibles y los modelos de diversas disciplinas, con el conocimiento y las preferencias de los tomadores de decisiones y grupos de interés, con el objeto de informar y apoyar el desarrollo de políticas ambientales.

En todo el mundo, la comprensión del problema de la contaminación del aire ha sido importante para su definición y caracterización. Para ello se deben instrumentar medidas y acciones que permitan evaluar la efectividad de los diferentes programas de control en la reducción de emisiones y la exposición ambiental, esto a pesar de la gran incertidumbre que aún existe en el proceso que relaciona las emisiones con la concentración de los contaminantes en la atmósfera <sup>1</sup>.

Para identificar la efectividad de las diferentes medidas de control planteadas en el PROAIRE 2002-2010 es necesario desarrollar la capacidad para evaluar políticas de tal manera que: 1) se genere un grupo consistente de indicadores o atributos para la comparación de políticas, 2) se reflejen los resultados de diferentes combinaciones de opciones, y 3) se incorporen las

---

<sup>1</sup> Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global: Estudio de Caso de la Ciudad de México. Anexo 2: Estado actual del conocimiento científico de la contaminación del aire en el Valle de México. Instituto Tecnológico de Massachussets, Octubre del 2000.

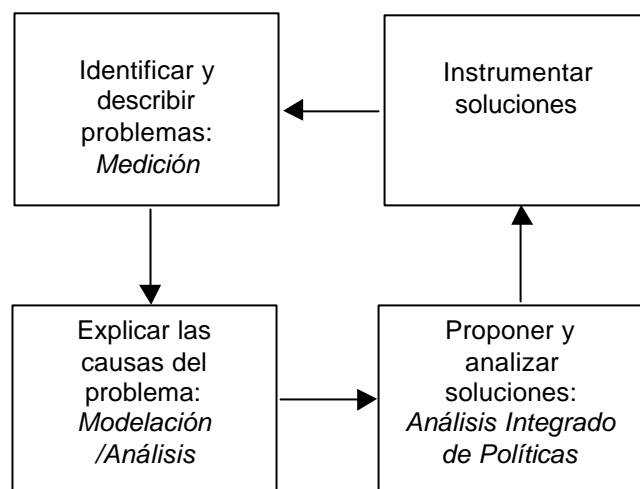
interacciones de diversas actividades dentro de diferentes sistemas o herramientas que apoyan la evaluación.

Para establecer la relación entre las emisiones y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y mejorar la toma de decisiones en la ZMVM, se debe considerar lo siguiente:

- Revisar y actualizar periódicamente los inventarios de emisiones, incluyendo las metodologías y la aplicación de modelos de simulación de la contaminación del aire,
- mejorar el conocimiento actual sobre la contaminación del aire y las relaciones entre las fuentes y los receptores, a partir de mediciones y la aplicación de modelos,
- evaluar el estado de entendimiento, dentro de esta visión amplia, para identificar los aspectos que tienen mayor certidumbre y los que son más inciertos, así como los que limitan una toma de decisiones más informada,
- considerar la conveniencia de aplicar otros métodos, por ejemplo el análisis de datos y modelos alternativos, para evaluar las fortalezas y debilidades de las estrategias de control y abatimiento,
- identificar las áreas de investigación necesarias que puedan dar mayor certidumbre y priorizar las acciones para mejorar la calidad del aire, y
- evaluar y mejorar las operaciones rutinarias de gestión de la calidad del aire.

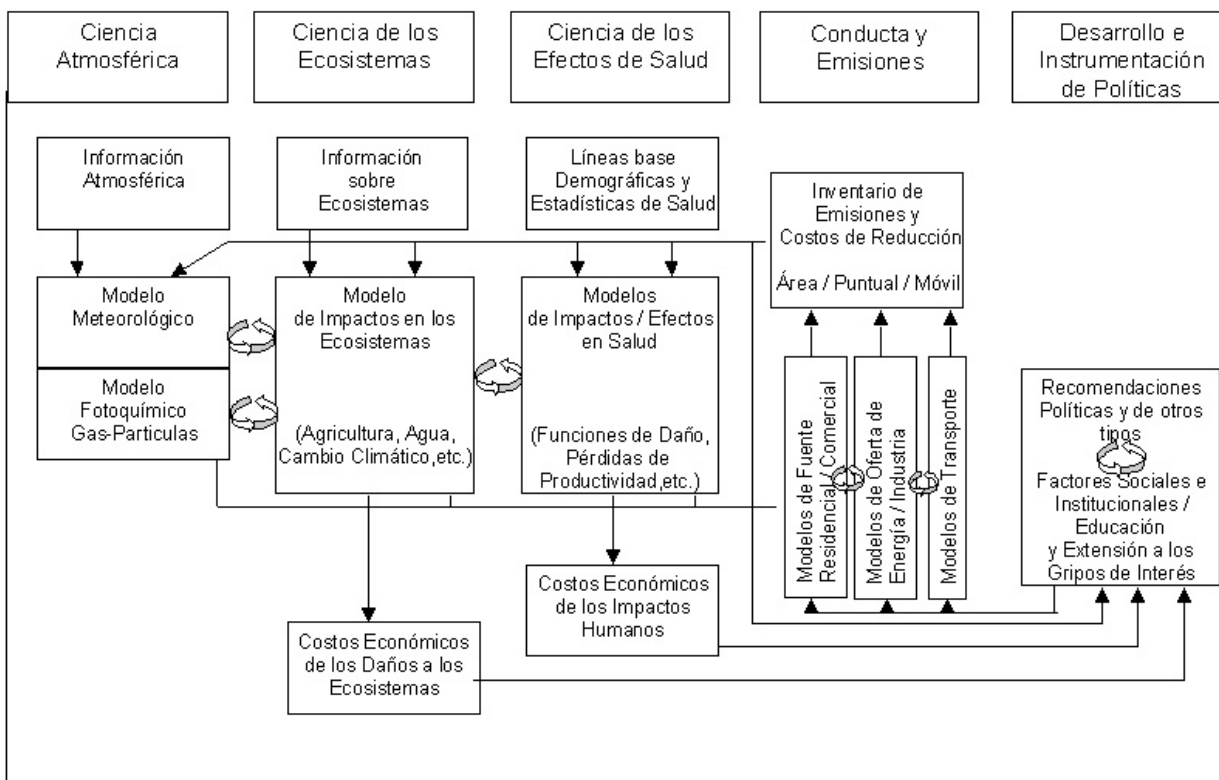
Con esta información los tomadores de decisiones contarán con los instrumentos necesarios para analizar y medir el costo-efectividad de las diferentes estrategias de control, y establecer medidas de impacto positivo a la población, incorporando los aspectos de factibilidad técnica, política, social y económica para su desarrollo (figura 9.1).

**Figura 9.1 Ciclo de gestión de la contaminación del aire.**



El uso de la capacidad analítica integral será sustantiva ya que se podrá establecer el uso de modelos y metodologías para explorar las opciones de reducción de la contaminación atmosférica de la ZMVM, permitiendo medir el desempeño comparativo *ambiental-económico* tomando en consideración posibles tendencias futuras en el crecimiento poblacional, económico, alteraciones en los sistemas de transporte y uso de suelo, crecimiento de la mancha urbana, cambios en la flota de vehículos y combustibles, y cualquier otro factor que influya en las emisiones y por lo tanto en la calidad del aire. En este proceso se incorporarán las interacciones y se retroalimentan las opiniones de los grupos de interés (figura 9.2).

**Figura 9.2 Estructura de una metodología de evaluación integral para la ZMVM, incorporando las interacciones y retroalimentación de los grupos de interés.**



Fuente: Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global: Estudio de Caso de la Ciudad de México, Massachusetts Institute of Technology, Octubre 2000.

## 9.2 DEFINICIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Para abordar de manera más certera el problema del control de la contaminación del aire en la ZMVM, se recomienda definir y establecer indicadores consistentes que permitan la comparación de las políticas aplicadas y reflejen los resultados de diferentes combinaciones de opciones y medidas que además incorporen las interacciones de diversas actividades dentro de diferentes sistemas inmersos en el problema ambiental.

Las estrategias del PROAIRE 2002-2010 están dirigidas principalmente hacia el cumplimiento de las normas de calidad de aire y se enfocan a las actividades responsables de las emisiones que ocasionan altas concentraciones de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HC y partículas. La evaluación de las medidas debe apoyarse en el seguimiento de indicadores como la concentración de los contaminantes, reducción de emisiones en las fuentes, los efectos en la salud, e impactos sociales y económicos. La definición de ellos se hizo en función de los objetivos del PROAIRE 2002-2010 y de las herramientas con que se cuenta para conocer el estado de la contaminación atmosférica en el área.

## 9.2.1 INDICADORES DE CALIDAD DEL AIRE

La medición de los contaminantes criterio se realiza a través del monitoreo atmosférico registrándose las concentraciones de los contaminantes tóxicos, además de variables meteorológicas.

Es conveniente puntualizar que los indicadores de calidad del aire se deberán elaborar considerando las concentraciones de los contaminantes, con la finalidad de hacer la evaluación con respecto a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en los tiempos que éstas especifican (tabla 9.1).

**Tabla 9.1 Indicadores de contaminantes criterio.**

Indicador	Concentración / tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Normas de monitoreo
O <sub>3</sub>	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	NOM-036-ECOL-1993
PM <sub>10</sub>	150 µg/m <sup>3</sup> (24 horas); 50 µg/m <sup>3</sup> (1 año)	1 vez al año	NOM-035-ECOL-1993
PM <sub>2.5</sub>	65 µg/m <sup>3</sup> (24 horas); 15 µg/m <sup>3</sup> (1 año)	1 vez al año	Proyecto de norma en proceso de aprobación
NO <sub>2</sub>	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	NOM-037-ECOL-1993
CO	11 ppm (8 horas)	1 vez al año	NOM-034-ECOL-1993
SO <sub>2</sub>	0.13 ppm (24 horas); 0.03 ppm (1 año)	1 vez al año	NOM-038-ECOL-1993
Pb	1.5 µg/m <sup>3</sup> (trimestral)		NOM-035-ECOL-1993

En el caso de las partículas suspendidas, será conveniente el considerar adicionar otros parámetros y especificaciones como los que se muestran en la tabla 9.2.



**Tabla 9.2 Medición de la composición química de partículas.**

Contaminante	Periodo
PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> y análisis elemental	Anual y en periodos climáticos
PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> , sulfatos, nitratos, carbón orgánico y elemental	Anual y en periodos climáticos
Dispersión y absorción de la luz	Anual y en periodos climáticos
Distribución de aerosoles	Época seca- fría

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico es la herramienta más completa y confiable para medir el estado de los contaminantes en el aire de la ZMVM, y como tal se constituye en el principal instrumento de vigilancia para evaluar la efectividad del PROAIRE 2002-2010.

Por otra parte, los modelos de simulación de predicción de ozono serán una herramienta fundamental en la evaluación de los niveles de concentración de ozono regional con respecto a la línea base, así como de su relación con la reducción de emisiones de sus precursores (óxidos de nitrógeno e hidrocarburos). En el marco del PROAIRE 2002-2010 se aplica el modelo MCCM para la evaluación de escenarios en los cuales se incluyen medidas con disminución de las emisiones. Sin embargo, dadas las variaciones que se presentarán en las características ambientales derivadas del crecimiento poblacional, de los servicios y del parque vehicular principalmente, en el futuro se plantea la necesidad de realizar no sólo la estimación de las emisiones, sino también la modelación de escenarios con los inventarios de emisiones correspondientes; y desde luego, de escenarios con medidas de control. En general la aplicación de las medidas planteadas en el PROAIRE 2002-2010 deberán reflejarse en concentraciones más bajas de ozono para el año 2010.

Las PM<sub>10</sub> pueden ser modeladas siguiendo el comportamiento de sus principales fuentes y las áreas receptoras; el PROAIRE 2002-2010 será evaluado con base en los parámetros de las normas de calidad del aire de 24 horas para este contaminante. Los datos resultantes serán importantes para reforzar las medidas existentes o para rediseñarlas conforme a los resultados obtenidos.

La reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno esperadas con el PROAIRE 2002-2010 serán graduales y deberán ser revisadas periódicamente de tal forma que permitan evaluar la efectividad de la estrategia y las medidas planteadas en el programa.

Con la mejora de los combustibles producidos por PEMEX, al reducir el contenido de azufre en la gasolina y el diesel para cumplir con los niveles de emisión en vehículos nuevos, también se tendrán reducciones de los niveles ambientales de compuestos de azufre en la atmósfera.

Por otra parte, los inventarios de emisiones son otra herramienta que permite evaluar la efectividad de las estrategias de reducción de los contaminantes. Desde el punto de vista metodológico, será conveniente apegarse a los lineamientos del *Programa de Inventarios de Emisiones para México*, con el fin de asegurar su consistencia. A través del cálculo de inventarios se conocen las cantidades emitidas y la contribución de cada una de las fuentes contaminantes. Los indicadores que se pueden desarrollar actualmente con la información de esta herramienta son los volúmenes de emisión de PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC y CO. En un futuro será necesario incorporar otros compuestos como el amoníaco, las partículas PM<sub>2.5</sub> y elaborar un inventario de compuestos tóxicos, así como actualizar el inventario de gases de efecto invernadero.

Las fuentes móviles constituyen el principal sector emisor en la ZMVM, por lo que es importante evaluar con mayor precisión sus emisiones, realizando los estudios y análisis que definan la composición de la flota vehicular y los ciclos de manejo típicos de la zona, ajustar las velocidades cruce en el área metropolitana, además de los factores de emisión de la flota vehicular.

También se requiere más detalle de las fuentes puntuales, tanto en sus procesos de combustión, transformación de materias primas y su almacenamiento, así como en el de productos. En virtud de que no siempre los factores de emisión contenidos en el AP-42 resultan los más adecuados para las condiciones de combustión, clima y altitud de la ZMVM, y con objeto de perfeccionar la herramienta de evaluación que constituye el inventario de emisiones, se propone realizar los estudios necesarios para determinar los factores de emisión de los rubros más relevantes por su magnitud.

En lo referente a las fuentes de área es necesario revisar algunos de los factores de emisión, ya que de ellos depende la buena aproximación a los niveles reales registrados en la ZMVM, perfeccionando estos factores en función de los niveles de actividad de la zona, debido a que existen características de consumo muy particular y diferentes a los observados por la EPA, (dependen en gran medida de los niveles de ingreso per cápita, y del nivel de tecnificación en el control de emisiones en servicios, como es el caso de aplicación de pintura automotriz).

En el caso de las emisiones biogénicas se deben tomar en cuenta las características de la cobertura vegetal del Valle de México, su clima y las condiciones de intensidad y distribución de especies.

## 9.2.2 INDICADORES DE SALUD

La contaminación del aire causa impactos negativos en la salud humana y por ello es importante valorar el riesgo por exposición a contaminantes, utilizando información que se obtiene a través del tiempo y la experiencia, permitiendo así la toma de decisiones claras y adecuadas a la problemática de salud de los habitantes de una determinada área. La evaluación del riesgo depende de la concentración, la exposición y potencia del químico, entre otros. Por tanto, estos datos deben ser estimados cuidadosamente tomando en consideración la medición y seguimiento de indicadores que permitan definir el estado de salud que guarda la población que habita la ZMVM. Para este propósito en el Programa se utilizarán los siguientes indicadores:

- Admisión en hospitales: Respiratoria, cardio-cerebrovascular y falla congestiva del corazón,
- visita a la sala de emergencia: Respiratoria,
- días de actividad restringida: Total (adultos),
- días de actividad restringida menor: Total (adultos),
- efectos en Asmáticos: Ataques de asma, tos sin flema (niños), tos con flema y uso de broncodilatador, algunos síntomas respiratorios (niños), síntomas respiratorios menores,
- síntomas respiratorios: Síntomas respiratorios mayores, síntomas respiratorios inferiores (población en general),
- morbilidad Crónica: Bronquitis crónica, casos adicionales, tos crónica, prevalencia (niños),
- mortalidad crónica: Total
- mortalidad aguda: Total infantil.

La medición de los indicadores de salud se deberá realizar de acuerdo a los lineamientos establecidos por la SSA en función de los tiempos definidos en las metodologías establecidas para cada uno de ellos.

Con el propósito de apoyar las decisiones de la Comisión Ambiental Metropolitana, en la ZMVM opera desde 1995 el Sistema de Vigilancia Epidemiológica Ambiental a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud. Este sistema recopila información primaria sobre varios indicadores de morbilidad. Los estudios epidemiológicos basados en este sistema han aportado información muy útil que ha permitido ajustar los niveles para declarar contingencias.

Análisis iniciales de estos datos revelaron que a partir de los 240 puntos IMECA, durante contingencia atmosférica, hay un repunte significativo en la aparición de sintomatología primaria (dificultad para respirar, tos seca, dolor de garganta y de cabeza, lagrimeo e irritación de ojos). A partir de esta información se generaron recomendaciones al Programa de

Contingencias Atmosféricas, proponiéndose criterios más estrictos para la entrada a contingencias, tanto en lo que se refiere al efecto del ozono, como al de las partículas (PM10), y también de su efecto sinérgico.

Actualmente la vigilancia epidemiológica de los efectos en salud derivados de la contaminación atmosférica en el Valle de México se realiza mediante: a) Monitoreo diario de efectos agudos de los contaminantes atmosféricos, b) Monitoreo de efectos agudos durante fases de contingencia atmosférica, c) Análisis de morbilidad en unidades médicas durante fases de contingencia atmosférica. El establecimiento de este sistema de vigilancia epidemiológica permitió la construcción de una extensa base de datos sobre los efectos en la salud asociados a la exposición a los contaminantes atmosféricos, cuya utilidad no ha sido completamente aprovechada. Una evaluación de riesgos con esta base de datos permitirá dar un seguimiento a los datos generados y aprovechar mejor la inversión ya realizada en este programa.

