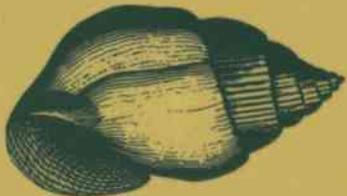


Rodolfo Lacy
compilador

**LA CALIDAD
DEL AIRE
EN EL VALLE
DE MÉXICO**



EL COLEGIO DE MÉXICO



LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO

**PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS
EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y
MEDIO AMBIENTE**

Serie Cuadernos de Trabajo número 1

**CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y DE
DESARROLLO URBANO**

LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO

RODOLFO LACY
Compilador

Colaboradores:

Sergio Sánchez, Martha Barbiaux, Colette Moucheron,
Efraín Gardea, María Elena Torres,
Héctor Hernández y Héctor Campos



EL COLEGIO DE MÉXICO

301.309725

L152c

Lacy, Rodolfo, comp.

La calidad del aire en el Valle de México / Rodolfo Lacy, compilador : colaboradores: Sergio Sanchez [et al.]. — México : El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, 1993.

88 p. : il. ; 21 cm. — (Serie Cuadernos de Trabajo ; 1)

Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente.

ISBN 968-12-0561-8

1. Aire-Calidad-México (Área Metropolitana). 2. Aire-contaminación-México (Área Metropolitana). 3. Contaminación-México (Área Metropolitana). 4. Medio Ambiente, Protección del-México (Área Metropolitana). I. Sánchez, Sergio

El Colegio de México agradece el apoyo brindado por la Secretaría del Medio Ambiente del Departamento del Distrito Federal para la reimpresión de este cuaderno.

Portada de Mónica Diez Martínez

Primera reimpresión, 1995

Primera edición, 1993

D. R. © El Colegio de México
Camino al Ajusco 20
Pedregal de Santa Teresa
10740 México, D. F.

ISBN 968-12-0561-8

Impreso en México/*Printed in Mexico*

ÍNDICE

Índice de gráficas	9
Índice de cuadros	10
Introducción	11
La calidad del aire en la ZMCM	15
La Red de Monitoreo Atmosférico	15
Normas de calidad del aire	18
Diagnóstico de la calidad del aire	19
Efectos de la contaminación en la salud	33
Plomo	34
Ozono	35
Partículas suspendidas y bióxido de azufre	37
Monóxido de carbono	38
Óxidos de nitrógeno	39
Hidrocarburos	40
Determinantes del problema de la contaminación atmosférica	41
Factores naturales	41
Vegetación y ecosistemas del valle de México	45
Emisiones a la atmósfera	48
Estrategias para el control de la calidad del aire	55
Compromisos	63
Industria petrolera	63
Transporte	64
Industria privada y establecimientos de servicios	65
Termoeléctricas	65
Reforestación y restauración ecológica	66
Educación ecológica y comunicación social	66
Programa de sustitución a gas del transporte público y concesionado y programa de control de emisiones en la industria	71
Avances del PICCA	81
Calidad de combustibles	81
Expansión y mejoramiento del transporte público	81
Control de emisiones industriales	82
Investigación, educación y comunicación social	82
Reconocimientos internacionales al PICCA	85
Bibliografía	87

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1. La Zona Metropolitana de la Ciudad de México	12
2. Red Automática de Monitoreo Atmosférico	16
3. Comportamiento horario promedio del monóxido de carbono en la estación Merced (1991)	20
4. Variación semanal promedio de concentraciones de monóxido de carbono	20
5. Monóxido de carbono número de días con excedencia a la norma en la zona noroeste	21
6. Distribución de los promedios anuales de bióxido de azufre (1989) (ppm)	22
7. Merced: comportamiento típico de los contaminantes atmosféricos	25
8. Violaciones a la norma de ozono durante 1991	26
9. Violaciones a la norma de ozono 1987-1991	27
10. Comportamiento horario promedio del ozono en la estación Pedregal (1991)	28
11. Distribución de los niveles de partículas en la ZMCM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29
12. Concentraciones de plomo en la ZMCM (1991)	30
13. Patrones de viento diurno y nocturno	43
14. Frecuencia mensual de inversiones térmicas en la ZMCM (1991)	44
15. Emisiones atmosféricas por contaminante (1991)	49
16. Consumo de gasolinas en el valle de México (Promedios móviles semestrales)	50
17. Consumos mensuales de gasolina	51
18. Consumo de combustibles en el valle de México (enero 1991 - febrero 1992)	52