### 9.2.3 INDICADORES SOCIALES Y ECONÓMICOS

Uno de los objetivos del PROAIRE 2002-2010 es minimizar el costo que absorbe la sociedad por alcanzar los niveles deseados de calidad del aire, siendo un incentivo mayor el reducir emisiones para aquellos procesos que lo puedan hacer a un menor costo, o pagando el costo de un mayor número de derechos de consumo / emisión. La ventaja obtenida de la aplicación exitosa de las medidas será contar con instrumentos de medición flexibles que puedan ajustarse de manera inmediata a demandas sociales por una mejor calidad del aire, o bien disminuir si cambian las preferencias sociales a favor de bienes de alto valor ambiental.

Los indicadores sociales deberán tomar en consideración las necesidades de la población que se expresan en patrones de consumo y demanda y que deben considerar tanto los gastos económicos como la privación de los bienes de ciertos grupos, se deberán cumplir las aspiraciones sociales en materia de calidad del aire, lograr un ambiente sano de manera eficiente y derivado de él la más alta satisfacción social posible, considerando una verdadera descentralización de decisiones, hasta el punto en que cada usuario del ambiente module su propia conducta de acuerdo con sus intereses, de tal forma que el problema de la calidad del aire sea algo incorporado en la selección cotidiana de opciones que confronta todo individuo o empresa.

Por tanto, en el desarrollo de los indicadores sociales y económicos se deberán considerar la integración de variables como percepción social, de riesgo ambiental, educación ambiental, participación social, comunicación ambiental y gasto público para atender enfermedades asociadas a contaminación atmosférica, entre otros.

La calidad del aire óptima debe considerarse como un bien económico escaso. La degradación de la atmósfera ocurre como resultado de fallas en los mecanismos de mercado, por lo que el

costo ambiental se traslada a toda la población; dado este comportamiento, el rápido crecimiento de la ZMVM ha ido revelando con el tiempo costos ambientales nunca previstos. De esta forma la contaminación de la atmósfera surge como uno de los pasivos ambientales más importantes, que influyen en las acciones de los individuos (tomadores de decisiones). Algunos de los instrumentos económicos posibles para una política de control de la calidad del aire, son: a) la creación de mercados y b) los incentivos monetarios.

El análisis de los indicadores sociales es otro aspecto relevante para el buen logro de las metas del PROAIRE 2002-2010, ya que de la participación social bien informada, depende gran parte del soporte y legitimidad de la aplicación de estrategias, para el cumplimiento de las metas del Programa.

Será también importante evaluar el grado de aceptación de las medidas del PROAIRE 2002-2010 analizando la percepción por sectores (industria, servicios, académico, etc.) y de manera complementaria, sus avances. Los indicadores de estos parámetros mostrarán el nivel de penetración de los programas de educación, promoción y difusión.

Los avances en reducción de emisiones deberán ser periódicamente contrastados con los costos económicos en que al momento de la evaluación se haya incurrido, ya que esto normará el criterio para determinar la factibilidad, o no, de la aplicación práctica de las medidas (un costo demasiado elevado y de limitados beneficios, será indicativo de que la medida deberá ser revisada, o incluso eliminada).

También será importante conocer de manera rápida y fácil el efecto que causan los problemas de contaminación atmosférica sobre el conjunto de la población que habita la ZMVM y que podrán medirse, por ejemplo, a través de:

- Porcentaje de individuos con exposición a  $O_3$  y  $PM_{10}$ , que presentan disminución en su actividad laboral,
- porcentaje de individuos con exposición a concentraciones de  $O_3$  y  $PM_{10}$  que presentan ausentismo escolar,
- número de días al año en que se cumplen las Normas Oficiales Mexicanas para  $O_3$  y  $PM_{10}$ ,
- número de días en los que la población reduce sus actividades debido a trastornos relacionados con la contaminación atmosférica,
- número de días con contingencias ambientales por  $O_3$  y  $PM_{10}$ ,
- inversión pública y privada en el sector salud para atender enfermedades asociadas con la contaminación atmosférica, y
- porcentaje de población de la ZMVM beneficiada por la aplicación de las medidas del PROAIRE 2002-2010.

A la fecha se han podido estimar con mayor claridad los impactos por la mortalidad prematura, y por morbilidad. La primera, se asocia al decremento en el aprovechamiento del

*capital humano*, esto se ha podido calcular tomando en consideración los gastos médicos, la reducción en menor tiempo de trabajo, pérdida de la productividad, además de gastos funerarios, entre otros. En el caso de la morbilidad, de igual manera las personas pagan por los costos de los tratamientos médicos, además de los costos sociales que ello implica.

Así como existen indicadores relacionados con la salud, también se recomienda desarrollar a corto y mediano plazo, por parte de la Secretaría de Educación Pública, indicadores que puedan permitir medir el ausentismo escolar, causados por problemas de salud que tengan relación con la contaminación del aire. De igual manera la Secretaría del Trabajo, deberá desarrollar indicadores de ausentismo laboral, producto del mismo fenómeno de contaminación atmosférica; la Secretaría de Salud deberá desarrollar balances semestrales de inversión para la atención de enfermedades asociadas con la contaminación del aire.

En estudios recientes, como es el caso del denominado *Mejoramiento de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana de la Ciudad de México: Evaluación Económica*, realizado por el Instituto para Estudios Ambientales de la Universidad de Ámsterdam y otros, se desarrollaron estimaciones de beneficios o reducciones tanto económicas como en salud para la población del área metropolitana. Los resultados indican de manera clara los beneficios asociados con la reducción de la contaminación del aire que se encuentran dados en bases económicas para poder calcular en el futuro la reducción de emisiones contaminantes. De manera ideal un estudio de beneficios económicos debe ser combinado con los costos de abatimiento de las emisiones para determinar la justificación económica y el nivel de reducción.

### 9.3 ESTRATEGIA PARA DESARROLLAR LA EVALUACIÓN INTEGRAL

La contaminación del aire es un fenómeno metropolitano derivado de las estructuras y actividades vitales de la metrópoli, de los procesos de convivencia, transporte, producción y ocupación del espacio y uso de la energía, por lo tanto se requiere comprender cabalmente el problema y un entendimiento profundo de la ZMVM que debe reflejar las diferentes actividades sociales, económicas y políticas.

El control de la calidad del aire, requiere como toda actividad de gestión ambiental trascender los esquemas de especialización sectorial, incorporándolos a un enfoque urbano - regional - metropolitano. Esto implica contar con una instancia funcional y eficaz, política y técnicamente que eluda su confinamiento en un solo sector, por lo que es preciso buscar propuestas institucionales incluyentes que permitan abordar esta realidad.

#### ***Procedimiento.***

Se constituirá un grupo de evaluación del PROAIRE 2002-2010 (figura 9.3) en el seno de la CAM. Este grupo de trabajo estará integrado por representantes de todas las instancias gubernamentales, así como por representantes no gubernamentales con experiencia en los

temas y medidas del PROAIRE 2002-2010, que se encargará de dar seguimiento a la aplicación del Programa.

Con el soporte de la infraestructura existente en cada una de las instituciones, es conveniente integrar un sistema de información que concentre datos técnicos de los instrumentos que aplican los actores involucrados, a fin de generar los indicadores de desempeño.

### ***Metodología.***

Para desarrollar los indicadores señalados en el apartado 9.2 de este capítulo, se sugiere aplicar los criterios metodológicos emitidos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Con el apoyo de estos métodos se deberán identificar los elementos necesarios para construir cada indicador.

La evaluación de los avances sobre la contaminación del aire a través de los indicadores es un procedimiento formal y reconocido a escala internacional. Con la aplicación de este sistema se pretende estandarizar el esquema de evaluación del PROAIRE 2002-2010 con los desarrollados en otros países.

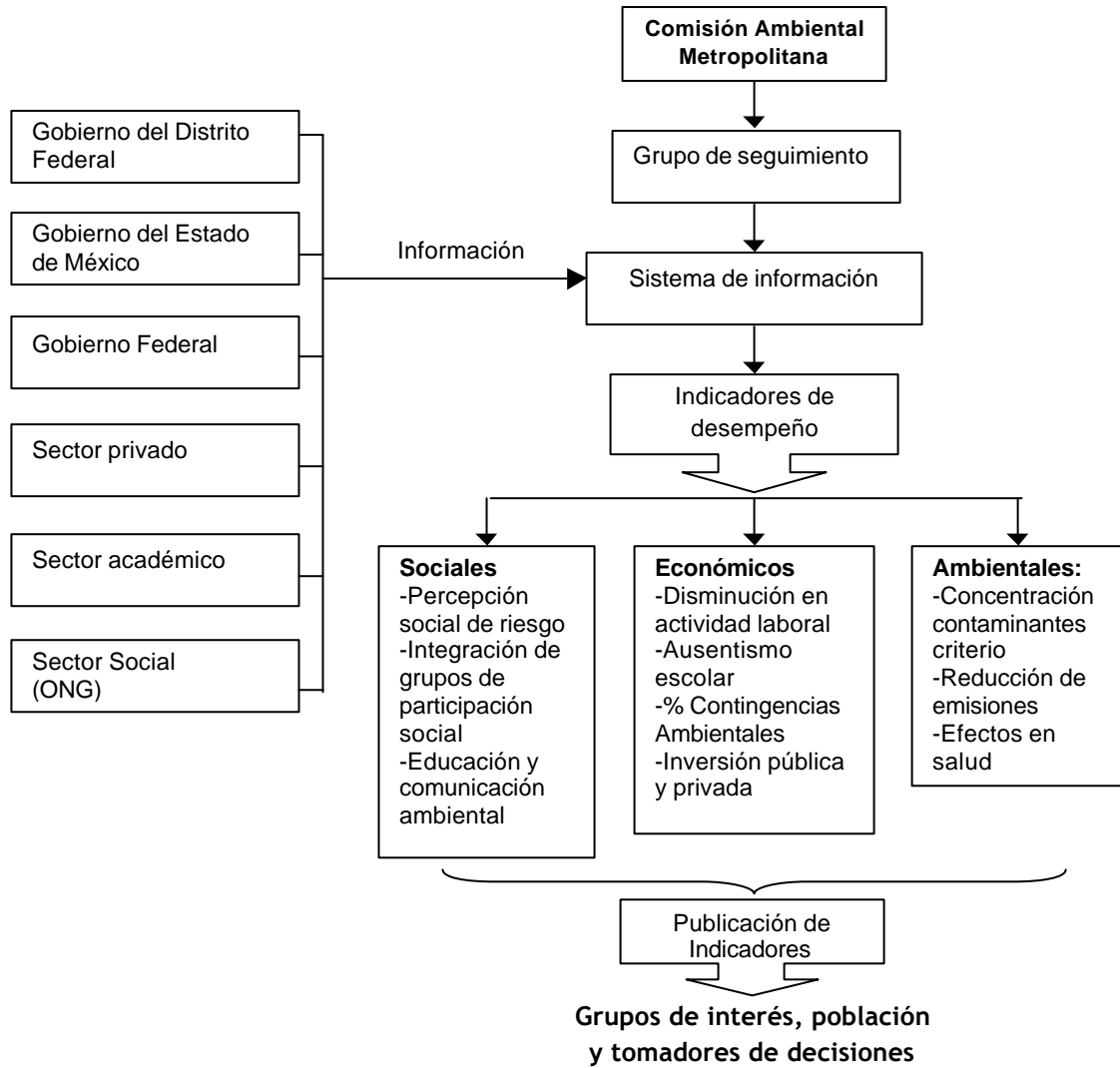
Los indicadores que se sugieren, o que se desarrollen, deberán cumplir con el propósito de mantener informada a la sociedad, mostrando la evolución (positiva o negativa) de la problemática ambiental, con la finalidad de que los habitantes de la ZMVM tomen conciencia y aumente su nivel de participación.

Como se menciona en el apartado correspondiente, los indicadores serán elaborados y publicados de acuerdo a sus características de medición y obtención de resultados. Para no perder la continuidad en la comparación, se deberá de cuidar que se emitan en los periodos establecidos.

### ***Auditoría.***

Con la finalidad de generar confianza en la ciudadanía, se propone se audite el procedimiento de seguimiento de las medidas del PROAIRE 2002-2010. Las auditorías pueden ser externas, promovidas por la misma CAM.

Figura 9.3 Seguimiento del PROAIRE 2002-2010.





# CAPÍTULO 10

## FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA



## 10.1 INTRODUCCIÓN

Para la ejecución del PROAIRE 2002-2010, las autoridades responsables de los distintos órdenes de gobierno, deberán asegurar la sustentabilidad financiera de la aplicación de medidas. Las propuestas de financiamiento, que se describen en este capítulo para la implementación del PROAIRE 2002-2010, retoman las consideraciones formuladas en el Proyecto para el Diseño de Una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en la ZMVM<sup>1</sup>. Los esfuerzos de mejoramiento de la calidad del aire requieren la instrumentación de acciones sostenidas de largo plazo. Debido a lo anterior, dichos esfuerzos no pueden estar limitados solamente a las disponibilidades presupuestales del Gobierno Federal, del Gobierno del Estado de México y del Gobierno del Distrito Federal, cuyas prioridades se establecen anualmente.

Es importante enunciar la necesidad de obtener recursos adicionales que permitan cubrir los costos de la aplicación de las medidas contenidas en el PROAIRE 2002-2010; idealmente la de los recursos deberá basarse primordialmente en esquemas de autogeneración.

La obtención de éstos recursos se basa en varios principios de equidad ambiental:

- El que contamina paga el costo de mantener bajo control sus emisiones, así como el de la remediación de los daños que causa,
- el que se beneficia de un servicio ambiental debe pagar por el costo de su dotación y
- quien conserve los recursos e invierta en la conservación ecológica, reconstruyendo el capital de la nación, debe recibir, por ello, un estímulo o una compensación.

Los recursos invertidos en la prevención y control de la contaminación, así como los costos de operación de programas, infraestructura y sistemas, deben recuperarse para reproducir los beneficios. Dichos costos deben transferirse al contaminador o al beneficiario de los servicios ambientales. De esta manera se estarán incorporando, al menos en parte, las externalidades económicas y sociales a sus causantes y se estaría logrando un manejo autosuficiente del PROAIRE 2002-2010.

Por otra parte, al desarrollarse la demanda de servicios de mejoramiento ambiental, se crea un mercado económico atractivo a la inversión privada. Asimismo, si se establece un esquema de financiamiento que implique la recuperación de la inversión, se hace viable la utilización de créditos para materializar los programas. De esta manera ya no

---

<sup>1</sup> Op. Cit. Molina, M. y Colaboradores.

es necesario depender de los limitados recursos presupuestales para hacer avanzar la agenda ambiental.

A continuación se describen algunos de los mecanismos de financiamiento que se aplican o podrán considerarse propios para el desarrollo de medidas del PROAIRE 2002-2010.

## 10.2 EL FIDEICOMISO AMBIENTAL DEL VALLE DE MÉXICO.

El Fideicomiso Ambiental del Valle de México, es un fideicomiso creado por el Gobierno Federal y los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, que tiene como objetivo el brindar alternativas de financiamiento que permitan superar barreras inherentes a la presupuestación anual gubernamental, además de cubrir los costos de implementación de programas específicos, que de otra forma sería difícil fondar. Este fideicomiso permite:

- Tener una fuente permanente de capital que alimente los recursos disponibles en el fideicomiso, cuya aportación proviene de los consumidores de combustibles quienes, en consecuencia, son actualmente los principales generadores de las emisiones a la atmósfera.
- Establecer esquemas de subsidios cruzados entre programas ambientales, para compensar la desigualdad de ingresos entre los grupos sociales. Así, por ejemplo, el que utiliza automóvil para desplazarse y que por pasajero transportado contamina muchas veces más que aquel que realiza sus viajes en transporte colectivo, debe pagar un costo proporcionalmente mayor al esfuerzo de saneamiento atmosférico. Es este un buen ejemplo del principio “el que contamina paga”.
- Disponer de una fuente de recursos cuya disponibilidad no está condicionada a una autorización presupuestal anual. Ello permite apoyar la realización de los programas ambientales que requieren de un esfuerzo sostenido durante un largo plazo.

Es importante reforzar este instrumento, reactivar el sobreprecio a la gasolina y ampliar sus fuentes de recursos y rango de acción de programas elegibles. Así mismo, es necesario mejorar su funcionamiento. Para esto último, es recomendable integrar un equipo técnico que coordine la preparación de proyectos considerando una visión integral (ambiental, técnica, institucional, legal, social, económica y financiera) que garantice la viabilidad y sustentabilidad de los programas que apoye el fideicomiso.

Tabla 10.1 Proyectos financiados por el Fideicomiso Ambiental.

No.	Proyecto
1	Recuperación de Vapores en Estaciones de Servicio
2	Programa de Educación Ambiental
3	Modernización de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMVM
4	Programa Piloto para la Adquisición de Unidades Vehiculares que usen como Combustible Gas Natural y Gasolina, para Probar Bajo Condiciones Reales los Beneficios de los Combustibles Alternos
5	Auditoría Ambiental al Programa de Administración del Transporte y Calidad del Aire
6	Programa para Mitigar la Emisión de Partículas Suspendidas en el Valle de México
7	Programa para la Conservación y Restauración de los Recursos Naturales
8	Sistema de Información Ambiental del Valle Cuautitlán - Texcoco
9	Proyecto para el Saneamiento de Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales
10	Programa para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010
11	Tres Estudios de Ordenamiento Ecológico
12	Proyecto de Desarrollo e Implementación del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes en la Zona Metropolitana del Valle de México
13	Programa para el Control de la Contaminación Generada por la Actividad Artesanal de Producción de Tabique en los Municipios del Valle Cuautitlán - Texcoco
14	Proyecto de Recuperación de Suelos en la Subcuenca del Río La Compañía
15	Sistema de Información de Verificación Vehicular "SIVEV"
16	Ampliación de Capacidades Técnicas de Inspección
17	Auditoría Integral al Programa de Verificación Vehicular
18	Fortalecimiento de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM)
19	Proyecto para la Protección de los Recursos Naturales del Distrito Federal a través de una Vigilancia Eficiente
20	Restauración Ecológica en Cuatro Unidades de Escurrimiento en el Área de Montaña de la Delegación Xochimilco
21	Programa para la Recuperación y Conservación del Bosque de Chapultepec
22	Red de Museos y Centros de Educación Ambiental para la Zona Metropolitana de la Cuenca de México
23	Estrategias de Comunicación Educativa para la Ciudad de México
24	Diseño, Adquisición e Instalación de una Red de Monitoreo para las Partículas Menores a 2.5 Micrómetros (PM <sub>2.5</sub> ) en la ZMVM
25	Manejo Ambiental de los Residuos Provenientes de Desazolve del Sistema de Drenaje de Distrito Federal y de las Presas, así como de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales
26	Programa de Manejo Integral del Suelo
27	Programa de Vigilancia, Evaluación y Comunicación del Impacto de la Contaminación Atmosférica en la Salud de la Población de la Zona Metropolitana del Valle de México
28	Segunda Etapa del Proyecto: Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad de Aire en el Valle de México 2001-2010

## 10.3 FINANCIAMIENTO DE LA BANCA DE DESARROLLO

Existen recursos en la banca de desarrollo de México para apoyar la instrumentación de los programas ambientales. Las principales instituciones internacionales de financiamiento del desarrollo (el Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, el Banco Japonés de Cooperación Internacional -JBIC- y el Banco Mundial -BM-) actualmente cooperan (o han participado hasta fecha reciente) con las autoridades mexicanas financiando programas y prestando asistencia técnica para la preparación de los proyectos en materia ambiental.

Una de las condicionantes para el uso de estos recursos crediticios es la recuperabilidad de las inversiones. No obstante, es importante señalar que la existencia de programas de financiamiento es una condición necesaria pero no suficiente para la realización de proyectos de mejoramiento de la calidad del aire. Para que los recursos puedan ejercerse es necesario profundizar en programas para la modernización del transporte y el control de emisiones industriales (principalmente en la pequeña y mediana empresa). Asimismo, se requiere el diseño de nuevos instrumentos financieros que hagan más ágil el acceso al financiamiento a estos sectores a la vez que más asequible en términos de costos.

Por otro lado, existen programas donde en forma temporal o definitiva, no es posible lograr una recuperación total de la inversión requerida para instrumentar un programa ambiental. En estos casos es recomendable estudiar la posibilidad de ejecutar una parte del financiamiento mediante una donación. Esto es posible mediante la realización de estudios de prefactibilidad, ejemplo de ello son las donaciones de recursos del Fondo Global Ambiental (GEF, por sus siglas en Inglés) que maneja el Banco Mundial. Este fondo financia estudios que permiten diseñar acciones de abatimiento de gases de efecto invernadero y proyectos que requieren un apoyo económico marginal para darles competitividad en el mercado. Por ejemplo, el GEF ha considerado cubrir los costos diferenciales del uso de combustibles alternativos en el transporte público, subsidiando el costo de adquirir la nueva tecnología de autobuses dedicados a gas natural, para que sea competitiva con la tradicional a diesel.

Otro organismo que financia este tipo de estudios y proyectos es la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica, la cual puede proporcionar recursos económicos en forma directa a través de asociaciones y apoyos con especialistas. Así mismo, existe una amplia variedad de organizaciones y agencias de desarrollo de países interesados en la cooperación técnica y financiera, como la GTZ de Alemania, la JICA de Japón, o el Fondo Francés para el Medio Ambiente.

Sin embargo, el principal objetivo en este punto es conciliar la necesidad de diseño y puesta en marcha de mecanismos flexibles, que cubran nuevas temáticas de los problemas de calidad del aire, con la facilitación del otorgamiento de financiamientos, sobre todo a los sectores productivos que más lo necesitan, ofreciendo tasas competitivas y soluciones integrales. El diseño y la implementación de ésta tarea tendrá que ser un trabajo conjunto entre los gobiernos y las instituciones de banca de desarrollo de nuestro país.

## 10.4 FINANCIAMIENTO INTERNACIONAL

Es importante que al iniciar el programa se cuente con una visión clara de cuales pueden ser los organismos que pueden proporcionar el financiamiento para el desarrollo de algunas acciones que estén contenidas en el PROAIRE 2002-2010, como pudiera ser el Banco Mundial. Para los casos que las autoridades consideren este tipo de financiamiento se deberá proponer el proyecto específico a los representantes de esta institución crediticia para que sea contemplada dentro de los programas crediticios anuales del Banco.

Sin embargo, ya sea a través del Banco Mundial, u otros bancos de desarrollo a nivel mundial, las posibilidades de obtener créditos para el PROAIRE 2002-2010, deben partir propuestas conjuntas de los gobiernos del Distrito Federal, del Estado de México y de la Federación, a través de las instituciones que regulan este tipo de operaciones (SHCP, BANOBRAS, SRE, entre otras). Un esfuerzo de obtención de recursos internacionales deberá ser impulsado decididamente por todos los interesados, poniendo como principio rector la calidad de vida de los habitantes de la ZMVM y el mejoramiento ambiental, basado en un riguroso análisis técnico-científico de los beneficios a obtener por la aplicación de las medidas financiadas.

## 10.5 ESQUEMAS LOCALES DE FORTALECIMIENTO FINANCIERO

Los gobiernos locales deben fortalecer los fondos de financiamiento que tienen creados como un instrumento económico auxiliar, para la elaboración y ejecución de la política ambiental y de desarrollo sustentable.

El objetivo consiste en la captación de recursos, tanto públicos como privados, así como la administración de los mismos para financiar proyectos de gestión ambiental.

Los fondos de los gobiernos locales podrían alimentarse con los recursos financieros que destinen de su propio presupuesto de egresos, con los productos o rendimientos de las inversiones y reinversiones que se realicen con los recursos, aportaciones que realicen personas, físicas o morales, nacionales o extranjeras, privadas o públicas; en el caso de

que su legislación lo prevea, de los pagos que un juez dictamine con motivo de indemnización por daños al ambiente; de las aportaciones provenientes de recursos crediticios o no reembolsables de organismos internacionales, que se obtengan para el mejoramiento ambiental y el desarrollo sustentable, y de bonos que aporten las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal relacionadas con la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, con el fin de mejorar la salud de la población.

Al ser un mecanismo flexible que permite la incorporación de recursos privados, se podrán obtener recursos que comprometan diversos sectores distintos al gobierno y que apoyen algunas de las medidas contenidas en el PROAIRE 2002-2010.



# **Anexos**



# **ANEXO 1 RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA INTEGRAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO 2001-2010<sup>1</sup>**

## **INTRODUCCIÓN**

El Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global: Estudio de Caso de la Ciudad de México, llamado en forma breve “Programa de la Ciudad de México” es una iniciativa del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) que ha logrado conjuntar la participación de un equipo interdisciplinario y multidisciplinario de investigadores mexicanos de diversas instituciones, así como de estudiantes, académicos e investigadores de la Universidad del Harvard y del propio MIT. Los centros de investigación involucrados incluyen a la Escuela John F. Kennedy de Gobierno de la Universidad de Harvard, el Colegio de México, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto Nacional de Salud Pública, la Escuela de Salud Pública, y consultores de otras instituciones.

El propósito de este programa de colaboración para la investigación y la educación, busca contribuir al entendimiento de los complejos y profundos problemas ambientales, aportando elementos para enriquecer los enfoques y metodologías con los que son abordados en los países en vías de desarrollo. Uno de los componentes más importantes del programa está dirigido al mejoramiento de la propia capacidad de los países para enfrentar tales problemas. El objetivo más importante del Programa es generar evaluaciones objetivas y balanceadas, útiles para los tomadores de decisiones, sobre las causas y alternativas de solución de los problemas de contaminación atmosférica local, regional y global. Estas evaluaciones se fundamentan en un riguroso análisis integral de los aspectos científicos, tecnológicos, sociales y económicos de dichos problemas. Con frecuencia, estas evaluaciones se enfrentan a una disponibilidad limitada de información, y, en consecuencia, tienen que incluir un análisis de las incertidumbres asociadas.

El “Programa de la Ciudad de México” constituye el estudio de caso que da inicio a las actividades del proyecto. Se espera que sus resultados sean de utilidad para orientar la definición de las políticas de calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México. Este estudio de caso incluye un fuerte énfasis en la creación de capacidad profesional para sostener un enfoque sistémico en el tema. Creemos que el integrar el trabajo de científicos, economistas, sociólogos y diseñadores de políticas es esencial para enfrentar adecuadamente los complejos e interrelacionados aspectos ambientales como son la contaminación urbana y el calentamiento global.

---

<sup>1</sup> Molina M., (Coordinador), 2000. Resumen Ejecutivo del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

## **EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA ZMVM**

El territorio donde se localiza la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) está rodeado de montañas, en una latitud subtropical, a gran altura, donde se presentan frecuentes fenómenos de inversión térmica y de sistemas de alta presión que tienden a “atrapar” los contaminantes en el Valle.

En este enclave geográfico, coexisten más de 18 millones de habitantes, más de 3 millones de vehículos, y alrededor de 35,000 industrias. En conjunto, estas actividades consumen un volumen superior a los 44 millones de litros de combustible al día. Ello conlleva a la emisión de miles de toneladas de contaminantes de diversos tipos, los cuales a su vez pueden reaccionar químicamente en la atmósfera para formar otros que pueden ser más dañinos a la salud que aquellos que les dan origen.

Las posibles estrategias para atacar este problema son muy variadas, y en algunos casos potencialmente muy valiosas. No existe, sin embargo, una solución simple, ni una medida que, por sí sola, como una “bala de plata”, logre resultados mágicos. Es sólo a través de la combinación y puesta en práctica de muchas estrategias coordinadas, como se puede lograr un impacto sustancial.

El problema es bien conocido (y reconocido) tanto por el gobierno mexicano como por los ciudadanos, desde la década de los 70, y para mediados de los 80 ya era medido de forma rutinaria. Algunos aspectos del problema han sido atacados acertadamente con las políticas y acciones puestas en práctica en la década de los 90. En esos años, se lograron reducciones sustanciales en las mediciones de las concentraciones ambiente de plomo, bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), y monóxido de carbono (CO), aunque, por otra parte, no se avanzó sustancialmente en lo referente a las concentraciones de ozono, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y partículas.

En la actualidad, las normas de emisión que se rebasan con mayor frecuencia en la ZMVM son la de ozono y la de partículas PM<sub>10</sub> (de diámetro menor a 10 micras), con el resto de los contaminantes casi siempre en niveles dentro de la norma. En el caso del ozono, la norma para una hora se rebasa en alrededor del 90 % de los días, y esto ha venido sucediendo año tras año desde 1988. Las concentraciones pico de ozono, cercanas a 300 ppb, son comparables a las que tenía la ciudad de Los Angeles durante los 70, y son superiores a las observadas en la actualidad en cualquier ciudad de los Estados Unidos. En lo que respecta a PM<sub>10</sub>, la norma para 24 horas es excedida en 44 % de los días, y las concentraciones promedio anuales han superado los límites máximos establecidos por las normas desde 1995; inclusive en Xalostoc se han alcanzado niveles dos o tres veces mayores que la norma anual. En consecuencia, el ozono y las

partículas son los contaminantes más preocupantes en la ZMVM, y los que merecen la atención más inmediata.

La definición de políticas de calidad del aire efectivas requiere una evaluación integral del problema y de sus soluciones

Uno de los retos más importantes en el desarrollo de planes de gestión de la calidad del aire coordinados, bien fundamentados, y costo-efectivos, es conseguir abordar todos los aspectos científicos, tecnológicos, políticos, institucionales, económicos y administrativos relevantes en el estudio del problema que se busca atacar. Por esta razón, el Proyecto de la Ciudad de México ha empleado un enfoque de evaluación integral para desarrollar recomendaciones que faciliten la interacción de áreas tan diferentes como la salud, la ciencia ambiental, la economía, la tecnología y la política. En todo este proceso un factor decisivo es la participación y los insumos de los actores más importantes.

### **Hacia un marco de referencia integrado de la problemática de la calidad del aire**

Al considerar las diferentes estrategias para mejorar el medio ambiente es importante incluir en los análisis que se realicen, entre otros, los posibles impactos resultantes en el crecimiento económico. Las medidas draconianas para reducir la contaminación del aire limitando la movilidad de los ciudadanos de la ZMVM, por ejemplo, pueden tener un impacto favorable en las emisiones en el corto plazo, pero provocan tales efectos negativos en el crecimiento económico y la calidad de vida de la población en el mediano y largo plazo, que a fin de cuentas resultan poco sustentables. Los métodos de evaluación integral empleados en este proyecto proporcionan el marco dentro del cual pueden ser considerados los impactos de las diversas estrategias que se planteen.

La contaminación del aire afecta seriamente la salud e impone elevados costos económicos a la sociedad

Los problemas de contaminación del aire imponen costos económicos y de salud muy significativos. A su vez, estos problemas están estrechamente relacionados con otros factores ambientales y urbanos complejos (tales como el tráfico, la movilidad, los usos del suelo, y el calentamiento global) de creciente importancia en las grandes zonas urbanas alrededor del mundo.

Como en cualquier otra parte del mundo, la preocupación fundamental en relación con la contaminación atmosférica de la ZMVM, y la principal motivación para tomar acción al respecto, es la afectación que causa en la salud humana. No obstante, el proyecto considera también los efectos de la contaminación en los ecosistemas y,

particularmente en problemas de interés internacional, como es el calentamiento global. México, lo mismo que todos los países del mundo, contribuye a éste fenómeno y resulta también afectado por sus consecuencias.

Gran parte del conocimiento sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud proviene de estudios que analizan las fluctuaciones diarias en el número de muertes, las admisiones a hospitales, y los síntomas respiratorios, estudiados a la par que las fluctuaciones diarias en los niveles de contaminación del aire en las grandes ciudades (por ejemplo Filadelfia, Londres, la Ciudad de México) alrededor del mundo. Estos estudios han analizado los efectos de muchos de los contaminantes criterio (PM10, ozono, CO, NO2, SO2, entre otros).

Los hallazgos más claros y consistentes de estos estudios se relacionan con los incrementos en mortalidad debidos a las partículas PM10. Se sugiere que por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los niveles de PM10, se puede esperar un aumento de 1 % en la mortalidad diaria. La mayor parte de estas muertes adicionales se debe a causas cardiovasculares, y ocurre probablemente en gente relativamente mayor que sufre de enfermedades coronarias. Existe, sin embargo, alguna evidencia reciente (aunque sin confirmar) que indica que algunas de estas muertes prematuras pueden registrarse en infantes. Con una población del tamaño de la que tiene la Ciudad de México, cercana a los 20 millones, y con una tasa anual de muertes de aproximadamente 5/1000, estos estudios implican que una reducción de 10 % en las concentraciones de PM10 podría reducir el número de muertes prematuras en la ZMVM en hasta 1000 muertes cada año.

Tal vez lo más preocupante es la posibilidad de que la exposición de largo plazo a PM10 pueda incrementar la mortalidad crónica debida a causas respiratorias y cardiovasculares. Dos grandes estudios desarrollados en los Estados Unidos (ACS, Seis Ciudades) sugieren que tales efectos existen. Estos resultados no han sido confirmados en México, pero de ser reales, provocarían impactos en salud (en términos de disminución en la esperanza de vida) que podrían ser varias veces mayores que los impactos de la mortalidad aguda.

Las partículas PM10 están también consideradas como una causa en los incrementos de los casos de bronquitis crónica, admisiones hospitalarias por causas respiratorias o cardiovasculares, visitas a las salas de emergencia por problemas respiratorios, ataques de asma, síntomas en las vías respiratorias superiores, y días de actividad restringida.

El ozono tiene efectos obvios y significativos en la función respiratoria, en la manifestación de síntomas respiratorios (tales como irritación de ojos y tos), y en el número de admisiones a hospitales causadas por asma o por otras enfermedades respiratorias. Los efectos del ozono en la mortalidad son mucho menos claros que los de las partículas. Existen relativamente muy pocos estudios sobre ozono y mortalidad, y en los pocos que aíslan el efecto del ozono del de las partículas PM10, se ha encontrado que el efecto del ozono es pequeño, y su valor depende en gran parte del enfoque que se emplee para incorporar los efectos de la temperatura.

Vale la pena resaltar que, aunque la opinión pública le da gran importancia a los contaminantes atmosféricos tóxicos, la mayoría de los análisis cuantitativos no sugieren que la contaminación atmosférica genere grandes impactos en los riesgos de contraer algún tipo de cáncer.

No hay estimaciones directas sobre el valor de reducir los riesgos a la salud en México, aunque pueden estimarse extrapolando los valores de otros países, tales como los Estados Unidos. Estas extrapolaciones son hasta cierto punto inciertas, dado el limitado conocimiento existente sobre la relación y la variación entre el valor de la salud y los factores económicos y culturales entre diferentes países. Otra fuente de incertidumbre está relacionada con el valor de prevenir las muertes prematuras.