ÍNDICE DE CUADROS

1. Distribución de los analizadores de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico	17
2. Estaciones que conforman la Red Manual de la Sedesol	18
3. Superficies en erosión en el valle de México y emisión de partículas suspendidas totales por frentes de viento en la ZMCM	31
4. Inventario de emisiones 1989	46
5. Resumen del inventario de emisiones por sector y toxicidad	48
6. Proyectos, inversiones y financiamiento del programa	58

INTRODUCCIÓN

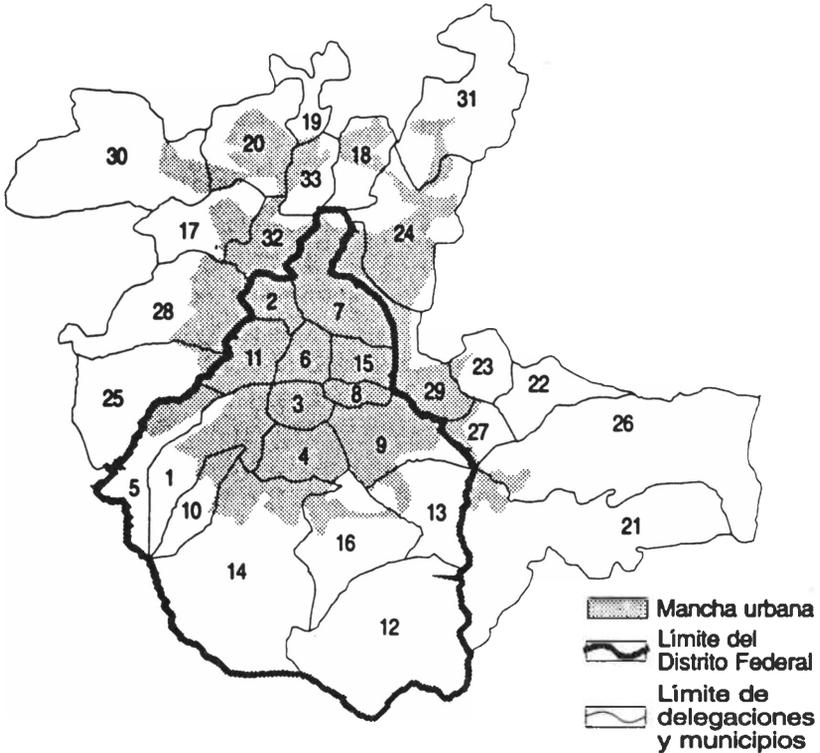
La ciudad de México es actualmente una de las ciudades más pobladas del mundo. Ubicada en la antigua capital del imperio azteca y construida sobre un lago, tiene más de 650 años de ser el centro cultural, político y económico del país. En los últimos 40 años, la ciudad se ha convertido en una zona metropolitana con cerca de 15 millones de habitantes, expandiéndose sobre el valle de México y las montañas que lo rodean. La contaminación del aire es una de las consecuencias de las múltiples alteraciones ecológicas que ha sufrido el valle en este acelerado proceso de urbanización y poblamiento.

Para los fines del presente documento, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es el espacio territorial comprendido por el Distrito Federal y 17 municipios conurbados del estado de México. Cabe señalar que la relación de municipios conurbados puede diferir de la utilizada en otros estudios, debido al criterio de definición y a los insumos cartográficos utilizados para su identificación. De acuerdo con imágenes de satélite, su extensión se estima en 3 230 kilómetros cuadrados, de los cuales 39% (1 273 km²) corresponden a la mancha urbana (véase gráfica 1).

Son diversas las fuentes que han deteriorado la calidad del aire en el valle de México. Desde mucho tiempo atrás, la ciudad ha sufrido el polvo proveniente de las tolvaneras del exvaso del lago de Texcoco así como de otras fuentes naturales de partículas. Actualmente, en la ciudad existe un número considerable y creciente de procesos de consumo energético y fuentes de emisión de contaminantes, que incluye a diferentes sistemas y medios de transporte, actividades industriales, giros mercantiles o de servicios y áreas ecológicamente degradadas que aportan polvos y partículas en suspensión.

Estas actividades o procesos satisfacen necesidades esenciales de la ciudad y cada una posee su propia dinámica económica, social y urbana, la cual no debe aislarse del análisis y planeación ambiental.

GRÁFICA 1
La Zona Metropolitana de la Ciudad de México



Delegaciones del D.F.