Puede obtenerse una indicación gruesa de la magnitud de los beneficios en salud que provocaría una reducción de 10 % en la contaminación del aire en la ZMVM, considerando solamente los beneficios por reducción en la mortalidad. La magnitud del beneficio depende de los ajustes que se hagan por las diferencias en el ingreso y en otros factores entre ambos países, pero es posible que se encuentre entre los 100,000 y los 3,000,000 de dólares por muerte evitada. Estas estimaciones sugieren que los beneficios en salud logrando, por ejemplo, una reducción del 10 % en los niveles de PM10 en términos económicos tendrían un valor equivalente en el rango de 100 a 3,000 millones de dólares al año.

## **Recomendaciones sobre efectos a la salud**

Nuestras recomendaciones caen en dos categorías, las que tienen que ver con las regulaciones y el control de la contaminación del aire en la Ciudad de México, y las relacionadas con las investigaciones y los ejercicios de valoración que convendría desarrollar.

### ***Control de la contaminación del aire***

Es recomendable que las estrategias de control se desarrollen con base en análisis costo-beneficio formales para las diferentes alternativas y estrategias de control, poniendo particular énfasis en los controles que tienen potencial para reducir la exposición de la población a PM10 y ozono.

Se sugiere, más aún, que los tomadores de decisiones le den mayor énfasis a los programas que busquen lograr reducir los niveles de exposición crónica de toda la población, en lugar de enfocarse exclusivamente en la reducción de episodios con niveles de exposición pico (contingencias).

### ***Investigaciones y ejercicios de valoración***

Existen muchos asuntos importantes no resueltos en relación con los efectos de la contaminación del aire en la salud y con la valoración de estos impactos, que podrían ser solucionados, por lo menos parcialmente, desarrollando investigaciones científicas adicionales. Recomendamos que se realicen tales investigaciones, con énfasis particular en:

- (1) Estudiar si la exposición a partículas finas y ozono, en un plazo largo, tiene efectos en salud significativos, por encima y más allá de los observados en los estudios de fluctuaciones diarias en número de muertes, admisiones a hospitales, y síntomas respiratorios en respuesta a fluctuaciones diarias en los niveles de contaminación.
- (2) Determinar si las partículas finas son más tóxicas que las partículas gruesas, y si existen diferencias significativas en la toxicidad de las partículas dependiendo de su composición química.
- (3) Explorar si la exposición a la contaminación atmosférica provoca aumentos en la mortalidad infantil y, de ser así, si éste es un componente significativo en la mortalidad total observada en los estudios de fluctuaciones diarias en número de muertes en respuesta a fluctuaciones diarias en los niveles de contaminación.



Antes de iniciar estos estudios tan detallados, sin embargo, convendría realizar una evaluación formal de riesgos (con un análisis cuantitativo completo de las incertidumbres), en coordinación con un análisis de decisión y de necesidades de información. Estas actividades podrían ayudar de forma importante a priorizar los esfuerzos de investigación que se realicen, de acuerdo con su valor para mejorar la toma de decisiones.

El conocimiento científico de la calidad del aire y las emisiones es fundamental para la definición y evaluación de las estrategias de control

### **La formación del ozono**

Mientras que el plomo y el CO son contaminantes de origen primarios (es decir, emitidos directamente desde fuentes tales como los vehículos), el ozono es un contaminante de tipo secundario, lo cual significa que se forma en la atmósfera mediante procesos químicos en los que intervienen compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y radiación solar. Por lo tanto, en principio, las concentraciones de ozono puede ser reducidas si se controlan las emisiones de COV, NO<sub>x</sub>, o ambos. En general, las medidas para reducir COV son menos costosas que aquéllas dirigidas a abatir las emisiones de NO<sub>x</sub>.

La mayor parte de las estrategias que en el pasado se han aplicado en la ZMVM para reducir ozono han estado encaminadas principalmente a reducir los COV. No obstante, también se han aplicado algunas medidas para controlar los NO<sub>x</sub>, como en el caso del requerimiento del uso de convertidores catalíticos de tres vías en los vehículos automotores.

Diversas mediciones realizadas en la ZMVM han mostrado que en la atmósfera de esta zona existe una cantidad mucho mayor de COV que de NO<sub>x</sub>, ya que la relación VOC/NO<sub>x</sub> que se utiliza como indicador se encuentra en un intervalo que va de 19:1 a 34:1 ppbC/ppb. Esta relación es mucho mayor que la observada en la mayoría de las ciudades de los Estados Unidos. De acuerdo con algunas investigaciones, esta alta relación COV/NO<sub>x</sub> significa que las concentraciones de ozono en la ZMVM son más sensibles a las variaciones en las concentraciones de NO<sub>x</sub> que a las de COV. Varios estudios de modelación fotoquímica por computadora y experimentos en cámara de smog apoyan esta afirmación. No obstante, la información disponible es limitada y para dar mayor certidumbre al entendimiento de los procesos fotoquímicos en la ZMVM se requiere profundizar en la investigación. Es importante resaltar la complejidad de los procesos químicos que dan lugar a la formación de ozono y partículas finas ya

que, bajo algunas circunstancias, las reducciones en las emisiones de óxidos de nitrógeno pueden provocar concentraciones de ozono más altas en algunos puntos de la ZMVM.

En vista de las posibles consecuencias en el diseño de estrategias de control, la conclusión de que la formación del ozono es sensible a los NO<sub>x</sub>, debe ser confirmada con mediciones adicionales. Los estudios de modelación fotoquímica y los experimentos en cámaras de smog han generado evidencias que sustentan esta afirmación; sin embargo tienen algunas limitaciones. Por un lado, las mediciones periódicas de la concentración de COV se miden sólo en algunos puntos de la ZMVM, mientras que la relación COV/NO<sub>x</sub> y los experimentos de cámaras de smog no reflejan por completo el transporte y química del ozono. La medición de ciertas especies químicas, como el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), el peroxi acetil nitrato (PAN) y el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), a ciertas horas del día y en sitios clave puede aportar información relevante para definir con certeza si el control de los NO<sub>x</sub>, de los COV, o de ambos es lo más adecuado para la Ciudad de México.

### **Formación de partículas finas**

Las investigaciones recientes sobre la salud sugieren que las partículas de la fracción fina (PM<sub>2.5</sub>) son las que en mayor medida propician los efectos adversos a la salud. Por esta razón, la medición de la composición química de las PM<sub>2.5</sub>; el desarrollo de un inventario de emisiones y la creación de leyes que promuevan normas ambientales más estrictas, deben considerarse como actividades de suma importancia para la Ciudad de México. Las PM<sub>2.5</sub> están compuestas de partículas primarias (emitidas directamente por las fuentes) y de aquellas que se forman en la atmósfera por transformaciones químicas (partículas secundarias).

En México, al menos el 50% de la masa de las PM<sub>2.5</sub> son partículas carbonáceas, es decir, constituidas de carbón elemental y carbón orgánico, emitidas principalmente durante la combustión. La emisión de partículas carbonáceas no está cuantificada en la Ciudad de México aún, sin embargo los vehículos (particularmente los camiones a diesel), los incendios, polvo suspendido de las carreteras y la cocción de carne son sus principales fuentes. Por su parte, las partículas de origen secundario están asociadas a las emisiones de SO<sub>2</sub> y a los precursores de ozono, por lo que el cambio en las emisiones de COV y NO<sub>x</sub> no sólo repercute en la formación de ozono, sino que modifica la formación secundaria de PM<sub>2.5</sub>. Esta relación entre las partículas finas y el ozono induce a que los programas de control se desarrollen con ambos contaminantes en mente.

## **Recomendaciones sobre ciencia de la contaminación del aire**

La investigación científica de los procesos que dan lugar a la formación de ozono y partículas en la atmósfera a partir de otros contaminantes debe reforzarse para generar fundamentos más sólidos para el desarrollo de estrategias efectivas para el control de emisiones. Estos serían proyectos de plazo relativamente corto y de bajo costo. Deben conducirse, igualmente, campañas de medición de campo para determinar las concentraciones atmosféricas de algunas de las especies clave que no son monitoreadas rutinariamente por parte de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). Algunas de estas mediciones deben cumplir con el propósito de ayudar a mejorar el entendimiento científico de la meteorología y la química de la contaminación del aire en la ZMVM, mientras que para otras el objetivo es ayudar a mejorar la precisión y confiabilidad de los inventarios de emisiones.

Recomendamos, además, el apoyo de las instituciones gubernamentales al Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA). Ésta institución tiene como objetivo primordial fortalecer la capacidad de gestión ambiental de los tres niveles de gobierno, así como de los sectores industrial y académico mediante el desarrollo de programas de investigación aplicada y capacitación técnica en los campos de prevención y control de la contaminación atmosférica y de manejo de residuos peligrosos. Es importante que el CENICA cuente por lo menos con la infraestructura mínima requerida para que cumpla con los objetivos para el que fue diseñado.

## **Inventarios de emisiones**

Los inventarios de emisiones son reconocidos internacionalmente como uno de los pilares de la política de calidad del aire, ya que proporcionan información crucial sobre las fuentes de la contaminación, con la finalidad de apoyar la formulación de estrategias de control efectivas para mejorar la calidad del aire. Además, son herramientas indispensables para evaluar si las medidas aplicadas han producido los resultados esperados. Por ello, es de una alta relevancia la continuación de los esfuerzos para mejorar su precisión y confiabilidad. Sin menoscabo de lo anterior, a pesar de la incertidumbre de los inventarios de emisiones existentes en la ZMVM, es posible identificar las principales fuentes generadoras que requieren atención prioritaria. Por ejemplo, es claro que los camiones de carga contribuyen con una proporción significativa a las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>. Si consideramos la importancia de las emisiones de NO<sub>x</sub> en la formación de ozono y de partículas finas secundarias,

podemos concluir que se debe dar más atención que en el pasado al diseño de estrategias dirigidas a la flota de camiones de carga.

### **Opciones para reducir emisiones generadas por el transporte**

El transporte es un motor de la actividad económica y de su funcionamiento depende en gran medida la generación del bienestar social. Sin embargo, también es una fuente importante de contaminación del aire en la ZMVM, la cual contribuye con casi todo el CO, más del 75 % de los NOx, 35 % de los COV, 24 % del SO2, y 41 % de las partículas PM10. La cuestión fundamental, por consiguiente, es cómo reducir los impactos ambientales del transporte sin sacrificar los beneficios económicos y sociales que otorga la movilidad.

Este dilema se vuelve más apremiante bajo condiciones de rápido crecimiento urbano como el que ocurre en la ZMVM, los cuales provocan incrementos significativos en la demanda de transporte. De seguir las tendencias actuales, para el año 2020 la población de la ZMVM llegaría a 26 millones de habitantes, con un crecimiento mayor en el Estado de México en comparación con el Distrito Federal. Si se incluye la "corona" de ciudades que rodean el Valle de México (Puebla, Tlaxcala, Cuernavaca, Toluca y Pachuca), los escenarios analizados indican que la conurbación podría conformar, en el año 2020, una Megalópolis que habría de contener el 27 % de la población del país, con alrededor de 36 millones de habitantes.

Aún cuando las tasas de crecimiento poblacional fueran más moderadas, es previsible que ocurra un aumento sustancial en la demanda de viajes regionales, tanto de pasajeros como de carga. La creciente dispersión geográfica de la población metropolitana provocará incrementos en la demanda agregada de transporte, ya que se requerirá la realización de un número mayor de viajes, los cuales serán a su vez más largos.

Conforme ha crecido la población y se han descentralizado las áreas residenciales, los patrones de elección modal de transporte que siguen los pasajeros en la ZMVM también han cambiado radicalmente: El número de automóviles privados ha aumentado significativamente, a una tasa de 6% anual en los años recientes, de acuerdo a la mayoría de las estimaciones.

Más aún, para la siguiente década se prevé una tasa de crecimiento económico de entre un 3% y un 5% promedio anual. Ello podría significar un mayor número de vehículos en circulación, proporción más alta de vehículos por habitante y la

posibilidad de que los viajes y las distancias recorridas se incrementen aún más como resultado de la intensificación de las actividades económicas y de convivencia social.

Por otro lado, del total de viajes en transporte público, el porcentaje que se realiza en autobuses de ruta fija ha caído estrepitosamente, como resultado del surgimiento y auge de otros sistemas de transporte que compiten por el servicio en las mismas rutas, frecuentemente en condiciones de competencia desleal y escasa regulación. Otra causa ha sido el colapso del sistema de autobuses Ruta-100 con las consecuentes reducciones en los alcances del servicio

En contraposición, el servicio de colectivos (principalmente a través de microbuses) ha crecido dramáticamente, convirtiéndose en el modo dominante de transportación masiva. Aún con precios más altos, estos vehículos ofrecen una mayor flexibilidad en el servicio que los hacen atractivos para los consumidores, en comparación con el Metro y las rutas de autobús que son relativamente inflexibles.

Del total de viajes, el porcentaje que se realiza en el sistema Metro también ha declinado, a pesar del crecimiento de su capacidad y extensión, y de los subsidios sustanciales que otorga el gobierno.

En general, los usuarios están optando cada vez menos por los modos de transporte de alta ocupación (como autobuses y Metro), y cada vez más por los vehículos masivos de baja ocupación (en particular los colectivos) y por los automóviles privados. De no ocurrir un cambio sustancial en las políticas actuales y en la organización del servicio, es previsible que estas tendencias continúen conforme aumente el nivel de ingresos de la región.

En buena medida, estas alteraciones se deben a que el sistema de transporte existente no se ha adaptado adecuadamente a los cambios en la distribución de la población, el desarrollo económico, y los cambios resultantes en los patrones de movilidad. Como resultado de la deficiente planeación y de la debilidad de los controles de uso del suelo, las viviendas de bajos ingresos son construidas en lugares que carecen de infraestructura vial adecuada y opciones de transporte masivo. De la misma forma han surgido nuevos desarrollos comerciales, con accesos y vías inadecuados que se reflejan en un aumento local de los conflictos viales.

Aunque en la región se han notables esfuerzos por desarrollar vías de comunicación conforme su crecimiento poblacional y expansión territorial lo demandan, la mayoría de estos esfuerzos han resultado infructuosos, debido a que las necesidades de espacio

vial crecen a una velocidad mucho mayor que la infraestructura disponible, lo cual se agrava por la falta de una planeación coordinada a nivel metropolitano.

Otro problema que merece una especial atención es que el transporte sobre rieles no ha llegado a las áreas en las que se observa el mayor crecimiento poblacional y de demanda de transporte. Con respecto al transporte metropolitano, los avances alcanzados a la fecha no han logrado superar las barreras regulatorias para la operación eficiente de autobuses entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Por otra parte, el transporte de carga tiene una relevancia especial debido a sus altas emisiones contaminantes, la excesiva antigüedad de la flota y al efecto que su intensa circulación tiene sobre las condiciones de tránsito en la ZMVM. La concentración de la actividad económica nacional en la región del Valle de México, hace que ésta sea un importante destino para los transportes de carga. La situación se complica porque una buena parte del tránsito de camiones de carga foránea que se dirige a otras ciudades del país debe atravesar la ZMVM, debido a la insuficiencia de rutas "circunferenciales" que permitieran evitarlo.

El crecimiento económico y poblacional, los incrementos en la demanda de viajes, la dispersión metropolitana, y la expansión inadecuada de la infraestructura de tránsito y vialidades en las áreas de mayor crecimiento, son elementos que se combinan y producen severas congestiones de tránsito a lo largo y ancho de la región del Valle de México. Este incremento en la congestión genera una ineficiente operación vehicular, y en consecuencia niveles mayores de contaminación por kilómetro recorrido de los que se tendrían con flujos más rápidos.

Las autoridades gubernamentales de la ZMVM han dado grandes pasos para reducir las emisiones del transporte. Entre ellos, los más importantes son: i) el establecimiento de límites de emisión cada vez más estrictos para los vehículos nuevos; ii) las mejoras en la calidad de los combustibles, particularmente eliminando el plomo de la gasolina, reduciendo el contenido de azufre tanto de la gasolina como del diesel, e introduciendo gasolina oxigenada y reformulada al mercado; iii) el Programa de Verificación Vehicular, cada vez más estricto y técnicamente sofisticado, que dispone que se inspeccionen los controles de emisión de los vehículos dos veces al año.

Persisten serios problemas relacionados con la edad de la flota y los requerimientos regulatorios provocan, sin embargo, la persistencia de niveles de emisiones del sector transporte en la ZMVM aún muy altos. Una alta proporción de los vehículos en circulación carecen de equipos de control de emisiones básicos. En 1999, cerca del 43 % de los automóviles privados en circulación eran de modelos 1991 y

anteriores, que en la generalidad de los casos no cuentan con convertidores catalíticos. A pesar de las estrictas regulaciones acerca de la edad máxima permitida a los vehículos, las flotas de taxis y colectivos están envejeciendo. Muchos son ya más viejos de lo permitido, y tienen equipos de control de emisiones en mal estado, que con el uso tan intensivo que se les da a estos vehículos, los convierten en fuentes importantes de emisiones. La flota de camiones a diesel de México es muy vieja (cerca de 30 % tiene 15 o más años), se renueva muy lentamente, tiene un mantenimiento muy pobre, y carece en la mayoría de los casos de equipos de control de emisiones. Este es un problema serio, dados los volúmenes de NOx y partículas que emite esta flota.

Todos estos problemas, unidos a la creciente demanda agregada de viajes de pasajeros y carga, y a los severos problemas de congestión de tránsito, plantean retos muy significativos para el control de la contaminación atmosférica.

### **Recomendaciones sobre transporte:**

Para enfrentar los problemas relacionados con las emisiones del sector transporte, hace falta desarrollar y aplicar efectivamente nuevas políticas públicas en las siguientes áreas:

- Composición y operación de la flota
  - Establecimiento de incentivos para aumentar la tasa de renovación de las flotas de camiones, taxis, colectivos y automóviles privados.
  - Vigilancia estricta de la aplicación de las regulaciones existentes sobre edad máxima permitida a taxis y colectivos.
  - Establecimiento de incentivos para estimular la retroadaptación ("retrofitting") de tecnologías de control de emisiones en camiones a diesel.
  - Realización periódica de auditorías a los Centros de Verificación de Vehículos y realización de las correcciones tecnológicas y administrativas pertinentes.
- Transporte público - Debe motivarse, en general, el uso de modos de mayor ocupación, particularmente para desalentar la sustitución del transporte público por modos de transporte privado:
  - Dar prioridad a la organización del sistema de transporte a nivel metropolitano, en el cual se incluyan a todo los modos de transporte

actuales, con una visión de mejoramiento de la seguridad y comodidad del servicio y la reducción de emisiones. .

- Mejoramiento integral de la calidad del servicio, desempeño, y seguridad personal que ofrece el sistema Metro, como parte importante de un programa para incrementar sustancialmente el número de usuarios.
- Realización de acciones para facilitar las transferencias de pasajeros entre los diferentes modos de transporte, para mejorar la comodidad y velocidad del transporte público.
- La planeación de la expansión propuesta para la red del Metro debe considerar la necesidad de tocar importantes orígenes y destinos
- 
- Combustibles
  - Establecimiento de nuevas especificaciones con límites más estrictos de contenido de azufre en la gasolina y diesel que hagan posible la introducción de las futuras tecnologías automotrices de menores emisiones contaminantes, para lo cual será necesario programar en el menor plazo posible las inversiones necesarias
  - Continuación de los proyectos para la introducción de gas natural como combustible para el transporte, especialmente para autobuses urbanos y camiones intra-urbanos.
  - Instrumentación de acciones para detener las conversiones ilegales de vehículos a gas LP, ya que, entre otros defectos, no cuentan con los controles de emisión adecuados y constituyen un riesgo a la seguridad de los usuarios del transporte.
- Infraestructura/Tecnología
  - Desarrollo de infraestructura vial y de consolidación de carga, para evitar el tránsito del transporte pesado de carga en la ZMVM
  - Evaluación de la factibilidad de implementar sistemas de Transportación Inteligente, los cuales dan algunas opciones para mejorar la gestión del tráfico, y en consecuencia reducir la contaminación.
  - Deben considerarse políticas alternativas para fijación de precios del transporte, tales como las que sugieren los Sistemas de Transportación Inteligente.
- Instituciones
  - Se requiere fortalecer la coordinación entre las instituciones locales y federales responsables de la gestión del transporte en la ZMVM, incluyendo



- el fortalecimiento y rediseño de la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad para dotarla de mayor capacidad ejecutiva y facultades legales para la efectiva realización de sus responsabilidades de coordinación.
- Asimismo, es necesario fortalecer la vinculación operativos entre las instituciones encargadas del transporte en el Distrito Federal y el Estado de México, para el establecimiento e instrumentación de políticas homogéneas de transporte entre las dos entidades.
  - Por otra parte, se requiere también el diseño y la adopción de una política integral de transporte, uso del suelo y calidad del aire, a nivel metropolitano.
  - Con respecto a la verificación vehicular, se requiere una modernización tecnológica continua y, en especial, la completa homogenización de los programas del Distrito Federal y el Estado de México.
  - El desarrollo de una base de datos regional para el registro de vehículos es una condición y herramienta esencial para integrar la gestión ambiental y del transporte.

### **Opciones para reducir emisiones en otras fuentes de contaminación del aire adicionales al transporte**

En la Zona Metropolitana del Valle de México se realizan diversas actividades que se suman al transporte en la generación de contaminantes atmosféricos. Entre las más importantes destacan: la generación de energía eléctrica; la producción de bienes y servicios en la industria y los servicios; el uso de combustibles y disolventes en los hogares y el manejo y distribución de combustibles. Por otro lado, también se generan emisiones contaminantes como resultado de la erosión del suelo. Asimismo, se están haciendo estudios para evaluar la importancia de las emisiones causadas por la vegetación.

En los últimos 15 años se han alcanzado grandes avances en la reducción de contaminantes generados por las termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México, ubicadas en la zona metropolitana. No obstante, aún continúan siendo las fuentes individuales de óxidos de nitrógeno de mayor magnitud en la ZMVM. Estudios recientes indican la posibilidad y conveniencia de sustituir estas centrales de generación - antiguas e ineficientes - por nuevas termoeléctricas, con tecnologías avanzadas, menores emisiones contaminantes y mayor capacidad de generación de electricidad para satisfacer la crecientes demandas de la ZMVM. Más aún, de acuerdo con dichos estudios, dichas termoeléctricas podrían ubicarse fuera del Valle de México, donde serían más eficientes al operar a una altitud menor. Por otra parte, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha sometido a la consideración del INE un proyecto para

repotenciar una de las unidades de generación de la central Valle de México, lo cual podría reducir en un 40% sus emisiones de NOx, de acuerdo con estimaciones de la propia CFE. Ante esta disyuntiva, es conveniente que las autoridades ambientales analicen cuidadosamente y en forma integral estas alternativas, para determinar la opción que tendría el mayor beneficio ambiental al menor costo para la sociedad.

Por otra parte, es necesario aplicar una estrategia de ahorro de energía para enfrentar la demanda creciente de electricidad al mismo tiempo que se reducen las emisiones. El ahorro y uso racional de energía en el sector público y privado tiene múltiples co-beneficios como ahorros económicos y un aumento en la eficiencia de los procesos. Una planeación integrada de la política de energía y de la política de calidad del aire es un requisito fundamental para dar congruencia a las futuras inversiones en materia energética.

En los últimos años las emisiones del sector industrial han tendido a disminuir, como resultado del cambio a combustibles menos contaminantes y la aplicación de disposiciones ambientales. Más aún, la relocalización industrial en el territorio nacional y la disminución del ritmo de actividad industrial en la zona metropolitana también han tenido un papel determinante en esta reducción. Las autoridades ambientales han establecido un aparato de instrumentos de política para la gestión ambiental de la industria. Sin embargo, se requiere su consolidación e instrumentación efectiva y simplificación, en un proceso en el que deben colaborar todas las instituciones involucradas. Para reforzar este proceso, es conveniente realizar reformas al marco legal que incentiven dicha colaboración.

En los servicios y el sector residencial, el sistema de almacenamiento, transporte, distribución y uso de gas licuado de petróleo es uno de los principales generadores de emisiones de hidrocarburos debido a fugas y combustible no quemado. Más de tres cuartas partes de dichas emisiones se generan en instalaciones domésticas. En el corto plazo podrían alcanzarse reducciones significativas de estas emisiones a través de acciones relativamente sencillas, como la revisión de la hermeticidad de tuberías y conexiones, así como con la sustitución y/o la clausura de pilotos.

La erosión es causa importante de la emisión de partículas suspendidas. Para asegurar que los recursos naturales contribuyan a la retención de los contaminantes y a evitar la pérdida de suelos se requiere de la protección del suelo de conservación y, por otra parte, el manejo y restauración de los recursos naturales. Para lograr lo anterior se requiere la ampliación y mejoramiento del marco jurídico, incluyendo la elaboración, actualización y homogenización de programas de ordenamiento ecológico, la rehabilitación de áreas naturales protegidas y, el reforzamiento de las disposiciones

legales relativas a la protección de las áreas de conservación. Asimismo, se requiere la ampliación y mejoramiento del sistema de inspección, vigilancia y sanción para asegurar la protección. Por otra parte, se requiere el propiciar el aumento del valor del suelo en relación con el valor de cambio a través de acciones de reordenamiento, el aumento de la productividad agrícola, el impulso al desarrollo agropecuario y el mejoramiento de las prácticas de trabajo.

En el corto plazo se recomiendan acciones inmediatas dirigidas a los siguientes propósitos: i) propiciar una planeación integral en la definición de los próximos programas de energía, industria y servicios y medio ambiente, a través de la cual se favorezca armonización y la satisfacción simultánea de los objetivos sectoriales; ii) Establecer mecanismos de coordinación efectivos para la instrumentación de las políticas; iii) Evaluar en forma integral las medidas específicas a aplicar en todos los sectores, incluyendo sus costos, reducciones, beneficios, factibilidad técnica, económica y social, así como mecanismos de instrumentación y evaluación retrospectiva; iv) la formulación y aplicación de un programa de investigación y desarrollo que apoye la toma de decisiones y la instrumentación de las políticas.

### **Fortalecimiento de las instituciones**

La fortaleza de las instituciones y la capacidad de gobernar son condiciones fundamentales para mejorar la calidad del aire en la ZMVM. Entre los ejemplos que pueden señalarse se incluye la interacción e interrelación entre el Estado de México y el Distrito Federal, que han dejado ver cierta falta de coordinación en la aplicación de los programas ambientales, así como en las operaciones y planeación del sector transporte.

Se requiere una reestructuración de las instituciones a cargo de diseñar e instrumentar las regulaciones y políticas sobre contaminación del aire. La Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) requiere una estructura que le otorgue mayor poder para desarrollar políticas integradas, y que le permita llevarlas a la práctica. La CAM precisa que se le reconozca constitucionalmente al mismo nivel que tienen otras instituciones gubernamentales.

La solución al problema de contaminación atmosférica de la ZMVM depende no solamente de que se encuentren las medidas para reducir las emisiones, sino también de que se realicen las acciones necesarias en las áreas y sectores que más impacto tienen en los problemas y las soluciones: desarrollo urbano, industria, comercio, etc. Asimismo, se requiere crear las condiciones para la armonización de las políticas generales de población, desarrollo, educación, investigación y cultura con las de protección del entorno.

Se propone que la CAM sea reestructurada, de forma que permita la planeación de largo plazo, cumpliendo, entre otras, con las siguientes tareas: (1) la definición de objetivos verificables, con metas de corto, mediano y largo plazo; (2) coordinación de políticas ambientales, que incluya aire, agua y suelo; (3) búsqueda de la integración de las políticas ambientales entre los diferentes sectores de la administración pública a nivel local, estatal y federal; (4) el seguimiento, evaluación y revisión periódica de los políticas y programas, a través de mecanismos legalmente verificables; evaluación de políticas, con el propósito de retroalimentar a los demás actores respecto a la efectividad de las medidas aplicadas; y (4) supervisión de la aplicación de las leyes y las regulaciones.

### **Educación y comunicación ambiental**

El éxito y sustentabilidad de las políticas ambientales depende en gran medida de una alto nivel de conciencia ciudadana y de una participación social activa e informada. Para lograr este objetivo, es necesario desarrollar una cultura ambiental y elevar la educación en todos los niveles y con esto lograr un cambio permanente de actitudes y conductas. Asimismo, es indispensable el mejoramiento continuo de la capacidad de los recursos humanos responsables del diagnóstico de problemática ambiental, así como a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de las políticas y programas dirigidos a la reducción de la contaminación atmosférica, tanto a nivel gubernamental como privado, incluyendo al sector académico y a las organizaciones no gubernamentales.

En particular, este proyecto se ha dirigido a desarrollar las siguientes actividades educativas :

- Talleres: El proyecto a llevado a cabo tres talleres conjuntos México-EUA (Enero de 1999, Febrero del 2000, Junio del 2000) a los cuales asistieron investigadores del proyecto y estudiantes y se incluyeron a invitados representando al gobierno, a diferentes agencias y a las industrias. Habrá talleres dos veces al año alternando entre el MIT y México. Artículos de revisión del conocimiento del problema de Ciudad de México y este reporte son resultados de presentaciones en estos talleres.
- Investigación en colaboración: incluyendo investigadores y estudiantes del MIT, Harvard y México.
- Profesores e investigadores visitantes distinguidos en el MIT: varios investigadores Mexicanos han visitado el MIT desde una semana hasta un año para trabajar con investigadores del MIT y Harvard.

- Curso de Gestión de la Calidad del Aire para profesionales: En junio del 2000 el proyecto condujo un curso de 2 semanas sobre Gestión de la Calidad del Aire para profesionales, diseñadores de políticas, y representantes de ONGs, los medios y la industria. Expuesto por una combinación de colaboradores Mexicanos y de los EUA del proyecto y por otros expertos en contaminación del aire y áreas relevantes de la política, el curso es un modelo sobre el cual construir para expandir el curriculum sobre desarrollo sustentable.
- Comunicación con los grupos involucrados: A principios de octubre, los investigadores del proyecto se reunieron con un selecto grupo de personas interesadas en el problema de la contaminación del aire en la ZMVM para compartir hallazgos clave del Proyecto y sus recomendaciones; para recibir retroalimentación de los participantes en las recomendaciones propuestas y para obtener recomendaciones adicionales para enriquecer los resultados del proyecto; para contribuir a lograr un consenso para futuras acciones sobre mejoramiento de la calidad del aire; y para intercambiar ideas con los grupos involucrados sobre la conciencia ambiental.
- Una revisión de los programas relacionados a contaminación ambiental ofrecidos como parte de los programas de educación ambiental formal e informal en México: Se detectaron oportunidades en educación a nivel postgrado, licenciatura, preparatoria, secundaria, primaria y educación informal de la sociedad a través de discusiones con profesores de México, el MIT y Harvard así como mediante entrevistas con funcionarios de gobierno de la SEMARNAP, INE, y la SMA.

Las interacciones llevadas a cabo se extienden más allá de colaboraciones científicas: además de aquellas entre científicos de los EUA y México, el proyecto ha conjuntado a un número importante de académicos y profesionales de diversos sectores y disciplinas que anteriormente, lo cual está contribuyendo a superar el aislamiento que había prevalecido por la falta de canales adecuados de comunicación e interacción.

### **Recomendaciones sobre educación y comunicación**

Estas actividades educacionales y de comunicación deben de continuar como una parte integral y muy importante del proyecto. además, se recomienda que continúen vigorosamente las actividades de las autoridades gubernamentales en la ZMVM destinadas a elevar la conciencia ambiental del público.

### **El financiamiento de programas de calidad del aire**

Para que exista sustentabilidad en los programas ambientales, debe de asegurarse su sustentabilidad financiera. Los esfuerzos de saneamiento de la calidad del aire deben de realizarse fundamentados primordialmente en la auto-generación de recursos.

La sociedad debe reconocer que los beneficios ambientales que recibe de la naturaleza no son gratuitos y que debe pagar para conservarlos. Los costos de preservación, mantenimiento y restauración de los ecosistemas deben transferirse al contaminador y/o a quienes reciben estos beneficios. Los recursos invertidos en la prevención y remediación de la contaminación, junto como los costos de operación de programas, infraestructura y sistemas, deben recuperarse para reproducir los beneficios.

En la ZMVM se cuenta con importantes instrumentos de financiamiento para apoyar la instrumentación de estrategias y medidas específicas de control de la contaminación del aire. Entre ellos se encuentra el Fideicomiso Ambiental del Valle de México, operado por la Comisión Ambiental Metropolitana a través de un Comité Técnico encabezado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Los recursos de este fideicomiso se han integrado con la aplicación de un sobreprecio a la gasolina vendida en la Zona Metropolitana del Valle de México. Este sobreprecio se aplicó de principios de 1995 a fines de 1997 y, desde entonces, su aplicación no ha sido renovada por la SHCP. El Fideicomiso Ambiental debe mantenerse y la aplicación del sobreprecio debe renovarse. Aún más, es recomendable que la CAM busque la ampliación de este sobreprecio a otros combustibles.

Asimismo, existen otros recursos en la banca de desarrollo mexicana (muchos de ellos co-financiados por organismos financieros internacionales como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco de Importaciones y Exportaciones de Japón, entre otros). El Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras) y Nacional Financiera (Nafin) cuentan con suficiente capital y un marco legal que les permite adaptarse a casi cualquier necesidad y diseño. No obstante, la experiencia de la década pasada señala que la existencia de programas de financiamiento es una condición necesaria pero no suficiente para la realización de proyectos de mejoramiento de la calidad del aire. En el pasado reciente, una cantidad importante de recursos financieros han quedado sin ser ejercidos ante la existencia de barreras económicas, sociales e institucionales que faciliten su disponibilidad aplicación. Para que los recursos puedan ejercerse oportunamente se requiere la existencia y aplicación eficaz de un marco regulatorio adecuado, que defina los incentivos y las penalidades a las que están sujetos los generadores de la contaminación atmosférica.

Por otro lado, debido a razones sociales y económicas, hay programas donde en forma temporal o definitiva, no es posible lograr una recuperación total de la inversión requerida para instrumentar un programa ambiental. En estos casos es recomendable

estudiar la posibilidad de realizar mezclas de recursos: crediticios, presupuestales, privados, autogenerados, donaciones, etc.

### **Pasos siguientes**

El Programa de la Ciudad de México involucra investigaciones de largo plazo. Aún se encuentra en su etapa inicial, y continuará avanzando para permitir en el futuro un análisis más profundo de las políticas. La tarea de este proyecto no es desarrollar el programa de calidad del aire del gobierno, y por lo tanto las recomendaciones que se señalan en este documento no deben ser tomadas como directrices programáticas que deben ser aplicadas directamente, sino como guías que señalan cierta dirección, buscando dar claridad sobre las áreas de conflicto que requieren mayor atención. El equipo de investigación a cargo de este proyecto continuará trabajando muy cerca de las autoridades ambientales, para desarrollar recomendaciones respecto a las líneas de acción analíticas y programáticas a seguir.

Debe enfatizarse que la incertidumbre científica sigue siendo significativa. El conocimiento científico existente respecto a la contaminación del aire no está basado en un cuerpo de verdad irrefutable y monolítico; está basado, más bien, en un conocimiento que evoluciona, y que en algunos casos es controversial y ambiguo. El desarrollo y la incorporación oportuna del conocimiento científico en el proceso de toma de decisiones y de la experiencia internacional, constituye un valioso recurso para fortalecer las bases de la toma de decisiones y para evitar costosos errores mediante el aprovechamiento de las experiencias exitosas y lecciones aprendidas en otros países. Las políticas para mitigar la contaminación del aire deben tener como fundamento el mejor conocimiento científico disponible, aunque su efectividad, ciertamente, no depende exclusivamente de él. La efectividad de las estrategias y líneas de acción depende en buena medida de algunas consideraciones políticas, de la ejecución exitosa de las normas y leyes relevantes, y de la capacidad negociadora del gobierno. La existencia de conocimiento sobre las causas y consecuencias de la contaminación no implica que este conocimiento se traducirá necesariamente en soluciones a los problemas existentes. Para que eso suceda, deben existir la voluntad y la capacidad políticas, para hacer que el conocimiento se transforme en acción. En última instancia esto depende de las decisiones tecnológicas, económicas y políticas.

En resumen, la solución del problema de contaminación del aire de la ZMVM requiere un gran esfuerzo que debe mantenerse en el largo plazo. El desarrollo y aplicación efectiva de soluciones no es un lujo, sino una necesidad para garantizar la salud de los habitantes de la ZMVM y el bienestar de la sociedad. Para ello es indispensable la colaboración activa e informada de la gente, del sector privado, de la comunidad académica, de las organizaciones sociales y del gobierno, ya que el combate a la

contaminación requiere la implantación de diversas estrategias específicas en múltiples campos de acción.

Es importante destacar que, para el mejoramiento sostenido de la calidad del aire en la ZMVM se requiere tanto de un compromiso político permanente del más alto nivel como del apoyo de la sociedad. Es prioritario que los esfuerzos emprendidos tengan una visión de largo plazo y que incluyan un proceso de actualización permanente y de renovación de los compromisos. Algunas de las medidas necesarias podrán parecer costosas y molestas. No obstante, cualquier retraso en abordar y atacar la contaminación del aire puede orillar a la necesidad de aplicar acciones más drásticas en el futuro, o a poner en un mayor riesgo la salud y la economía de los habitantes de la Ciudad de México.



## ANEXO 2. INDICADORES DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

Un indicador es una representación numérica que sintetiza información en un periodo de evaluación. Los Indicadores Ambientales son formas directas o indirectas de medir la calidad del ambiente que pueden ser utilizados para determinar la situación actual y las tendencias en la capacidad del ambiente para sustentar la salud ecológica y humana.

### *Selección de Estaciones*

Para los indicadores de la calidad del aire se consideró la información de las estaciones de monitoreo con mejor desempeño histórico, es decir que han operado continuamente en los últimos 10 años y tienen al menos el 75% de datos anuales. Este criterio permite incrementar la confianza en la información que proveen los indicadores y mejorar la evaluación indirecta que se hace de los programas de prevención y control de la contaminación.

A continuación se listan las estaciones que proveen la información para los indicadores de cada contaminante.

<b>Contaminante</b>	<b>Estaciones con mejor desempeño histórico</b>
Ozono	Pedregal (PED), Cerro de la Estrella (CES), Plateros (PLA), Tlalnepantla (TLA), Xalostoc (XAL) y Merced (MER)
Bióxido de nitrógeno	PED, CES, TLA, XAL y MER
Monóxido de carbono	PED, CES, TLA, XAL, MER, Lagunilla (LAG), Benito Juárez (BJU), Metro Insurgentes (MIN) y Plateros (PLA)
Bióxido de azufre	PED, CES, TLA, XAL, MER, Hangares (HAN), Vallejo (VAL), Tacuba (TAC), La Presa (LPR), La Villa (LVI) y Azcapotzalco (AZC)
Partículas menores a 10 micrómetros	PED, CES, TLA, XAL, MER, Netzahualcoyotl (NET), La Villa (LVI), Tultitlán (TLI), Villa de las Flores (VIF) y Tláhuac (TAH)
Partículas suspendidas totales	PED, CES, TLA, XAL y MER
Plomo	PED, CES, TLA, XAL y MER
Agua de lluvia	TLA, Cerro del Tepeyac (TEC), Plaza de Santa Catarina (PSC), Centro de Educación Ambiental Acuexcómatl (CEA) y Lomas (LOM)

### *Indicadores y percentiles de las concentraciones máximas*

Los indicadores generales permiten evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a eventos específicos de contaminación. Se empleó el indicador de la segunda concentración máxima anual (segundo máximo), para evaluar el comportamiento de las concentraciones críticas que han presentado los contaminantes criterio y su referencia con las normas de

protección a la salud. Este indicador mitiga la influencia de eventos meteorológicos y de emisión locales.

Otros indicadores generales empleados se basaron en promedios periódicos para hacer referencia a las normas de protección a la salud. También se emplearon como indicadores generales la mediana, los percentiles 75 y 25, el rango intercuartil y las concentraciones máxima y mínima.

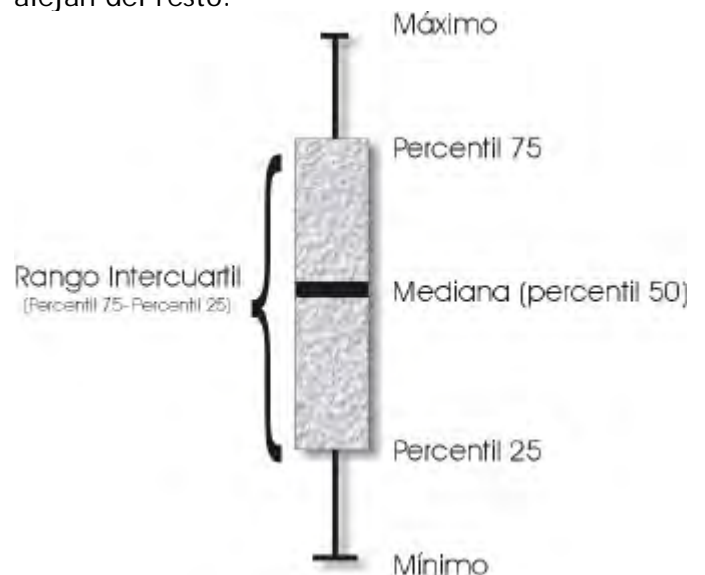
La siguiente figura permite explicar el tipo de información que proveen estos indicadores (percentiles), tomando en cuenta que estos se basan en el número total de datos disponibles para analizar.

**Percentil.** Este indicador señala un valor de concentración, debajo del cual se encuentra un determinado porcentaje de datos ordenados por su magnitud. Por ejemplo, el valor del percentil 75 señala la concentración a partir de la cual se encuentran tres cuartas partes del total, en tanto que el percentil 25 señala a la concentración a partir de la cual se encuentra una cuarta parte del total.

**Mediana.** Este indicador divide el conjunto de concentraciones ordenadas por su magnitud en dos grupos con igual número de datos. Esto significa que en la mitad de los días del año, las concentraciones están por debajo del valor de este indicador y es equivalente al percentil 50.

**Rango Intercuartil.** Este indicador representa la diferencia entre el percentil 75 y el percentil 25, por lo que concentra el 50% de los datos alrededor de la mediana. Permite visualizar la variabilidad de la información, evitando la influencia de los casos extremos.

**Outlier o dato atípico.** Dada la variación de un fenómeno, la mayoría de las observaciones se concentran alrededor de un punto (media o mediana), aquellos que se alejan considerablemente de éste, se consideran como datos atípicos, es decir datos que no ocurren frecuentemente y se alejan del resto.



### *Evaluación de tendencia regional*

Paralelamente y debido a la problemática que representa actualmente el O<sub>3</sub>, se evalúa su tendencia en las 5 zonas mediante el indicador TOP-30 (promedio de las 30 concentraciones máximas diarias durante el año).

Para evaluar la existencia de tendencia de los 5 contaminantes criterio que se miden en la RAMA en las 5 zonas en que se divide la ZMVM, se instrumentó la prueba estadística no paramétrica de Mann-Kendall para tendencia en presencia de temporalidad<sup>1</sup>, mediante la cual se identifica el decremento o incremento de la tendencia con base en la tasa instantánea de cambio, es decir la pendiente de una recta, así como un porcentaje relacionado al cambio en el periodo de evaluación. Como indicador de tendencia se empleó el percentil 95 de las concentraciones máximas diarias de cada mes, de 1990 a 2000.

El uso de este parámetro estadístico evita la influencia del 5% de los datos extremos del mes, que pueden estar vinculados a fenómenos locales de emisión.

### *Indicadores del comportamiento diario*

Este indicador permite observar el comportamiento promedio de un contaminante en un día típico e identificar el intervalo de horas en que se presentan sus niveles altos y que en algunos casos se asocia con actividades antropogénicas. Este indicador se obtiene calculando el promedio de las concentraciones de cada hora del día a lo largo de un año. Al comparar los días típicos de 1990 a 2000 se puede evaluar de manera general, si el aumento o decremento de un contaminante se presentó en todas las horas del día.

---

<sup>1</sup> Gilbert R.O., 1997. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Pacific Northwest Laboratory. Van Norstrand Reinhold, New York

---

## **ANEXO 4. SISTEMA DE MONITOREO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO**

La preocupación de las autoridades y científicos por conocer los niveles de contaminación del aire y sus efectos en la salud de la población de la Ciudad de México y su zona conurbada, llevaron a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, a través de la entonces Dirección de Higiene Industrial a realizar los primeros estudios tendientes a evaluar la calidad del aire a finales de 1958.

En esta misma dirección se iniciaron formalmente en 1966 las investigaciones sobre el problema de la contaminación del aire. A partir de agosto de 1967 entró en funcionamiento la primera Red Panamericana de Muestreo Normalizado en todo el territorio Mexicano y dentro de la ZMVM se instalaron 4 estaciones manuales para la determinación de polvo sedimentable y su acidez.

En 1971, el Poder Legislativo emitió la “Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental” con el fin de incorporar a la Administración Pública la vigilancia y la protección del medio ambiente. En ese mismo año se emitió el Reglamento de la Ley y en enero de 1972 fue creada la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, mientras que la red de monitoreo ya contaba con 14 estaciones manuales para muestreo de partículas suspendidas totales.

Con la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y dentro del programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, se adquirieron 48 estaciones de monitoreo, de las cuales, 22 quedaron instaladas en la ZMVM. Estas estaciones contaban con muestreadores de alto volumen para la determinación de partículas suspendidas totales y burbujeadores de gases para la determinación de bióxido de azufre y formaldehído.

En 1973 se inicia la transformación del sistema de mediciones manuales por mediciones automáticas, continuas y en tiempo real, con recepción de datos en un centro de control central, sistema que terminó de ser instalado en 1974. Las estaciones podían medir las concentraciones de los contaminantes “criterio” y mediciones manuales de partículas suspendidas totales (PST), al igual que los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa.

Este sistema operó hasta el año de 1980, fecha en que las autoridades decidieron reemplazarlo por uno más moderno y confiable, con mayores ventajas y facilidades para su operación. En el año de 1984 comenzó la integración del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM, que quedó terminado e inició su operación en octubre de 1986.

En 1991, se acordó proceder con la ampliación y reforzamiento de este sistema de monitoreo, debido al crecimiento de la mancha urbana y a la necesidad de un mejor conocimiento de la calidad del aire. Para lograr esto, en 1992 se amplió la cobertura de la red de 25 a 32 estaciones

remotas y una unidad móvil, se aumentó el número de analizadores de contaminantes gaseosos y se instalaron analizadores automáticos de partículas suspendidas fracción respirable (PM<sub>10</sub>), también se instaló un medio de transmisión de datos redundante para aumentar la disponibilidad de la información de la calidad del aire. Esta configuración de la red continua actualmente.

En enero de 1993 el sistema de monitoreo atmosférico se transfirió al entonces Departamento del Distrito Federal y actualmente se encuentra dentro de la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

El diseño actual del sistema de monitoreo atmosférico de la ZMVM tiene el propósito de vigilar y evaluar el estado de la calidad del aire, respecto de los contaminantes criterio y otros elementos tóxicos, así como variables meteorológicas, con la finalidad de mantener informada a la población y evaluar el impacto de las acciones de prevención y control de la contaminación para protección de la salud de la población y el mejoramiento del medio ambiente.

Para lograr este objetivo el sistema de monitoreo atmosférico se integra por 5 subsistemas operativos (Mapa 1), que son: la Red Automática de Monitoreo Atmosférico; la Red Manual de Monitoreo Atmosférico; la Red de Depósito Atmosférico, la Red Meteorológica y la Red de Radiación Solar. También cuenta con una unidad de apoyo conocida como unidad móvil de monitoreo atmosférico.

#### ***RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO (RAMA)***

La RAMA está integrada actualmente por 32 estaciones remotas de monitoreo, 21 de éstas se encuentran en el Distrito Federal y 11 en el Estado de México. Cada sitio de monitoreo cuenta con el equipamiento necesario para efectuar las mediciones de los contaminantes derivados de la actividad y uso del suelo más representativo de la región. Los equipos de medición con que cuenta esta red son analizadores de gases específicos para ozono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas suspendidas fracción respirable (PM<sub>10</sub>). Eventualmente se ha realizado la medición de hidrocarburos con equipos de prueba.

Esta red opera continuamente durante las 24 horas del día, todos los días del año, por lo que es posible mantener una vigilancia constante del comportamiento espacial y temporal de los contaminantes criterio e informar de manera oportuna a la población la situación prevaleciente de calidad del aire mediante el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, así como poner en marcha el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas cuando los niveles de contaminación son críticos.

La información histórica que ha proporcionado esta red es un elemento valioso para evaluar de manera indirecta, el impacto de las acciones de prevención y control que se han instrumentado

para controlar fuentes específicas de contaminación y con ello mejorar la calidad del aire de la ZMVM.

### ***RED MANUAL DE MONITOREO ATMOSFÉRICO (REDMA)***

La información que proporciona la REDMA permite evaluar el estado de la calidad del aire respecto a las partículas en suspensión y los elementos contenidos en estas. Esta red se implementó bajo los criterios internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (U.S. EPA por sus siglas en inglés) y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

La información histórica que ha proporcionado esta red es un elemento valioso para evaluar indirectamente el impacto de acciones específicas de prevención y control de la contaminación. Esta información es complementaria a la que proporcionan la RAMA y la REDDA.

Actualmente la REDMA está integrada por 13 estaciones que miden las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y partículas suspendidas fracción respirable ( $PM_{10}$ ). Esta medición se realiza cada 6 días para evitar el sesgo estadístico de muestrear siempre en un mismo día. Las muestras son colectadas sobre un filtro y la determinación del peso del depósito es por método gravimétrico (pesado). Algunas muestras de estas estaciones sirven para la determinación de componentes metálicos, sulfatos y nitratos. Los análisis se realizan en el Laboratorio de Bacteriología y Físicoquímica de la Facultad de Química de la UNAM.

### ***RED DE DEPÓSITO ATMOSFÉRICO (REDDA)***

A través de la REDDA es posible evaluar el fenómeno de "lluvia ácida", el cual es uno de los problemas ambientales que afecta a los ecosistemas y que ha recibido considerable atención durante los últimos 20 años, particularmente en áreas con altos niveles de contaminación atmosférica.

La información que proporciona la REDDA permite evaluar indirectamente la eficiencia de las medidas instrumentadas para prevenir y controlar las emisiones de los contaminantes precursores del depósito ácido atmosférico o lluvia ácida, el bióxido de azufre ( $SO_2$ ) y los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ).

Actualmente la REDDA está integrada por 16 estaciones fijas ubicadas en la zona urbana, rural y de conservación ecológica de la ZMVM; cada una de estas áreas se caracteriza por tener diferentes tipos de vegetación, uso del suelo, microclima y otras características.

En la REDDA se obtienen a lo largo de todo el año muestras de depósito húmedo (lluvia, granizo, niebla, llovizna) y de depósito seco (polvos, partículas), las cuales son analizadas en el Laboratorio de Bacteriología y Físicoquímica de la Facultad de Química de la UNAM. En el depósito

húmedo se obtienen registros de los parámetros de mayor representatividad: pH, conductividad, los aniones nitratos, sulfatos y cloruros y los cationes amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio. Con dichas mediciones es posible determinar la acidez y el balance iónico del agua de lluvia. En el depósito seco se pueden determinar los metales aluminio, zinc, manganeso, arsénico, cobre, cadmio, mercurio, fierro, plomo y estroncio.

Las estaciones de muestreo están equipadas con un colector automático que permite captar por separado las muestras de depósito húmedo y seco. Además cada estación cuenta con un pluviógrafo que mide con exactitud el volumen de precipitación pluvial. Los datos de los pluviógrafos son utilizados para calcular valores ponderados por volumen, lo que ayuda a determinar con mayor precisión la concentración de los parámetros determinados en el depósito húmedo.

### ***RED METEOROLÓGICA (REDMET)***

La REDMET tiene como objetivo proporcionar información de parámetros meteorológicos para la elaboración del pronóstico de la calidad del aire y su utilización en modelos de dispersión de contaminantes , cuyo fin es analizar el desplazamiento de los contaminantes a través del tiempo.

La REDMET cumple con funciones específicas como vigilancia permanentemente de las condiciones atmosféricas imperantes a nivel de superficie y la evaluación de las condiciones de dispersión de los contaminantes en las horas subsecuentes.

Para elaborar el pronóstico de calidad del aire se obtiene información adicional de servicios meteorológicos en Internet y del Servicio Meteorológico Nacional, obteniéndose la información de los radiosondeos (análisis termodinámico vertical de la atmósfera desde la superficie terrestre hasta aproximadamente 16 kilómetros). Así mismo, se elaboran mapas meteorológicos a diferentes altitudes, donde se determinan los sistemas de alta y baja presión, temperatura, humedad y dirección e intensidad del viento, estos factores intervienen en la dispersión de contaminantes.

La red meteorológica está formada por diez torres remotas, instrumentadas con sensores de velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura ambiente, que envían de manera automática los datos al Centro de Control de la RAMA.

Se cuenta también con un perfilador acústico (SODAR) que mide los perfiles del viento en las direcciones horizontal y vertical (velocidad y dirección) de la tropósfera baja y el perfil de temperatura en la vertical.

### **RED DE RADIACIÓN SOLAR (REDRAS)**

A través de la REDRAS se recopila información de radiación solar ultravioleta, con la finalidad de proporcionar a la población información sobre la intensidad de esta variable y recomendar medidas para evitar daños a la piel por exposición solar prolongada.

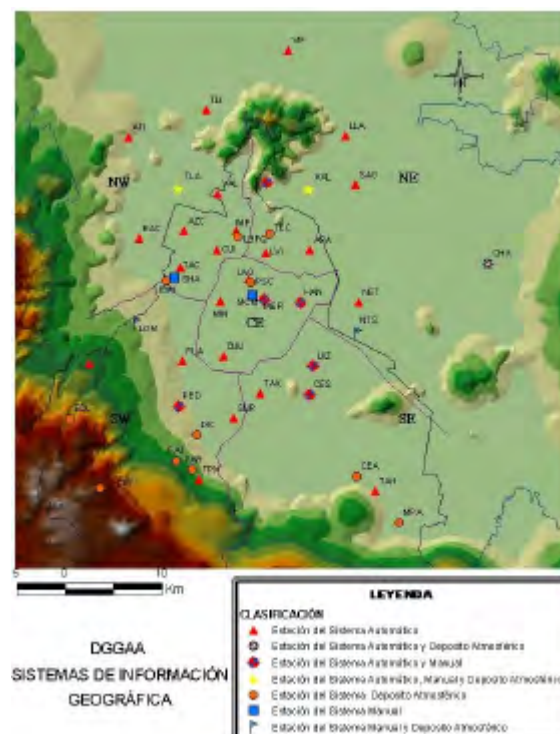
En 1996, se instaló el primer sitio para la medición de radiación ultravioleta tipo A y B, en el Tecnológico de Monterrey campus Estado de México. A partir del 19 de febrero de 1997 se comenzó a difundir cada hora el Índice de radiación ultra violeta (UV) como un agregado al IMECA, este índice se genera a partir de la radiación UV-B que se registra.

En julio de 1998 se integra formalmente la REDRAS con la operación de 5 equipos de medición en estaciones de la RAMA. En marzo del año 2001 se integraron a 4 de estas estaciones equipos para la medición de radiación global total (GR) y a una, un equipo de medición de radiación fotosintéticamente activa, además se integraron a esta red 3 estaciones más.

### **UNIDAD MÓVIL DE MONITOREO ATMOSFÉRICO**

La unidad móvil de monitoreo atmosférico cuenta con analizadores automáticos de la calidad del aire y sensores de parámetros meteorológicos y se utiliza para realizar estudios específicos en lugares remotos o donde no se cuenta con información de calidad del aire, también durante eventos que afecten al medio ambiente, como son: exhalaciones volcánicas, quemas agrícolas controladas, derrames accidentales, e incendios industriales y forestales.

**Mapa 1. Sistema de Monitoreo Atmosférico.**





**Relación de parámetros registrados por las estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM**

ZONA	ESTACIÓN	CLAVE	RED AUTOMÁTICA							RED MANUAL						RED DEP. ATMOSFÉRICO				
			O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	MET	RAD	GR	PST	PM <sub>10</sub>	Pb	Mn	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	pH	CE	A	C
NOROESTE	Vallejo	VAL																		
	Tacuba	TAC																		
	Enep Acatlán	EAC																		
	Azcapotzalco	AZC																		
	Tlalnepantla	TLA																		
	I.M.P.	IMP																		
	Cuitláhuac	CUI																		
	Tultitlán	TLI																		
	Atizapán	ATI																		
	Legaria	IBM																		
	Lab.Bact y Físicoquímica	LBFO																		
	Secretaría de Hacienda	SHA																		
NORESTE	Los Laureles	LLA																		
	La Presa	LPR																		
	La Villa	LVI																		
	San Agustín	SAG																		
	Xalostoc	XAL																		
	Aragón	ARA																		
	Netzahualcóyotl	NET																		
	Villa de las Flores	VIF																		
	Chapingo	CHA																		
	Netzahualcoyotl Sur	NTS																		
	Cerro del Tepeyac	TEC																		
CENTRO	Lagunilla	LAG																		
	Merced	MER																		
	Hangares	HAN																		
	Benito Juárez	BJU																		
	Insurgentes	MIN																		
	Museo de la Cd. de México	MCM																		
	Plaza de Sta. Catarina	PSC																		
SUROESTE	Santa Ursula	SUR																		
	Pedregal	PED																		
	Plateros	PLA																		
	Cuajimalpa	CUA																		
	Tlalpan	TPN																		
	Lomas	LOM																		
	Diconsa	DIC																		
	Ecoguardas Ajusco Picacho	EAJ																		
	Exconv. Desierto Leones	EDL																		
	Parres	PAR																		
	San Nicolás Totolapan	SNT																		
SURESTE	Cerro de la Estrella	CES																		
	UAM Iztapalapa	UIZ																		
	Taxqueña	TAX																		
	Tláhuac	TAH																		
	C.Edu. Amb. Acuexcomatl	CEA																		
	Milpa Alta	MPA																		

**Relación de parámetros registrados por las estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM**

SÍMBOLO	PARÁMETROS	UNIDADES DE REPORTE
O <sub>3</sub>	Ozono	ppm
SO <sub>2</sub>	Bióxido de azufre	ppm
NO <sub>2</sub>	Bióxido de nitrógeno	ppm
CO	Monóxido de carbono	ppm
PM <sub>10</sub>	Partículas menores a 10 micras	µg/m <sup>3</sup>
PST	Partículas suspendidas totales	µg/m <sup>3</sup>
Pb	Plomo	µg/m <sup>3</sup>
Mn	Manganeso	µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitratos	µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Sulfatos	µg/m <sup>3</sup>
MET	Parámetros meteorológicos	
WSP	Velocidad del viento	m/s
TMP	Temperatura	°C
WDR	Dirección del viento	grados azimut
RH	Humedad relativa	%
RAD	Radiación	mw/cm <sup>2</sup>
GR	Radiación global	watts/m <sup>2</sup>
pH	Potencial de hidrogeno	unidades pH
A	Aniones (nitratos y sulfatos)	mg/l
C	Cationes (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio)	mg/l
CE	Conductancia específica	µS/cm

## ANEXO 5. PERIODOS DE CONTINGENCIA AMBIENTAL ATMOSFÉRICA EN LA ZMVM 1993-2001

### Periodo 1993-1994

INICIO						DURANTE			LEVANTAMIENTO		
ZONA	VALOR IMECA	ESTACIÓN	FECHA	HORA	FASE	VALOR MAXIMO	ESTACION FECHA	HORA	FECHA	HORA	VALOR
SO	272	PLATEROS	VIERNES 12 FEBRERO 1993	14:30	I	280	PEDREGAL 12 FEBRERO 1993	16:00	13 FEBRERO 1993	18:30	160
SO	278	PEDREGAL	MARTES 16 FEBRERO 1993	14:30	I	278	PEDREGAL 16 FEBRERO 1993	14:00	17 FEBRERO 1993	19:00	87
SO	289	PEDREGAL	JUEVES 18 FEBRERO 1993	13:30	I	312	PEDREGAL 18 FEBRERO 1993	14:00	19 FEBRERO 1993	19:00	75
SO	255	PLATEROS	VIERNES 26 FEBRERO 1993	13:30	I	284	MERCED 26 FEBRERO 1993	14:00	27 FEBRERO 1993	15:00	190
NO	257	ENEP-ACATLAN	LUNES 13 SEPTIEMBRE 1993	14:00	I	257	ENEP-ACATLAN 13 SEPTIEMBRE 1993	14:00	14 SEPTIEMBRE 1993	14:00	55
NO	257	AZCAPOTZALCO	JUEVES 28 DE OCTUBRE 1993	14:00	I	259	AZCAPOTZALCO 28 OCTUBRE 1993	15:00	29 OCTUBRE 1993	14:00	29
SO	257	PLATEROS	JUEVES 11 NOVIEMBRE 1993	14:00	I	278	PLATEROS 11 NOVIEMBRE 1993	16:00	PLATEROS 12 NOVIEMBRE 1993	18:00	124
SO	266	PLATEROS	MARTES 16 NOVIEMBRE 1993	14:00	I	266	PLATEROS 16 NOVIEMBRE 1993	14:00	17 NOVIEMBRE 1993	14:00	160
NO	271	ENEP-ACATLAN	JUEVES 2 DICIEMBRE 1993	14:00	I	271	PEDREGAL 2 DICIEMBRE 1993	16:00	3 DICIEMBRE 1993	17:00	196
SO	276	PLATEROS	LUNES 13 DICIEMBRE	14:00	I	289	PEDREGAL 13 DICIEMBRE 1993	15:00	15 DICIEMBRE 1993	19:00	75
SO	279	PLATEROS	LUNES 20 DICIEMBRE 1993	14:00	I	279	PEDREGAL 20 DICIEMBRE 1993	14:00	21 DICIEMBRE 1993	15:00	133
NO	258	ENEP-ACATLAN	MIÉRCOLES 22 DICIEMBRE 1993	13:00	I	295	ENEP-ACATLAN 23 DICIEMBRE 1993	14:00	25 DICIEMBRE 1993	14:00	149
SO	253	PEDREGAL	MIÉRCOLES 21 DICIEMBRE 1994	15:00	I	259	PEDREGAL 21 DICIEMBRE 1994	16:00	24 DICIEMBRE 1994	14:00	64

La norma de la calidad del aire para ozono es 0.11 ppm (100 puntos IMECA). Para aplicar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en su Fase I en este periodo deberían registrarse niveles de ozono de 250 puntos IMECA.

## Periodo 1995-1997

INICIO						DURANTE			LEVANTAMIENTO		
ZONA	VALOR IMECA	ESTACIÓN	FECHA	HORA	FASE	VALOR MÁXIMO	ESTACIÓN FECHA	HORA	FECHA	HORA	VALOR
*	*		Viernes 24 Mar. 1995	0:00	I	289	Plateros 24 Mar. 1995	12:00	25 Mar. 1995	14:45	182
SO	254	Pedregal	Martes 6 Jun. 1995	13:00	I	254	Pedregal 6 Jun. 1995	13:00	7 Jun. 1995	14:00	151
CE	283	B. Juárez	Viernes 23 Jun. 1995	15:00	I	292	B. Juárez 23 Jun. 1995	16:00	24 Jun. 1995	14:00	167
SO	295	Pedregal	Lunes 31 Jul. 1995	13:00	I	295	Pedregal 31 Jul. 1995	13:00	1 Ago. 1995	17:00	87
SO	254	Pedregal	Viernes 1 Dic. 1995	15:00	I	254	Pedregal 1 Dic. 1995	15:00	4 Dic. 1995	15:00	120
NO	269	Tacuba	Viernes 19 Ene. 1996	15:00	I	269	Tacuba 19 Ene. 1996	15:00	22 Ene. 1996	17:00	156
SO	256	Pedregal	Martes 15 Oct. 1996	15:00	I	256	Pedregal 15 Oct. 1996	15:00	17 Oct. 1996	15:00	117
SO	274	Pedregal	Martes 29 Oct. 1996	14:00	I	274	Pedregal 29 Oct. 1996	14:00	2 Nov. 1996	15:30	111
SO	262	Pedregal	Martes 29 Abr. 1997	15:00	I	262	Pedregal 29 Abr. 1997	15:00	1 May. 1997	16:00	123
NO	270	Tacuba	Sábado 27 Sep. 1997	16:00	I	270	Tacuba 27 Sep. 1997	16:00	28 Sep. 1997	16:00	142
NO	250	Enep- Acatlan	Miércoles 22 Oct. 1997	17:00	I	250	ENEP-ACATLAN	17:00	25 Oct. 1997	17:00	200

## Periodo 1998-2001

INICIO						DURANTE			LEVANTAMIENTO		
ZONA	VALOR IMECA	ESTACIÓN	FECHA	HORA	FASE	VALOR MÁXIMO	ESTACIÓN FECHA	HORA	FECHA	HORA	VALOR
SO	251	Pedregal	Lunes 25 May. 1998	14:00	I	251	Pedregal	14:00	30 May. 1998	15:00	151
SO*	243	Pedregal	Viernes 5 Jun. 1998	14:00	I	251	Pedregal	15:00	6 Jun. 1998	15:00	158
NE	243	San Agustín	Martes 6 Oct. 1998	14:00	I	243	San Agustín 6 Oct. 1998	14:00	7 Oct. 1998	16:00	103
NO	262	Enep-Acatlan	Jueves 3 Dic. de 1998	15:00	I	262	Enep-Acatlan	15:00	6 Dic. 1998	15:00	176
NE**	179	Nezahualcoyotl	Sábado 19 Dic. 1998	03:00	I	230	Nezahualcoyotl 19 Dic. 1998	13:00	22 Dic. 1998	10:00	138
SO	262	Pedregal	Lunes 11 Ene. 1999	17:00	I	262	Pedregal 11 Ene. 1999	17:00	14 Ene. 1999	17:00	170
NO	242	Azcapotzalco	Jueves 11 Mar. 1999	17:00	I	242	Azcapotzalco 11 Mar. 1999	17:00	12 Mar. 1999	17:00	172
SO	272	Plateros	Viernes 15 Oct. 1999	15:00	I	272	Plateros 15 Oct. 1999	15:00	16 Oct. 1999	17:00	174
SE***	185	Tlahuac	Domingo 30 Ene 2000	07:00	I	385	Tláhuac 31 Ene. 2000	15:00	01 FEB. 2000	18:00	145

\*La aplicación del PCAA será a partir del nuevo criterio, acordado el 29 de Mayo 1998 que es de 241 puntos IMECA de O<sub>3</sub>.

La norma de calidad del aire para PM<sub>10</sub> es de 150 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas.

\*\*Aplicada por partículas bajo el criterio de 175 puntos IMECA de PM<sub>10</sub>.

\*\*\* La aplicación de la Fase I fue de carácter regional por PM<sub>10</sub>.

---

## ANEXO 6. PARTICIPANTES EN LOS GRUPOS DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002-2010

### **Gobierno Federal**

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Salud (SSA)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
- Secretaría de Educación Pública (SEP)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica
- PEMEX Refinación
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
- Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE)
- Nacional Financiera (NAFIN)
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)
- Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de SEMARNAT (SGPA)
- Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER)
- Instituto Nacional de Ecología (INE)
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
- Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes de SEMARNAT (DGMIC)
- Dirección General sobre Investigación de la Contaminación Urbana, Regional y Global del Instituto Nacional de Ecología (DGICURG).
- Dirección General de Salud Ambiental (DGSA-SSA)
- Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF-SCT)
- Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del INE (CENICA)
- Centro de Capacitación del Desarrollo Sustentable de la SEMARNAT (CECADESU)
- Dirección de Calidad del Aire de la DGMIC

**Gobierno del Estado de México (GEM)**

- Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México (SEGEM)
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT-GEM)
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO-GEM)
- Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO-GEM)
- Secretaría de Educación, Cultura y Bienestar Social (SECyBS-GEM)
- Subsecretaría de Educación Básica y Normal (SEByN-GEM)
- Secretaría de Desarrollo Metropolitano (SEDEMET-GEM)
- Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (DGPCCA-GEM)
- Dirección General de Concertación y Participación Ciudadana (DGPCPC-SEGEM)
- Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental (DGOIA-SEGEM)
- Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE-SEGEM)
- Protectora de Bosques (PROBOSQUE)
- Dirección General de Transporte Masivo del Gobierno del Estado de México (DGTM-GEM)
- Dirección General de Transporte Terrestre del Gobierno del Estado de México (DGTT-GEM)
- Dirección General de Vialidad, Autopistas y Servicios Conexos (DGVASC-GEM)
- Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito (DGSPYT GEM)
- Comisión Estatal de Transporte Masivo (CETRAM-GEM)
- Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales (FIDEPAR)
- Dirección de Diagnóstico Ambiental (DDA-SEGEM)
- Dirección de Verificación y Control (DVC-SEGEM)

## **Gobierno del Distrito Federal (GDF)**

- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF)
  - Dirección Ejecutiva de Coordinación Institucional e Integración de Políticas (DECIIP-SMA)
  - Dirección de Educación Ambiental (DEA - SMA)
  - Dirección General de Gestión Ambiental del Aire (DGGAA)
    - Dirección de Inventario y Modelación de Emisiones (DIME)
    - Dirección de Instrumentación de Políticas (DIP)
    - Dirección de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA)
  - Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelo y Residuos (DGRGAASR-SMA)
    - Dirección de Verificación Ambiental (DVA-SMA)
  - Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADER)
    - Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental (DGBUyEA-SMA)
  - Coordinación General de Programas Metropolitanos (CGPM-GDF)
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI)
  - Dirección General de Obras Públicas de Gobierno del Distrito Federal (DGOP-GDF)
  - Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU-GDF)
- Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal (SETRAVI)
  - Dirección General de Planeación y Vialidad (DGPV-SETRAVI)
  - Dirección General de Administración Urbana (DGAU-GDF)
  - Dirección General del Sistema de Transporte Eléctrico (S.T.E.)
- Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO)

**Sector Empresarial**

- Asociación Mexicana de Distribuidores de Gas LP y Empresas Conexas A.C. (ASOCIMEX)
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C.(AMIA)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C.(ANAFAPYT)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Convertidores Catalíticos (ANFCC)
- Asociación Mexicana de Gas Natural A.C. (AMGN)
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.(ANIQ, A.C.)
- Asociación Nacional de Productores de Autobuses Camiones y Tractocamiones A.C. (ANPACT)
- Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP)
- Asociación Nacional de Distribuidores de Gas LP A.C. (ASOCIGAS)
- MaxiGas Natural
- Cámara Nacional de Autotransporte de Carga (CANACAR)
- Cámara Nacional de Autotransporte Pasaje y Turismo (CANAPAT)
- Cámara Nacional de la Artes Gráficas (CANAGRAF)
- Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas, Jabones y Detergentes (CANIAGJD)
- Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel (CNICP)
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA)
- Cámara Nacional de la Industria de Lavanderías (CANALAVA)
- Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable - Consejo Coordinador Empresarial (CESPEDES)
- Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN)
- Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX)
- Consejo Nacional de Industriales Ecologistas, A.C (CONIECO)
- Combustibles Ecológicos Mexicanos S.A. de C.V. (ECOMEX)
- Ecovehicular S.A. de C.V.
- Forgas S.A. de C.V.
- Fundación Mexicana para la Innovación y Transferencia de Tecnología en la Pequeña y Mediana Empresa A.C.(FUNTEC)



---

**Sector Académico, Organismos de Cooperación Técnica y ONG´s**

- Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
- Instituto Politécnico Nacional (IPN) Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA IPN)
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA-UNAM), Programa Universitario de Energía (PUE-UNAM)
- Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA-IPN)
- Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa (UAM-Iztapalapa)
- Universidad Iberoamericana (UIA)
- Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)
- Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMP+L)
- Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ)
- Organización Mundial Ambientalista Educativa A.C.(O.M.A.E.A.C.)
- Parque Tepozán
- Comunicación y Educación Ambiental, S.C.
- Red de Educadores Ambientales de la Región Centro de México A.C.(REARCEM)
- Red de Educadores Ambientales del Estado de México (REDOMEX)
- Red de Museos de la Cuenca de México A.C. (REMUCEAC)

**Comisiones Metropolitanas**

- Comisión Ambiental Metropolitana (CAM)
- Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (COMETAH)
- Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad (COMETRAVI)

## BIBLIOGRAFÍA



---

Álvarez, G. y Perrusquía, R., 1998. Discusión del Modelo Computacional MOBILE 5<sup>a</sup>.3 para la Determinación de Factores de Emisión de Contaminantes Emitidos por Vehículos Automotores en la ZMCM. Tesis ESIOIE-IPN.

Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C., 1997. *Estadísticas de Pinturas y Recubrimientos de 1996*. ANAFAPYT. México.

Bächtold, E. 2000. *Estudio para la reducción y eliminación de fugas de gas licuado de petróleo, en las instalaciones domésticas de la Zona Metropolitana del Valle de México*. TÜV Rheinland. GEF.

Bazán, G. 2000. *Balance regional y sectorial de energía de la ZMVM*. Programa Universitario de Energía, UNAM. GEF.

Begon, M. *et al*, 1995. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona. Omega.

Bologaro - Crevenna A. R., 2000. *Desarrollo de un indicador ambiental de estado de calidad del aire a partir de lluvia en el Distrito Federal*, Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A. C. CONSERVA. México.

California Environmental Protection Agency, 2000. *Risk Reduction Plan to Reduce Particulate Matter Emissions from Diesel-Fueled Engines and Vehicles*. USA.

Centro Nacional de Salud Ambiental, 2000. *Evaluación de Riesgos en la Salud por Contaminación Atmosférica*. Ed. ERISCA. México.

Colegio de Postgraduados, 1991. *Manual de Conservación del Suelo y del Agua*. (obra completa) SARH. Colegio de Postgraduados Chapingo. México.

Comisión Ambiental Metropolitana, Octubre 2000. *Evaluación de Cierre del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*.

Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1999. *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México*.

Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, 1997. Estrategia Integral de Transporte y Calidad del Aire para la Zona Metropolitana del Valle de México. Tomos del 1 al 8.

Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, 1995. *Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Avances a Octubre 1995. México. 80 p.

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, 2000. *Celdas de Combustible Aplicadas al Transporte*. Ficha técnica. México, Distrito Federal.

Consejo Nacional de Población, 1998. *Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1990-2010*. México, Distrito Federal.

Chicurel R.; López E.; Serranía F.; Sheinbaum C. 2000. *Study for the Implementation of an Electric Bus Route for Mexico City*. Energy Engineering, vol. 97, No. 5.

De la Vega M. y Ontiveros L., 1997. *Efecto de los componentes del gas licuado de petróleo en la acumulación de ozono en la atmósfera de la ZMVM*. Memoria técnica. PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Subgerencia de Regulaciones y Medio Ambiente. México Distrito Federal.

De las Salas, G. 1987. *Suelos y Ecosistemas Forestales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Environmental Protection Agency, 1999. *Version 7.0. Air pollution emission factors*. Chapter 1 External combustion 1.3, 1.4, 1.5. Chapter 4 Evaporation loss sources 4.9, 4.9.1, 4.9.2. *Emission Factors and Inventory Group/OAQPS*, USA.

García G. A., 2000. *Proyecto de monitoreo ambiental, micro ambiental y de exposición personal a partículas menores a diez micrómetros ( $PM_{10}$ ) y menores a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ) en la ZMVM*. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. UAM-Iztapalapa. CONSERVA. México.

Gobierno del Distrito Federal, 1998. *Informe de Actividades*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. México, Distrito Federal.

Gómez Junco Blancxq-Cazaux, E., 2000. *Eficientización energética en inmuebles de los sectores público y privado en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Celsol, S.A. de C. V. GEF.

González E. y Gálvez C. F., 1982. *Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas*. Instituto Nacional de Ecología.

Grajales M., 1986. *Fisiología Vegetal*. Ingeniería Agrícola, Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, UNAM. México.

Grupo Trafalgar, 2000. *Population of Vehicles in Mexico City's Metropolitan Area and their Emission Levels*.

Harvard School of Public Health, 2000. *Mexico City air pollution and human health*. Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D. F. Boston, MA. USA.

Holguín M. F., 2000. *Efecto a la exposición a partículas suspendidas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en población susceptible de la ciudad de México: Una investigación sobre el mecanismo de daño para apoyar el desarrollo de normatividad ambiental*. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro de Investigaciones en Salud Poblacional. CONSERVA. México.

Instituto Mexicano del Petróleo, 1994. *Estudio Global de la Calidad del Aire en la ciudad de México*

- 
- INEGI, 1984, 1992, 1994 y 1996. *Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares*, México.
- INEGI, 1994. *Encuesta de origen y destino de los viajes de los residentes de la ZMCM*, México.
- INEGI, 1995. *Clasificación Mexicana de Actividades y Productos*, México.
- INEGI, 1995. *Conteo de Población y Vivienda*, México.
- INEGI, Carta topográfica 1:250,000 Ciudad de México E14-2.
- INEGI-SEMARNAP, 2000. *Estadísticas del Medio Ambiente México, 1999*. Tomo I, México.
- Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAP), 1997. *Programa de inventario de emisiones para México. Manuales y Reportes, Vol. II, Fundamentos de inventarios de emisiones*. Western Governors' Association and Binational Advisory Committee. Denver, Colorado. USA.
- Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAP), 1997. *Programa de inventario de emisiones para México. Manuales y Reportes, Vol. III, Técnicas de estimación de emisiones*. Western Governors' Association and Binational Advisory Committee. Denver, Colorado. USA.
- Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAP), 1997. *Programa de inventario de emisiones para México. Manuales y Reportes, Vol. IV, Desarrollo del inventario de emisiones de fuentes puntuales*. Western Governors' Association and Binational Advisory Committee. Denver, Colorado. USA.
- Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAP), 1997. *Programa de inventario de emisiones para México, Manuales y Reportes, Vol. VI, Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Vehículos Automotores*. Western Governors' Association and Binational Advisory Committee. Denver, Colorado. USA.
- IVM-CENSA-CAM-PAHO-EHS-UCLA, 2000. *Economic valuation of improvement of air quality in the Metropolitan Area of Mexico City*.
- López R. G., 1990. *Sistemática de plantas cultivadas*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Madrigal S. X., 1980. *Instructivo para el estudio fitoecológico del eje neovolcánico*. INIF.
- Martínez M. 1985. *Las Pináceas Mexicanas*. Ed. Botas.
- Mederey R., L., 2000. *Impacto ambiental a la calidad del agua subterránea en la zona comprendida entre Santa Fe e Iztapalapa*, DF. Instituto de Geografía de la UNAM. CONSERVA. México.
- Meraz R. L. C., 2000. *Estudio experimental sobre la producción de biogás en relleno sanitario y caracterización de la composición del biogás producido en los sitios Santa Catarina y Bordo Poniente*. CIIEMAD. CONSERVA. México.

Miranda F., 1990. *Los tipos de Vegetación de México y su Clasificación*. Colegio de Postgraduados de Chapingo.

Molina M., (Coordinador), 2000. *Air Quality Modeling and Data Analysis for Ozone and Particulates in Mexico City*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., (Coordinador), 2000. *Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Área Metropolitana de la Ciudad de México: Prácticas de Desplazamiento y Horarios Laborales*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Capacitación y Educación para la Gestión de la Calidad del Aire*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Contaminación Atmosférica y Salud Humana en la Ciudad de México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Developing a PM<sub>2.5</sub> Emissions Inventory Methodology for the Mexico city Metropolitan Area Air Basin*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *El caso de los Taxis Colectivos con Itinerario Fijo: Limitantes Institucionales para la Implementación de Políticas en el Transporte Público de la Ciudad del México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Estado Actual del Conocimiento Científico de la Contaminación de México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Evaluación de los Sistemas de Transporte*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Evaluación Integral: Proyecto de la Ciudad de México*. Massachusetts Institute of Technology.

Molina M., 2000. *Evaluation and development of Methodology for the Biogenic Emissions Inventory*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.

- 
- Molina M., 2000. *La Gestión de la Calidad del Aire en la Ciudad de México: Fundamentos Económicos*. Massachusetts Institute of Technology.
- Molina M., 2000. *Las Fuerzas Rectoras de la Contaminación del Aire en la Ciudad de México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.
- Molina M., 2000. *Non-Transportation Energy - Related Sources of Air Pollution in the MCMA: Emission Implications and Mitigation Options*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.
- Molina M., 2000. *Revisión de Mediciones de Gases y Aerosoles en el Valle de México*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology.
- Molina M., 2001. *Integrated Strategy for Air Quality Management in the Mexico City Metropolitan Area*, en: Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010, Massachusetts Institute of Technology.
- Morales D. R., 2000. *Identificación de barreras y oportunidades para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales con prioridad en las emisiones de NOx en termoeléctricas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, GEF.
- Ojeda C. O., 2000. *Identificación de medidas de política pública que permitan reducir la intensidad energética en la ZMVM*, GEF.
- Organization for Economic Co-operation and Development-Intergovernmental Panel on Climate Change, 1995. *Greenhouse Gas Inventory Reference Manual*. Vol. 3. IPCC. United Kingdom.
- Pennington T. D. y Sarukhan J., 1997. *Árboles Tropicales de México*, United Nations, FAO. INIF, México.
- Radian International, 1998. *Aguascalientes Vehicle Emissions Measurement Study*, Western Governor's Association. Denver, Colorado. USA.
- Rodríguez B. y Porrás M. C., 1996. *Botánica Sistemática*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Rosas P. I., 2000. *Potencial tóxico y pro inflamatorio de las partículas contaminantes: Un estudio experimental comparativo entre las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2.5</sub> de dos zonas de la Ciudad de México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM-CONSERVA. México.
- Ruiz-Suárez G. L., 2000. *Evaluación experimental de modelos de emisiones de hidrocarburos biogénicos no-metano, para tres especies arbóreas bajo diferentes condiciones ambientales en el Valle de México*. Departamento de Ciencias Ambientales. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. CONSERVA. México.



Ruiz-Suárez G. L., *et al*, 1994. *Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México*. Reporte técnico para el D. D. F. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.

Rzedowski J., 1995. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. I, II, III. ENCB - IPN.

Samuel J. B., 1988. *Sistemática Vegetal*. Ed. Mc Graw Hill.

Sánchez O. S., 1980. *La Flora del Valle de México*. Ed. Herrero S.A.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1988. *Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales e Industriales*. Subsecretaría de Ecología. México.

Secretaría de Energía, 1999. *Balance Nacional de Energía 1998*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos. México.

Secretaría de Energía, 2000. *Balance Nacional de Energía 1999*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos. México.

Secretaria de Energía, 2000. *El Sector Energía en México Análisis y Prospectivas*. Política y Desarrollo de Energéticos. México.

Secretaria de Energía, 2000. *Prospectivas del Mercado de Gas LP 2000-2009*. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos. México.

Secretaría de Gobernación, 1991. *Acuerdo por el cual se fijan las características y porcentajes de eficiencia de conversión mínima de convertidores catalíticos para automóviles con Peso Bruto Vehicular de hasta 5,000 kg y que en su diseño original no se consideró el uso del mismo*. Diario Oficial de la Federación, 29 de octubre de 1991. México, Distrito Federal.

Secretaría de Transportes y Vialidad, 2000. *Reglamento para el Servicio Público de Taxis en el Distrito Federal*. SETRAVI, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 23 de agosto de 1999.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México, SEMARNAT-INE, 2001. *Inventario de Emisiones Zona Metropolitana del Valle de México 1998*. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. México. Distrito Federal.

SEMARNAP-INE, 1993. Norma Oficial Mexicana -PA-CCAT-019/93.

SEMARNAP-INE, 1994. Norma Oficial Mexicana-085-ECOL-1994.

SEMARNAP, SSA, Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, 1996. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*. México, Distrito Federal.

---

Sheinbaum C. P., Ozawa L., Vasquez O., Robles G., 2000. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la producción y uso de la energía en la ZMVM*. Grupo de Energía y Ambiente, Instituto de Ingeniería de la UNAM. GEF.

Sierra Research Inc., 1994. *Evaluation of MOBILE Vehicle Emission Model*. J.A. Volpe National Transportation Systems Center and U.S. Department of Transportation.

Terri L. B., Chris D. G., 1995. *User's Guide to the Personal Computer Version of the Biogenic Emissions Inventory System (PCBEIS) Version 2*. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. Computer Sciences Corporation.

U.S. Environmental Protection Agency, 1990. *Background Document For the Surface Impoundment Modeling System (SIMS) Version 2.0*. Radian Corporation. Research Triangle Park, NC. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1994. *Sampling Carbonaceous Aerosol: A Review of Methods and Previous Measurements*. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1995. *Chap. 2 Solid Waste Disposal, Chap. 3 Stationary Internal Combustion Sources, Chap.4 Evaporation Loss Sources, Chap. 13 Miscellaneous Sources*, en: AP-42 Compilation Air Pollution Emission Factors Fifth Edition, Volume I. Stationary Point and Area Sources. Research Triangle Park, NC. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1996. *Biogenic Sources Preferred Methods Final Report. Area Sources Committee-Emission Inventory Improvement Program. Vol. V*. Radian Corporation. Research Triangle Park, NC. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1996. *FAA Aircraft Engine Emissions Database (FAEED) Version 2.1*. Office of Environment and Energy. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1996. *Landfill Emissions Estimation Model (LANDFILL)*. Office of Research and Development. Washington DC. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1996. *Storage Tank Emissions Calculation Software (TANKS) Version 3.0. Emission Factor and Inventory Group Emissions. Monitoring and Analysis Division*. Office of Air Quality Planning and Standards.

U.S. Environmental Protection Agency, 1998. *Measurement of Exhaust Particulate Matter Emissions from In-Use Light-Duty Motor Vehicles in the Denver, Colorado Area*. General Motors R&D Center. Colorado Department of Public Health and Environment. Air Pollution Control Division. Colorado State. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. *Evaporation loss sources*, en: Air Chief Emission Factors and Inventory Group/OAQPS Version 7.0, Air pollution emission factors. Chapter 4. USEPA. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. *External combustion*, en: Air Chief Emission Factors and Inventory Group/OAQPS Version 7.0, Air pollution emission factors. Chapter 1. USEPA. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Compilation of Air Pollutant Emission Factors 6<sup>a</sup> Edición, *AP-42*. EPA 454/C-99-004.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000. *Control of Air Pollution form New Motor Vehicles: TIER 2 Motor Vehicles Emissions Standards and Gasoline Sulfur Control Requirements. Final Rule*. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, 2001. *Control of Air Pollution form New Motor Vehicles: Heavy-Duty Engine and Vehicles Standards and Highway Diesel Fuel Sulfur Control Requirements Final Rule*. USA.

U.S. Environmental Protection Agency, May 1994. User's Guide to Mobile5. EPA. USA.

Weber, Jean E., 1984. *Matemáticas para Administración y Economía*. Ed. Harla.

William, L. P., 1986. *Suelos Forestales*. Ed. Limusa.

Zekkour Z. A., 2000. *Estudio de pre factibilidad para la introducción de autobuses híbridos en la prestación del servicio de transporte de pasajeros en la ZMVM*. UAM. GEF.