1. Álvaro Obregón
2. Azcapotzalco
3. Benito Juárez
4. Coyoacán
5. Cuajimalpa
6. Cuauhtémoc
7. G. A. Madero
8. Iztacalco
9. Iztapalapa
10. Magdalena Contreras
11. Miguel Hidalgo
12. Milpa Alta
13. Tláhuac
14. Tlalpan
15. Venustiano Carranza
16. Xochimilco

Municipios Conurbados del Estado de México

17. Atizapán de Zaragoza
18. Coacalco
19. Cuautitlán
20. Cuautitlán Izcalli
21. Chalco
22. Chicoloapan
23. Chimalhuacán
24. Ecatepec
25. Huixquilucan
26. Ixtapaluca
27. La Paz
28. Naucalpan de Juárez
29. Netzahualcóyotl
30. Nicolás Romero
31. Tecamac
32. Tlalnepantla
33. Tultitlán

Así, el problema de la contaminación como se percibe en la actualidad, se debe fundamentalmente al estilo de desarrollo, que entre otros fenómenos, propicia un aumento constante en el consumo de energéticos.

La extensión de la ciudad de México obliga a sus pobladores a desplazarse distancias cada vez mayores para cumplir con sus actividades cotidianas. Se estima que diariamente se realizan casi 30 millones de viajes, los cuales se hacen en 2 661 000 autos privados, 85 697 taxis, 67 000 combis y microbuses, 14 000 autobuses urbanos, 8 líneas del metro, una línea de tren ligero y 450 trolebuses.

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se identificaron 30 124 industrias en 1985, de las cuales 72% se localiza en el Distrito Federal y 28% en los municipios conurbados.

Solamente 2% (602 establecimientos) corresponde a industrias grandes; 3% (904) a industrias medianas, 20% (6 025) a pequeñas industrias y 75% (21 187) a microindustrias. En 1988, la industria de la Zona Metropolitana generaba 27% del PIB industrial y empleaba a 711 000 personas.

Las industrias más numerosas son la alimentaria, la metal-mecánica, la automotriz, la textil y la papelería. La mayor densidad de establecimientos industriales se presenta en el norte y oriente del área urbana, desde donde provienen los vientos dominantes.

Entre 1975 y 1985 el número de industrias manufactureras del valle de México disminuyó en 13.6% y para 1988 se había reducido 9% más. En contraste, el número de establecimientos comerciales y de servicio ha aumentado continuamente, para 1988 se estimaban más de 12 500 establecimientos de servicio con procesos contaminantes entre los que figuran baños públicos, hoteles, deportivos, balnearios, restaurantes, tintorerías, panaderías, molinos y tortillerías.

El efecto combinado de las emisiones contaminantes, provenientes de la industria, el transporte y otros servicios y actividades, afectan la calidad del aire de la zona, y ponen en riesgo la integridad de los ecosistemas del valle de México.

En el pasado, y en particular con la intensificación del proceso de urbanización e industrialización, ocurrido entre las décadas de los cincuenta y setenta, la descarga de contaminantes a la atmósfera no tuvo, prácticamente, ningún control, creciendo al ritmo que la economía presentó en dicho periodo.

No obstante la recesión económica del país, durante la década de los ochenta, las emisiones continuaron en aumento ante la inercia de crecimiento de la ciudad. De casi 3.5 millones de toneladas estimadas en 1976, en solamente 11 años, se presentó un crecimiento de alrededor de 40% llegando a 4.9 millones de toneladas en 1987.

Ante esta situación, entre 1986 y 1989 se emprendieron las primeras medidas para tratar de frenar esta tendencia: inicio de la sustitución parcial de combustóleo por gas natural en termoeléctricas, clausura y relocalización de industrias altamente contaminantes, Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos Automotores, y reducción del plomo en la gasolina, son algunos ejemplos.

Después el gobierno federal presentó el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica, en el cual se sumaron 41 medidas tales como el programa HOY NO CIRCULA, adición de MTBE a las gasolinas, la verificación semestral de vehículos automotores de uso intensivo y el incremento, al nivel óptimo, en la sustitución de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque.

Las acciones gubernamentales y sociales han ido más allá de lo previsto en el Programa Integral. En 1991 fue cerrada definitivamente la Refinería 18 de Marzo de Azcapotzalco, se introdujo gas LP para el transporte de pasajeros y se llevó a cabo una plantación de 12.6 millones de árboles, bajo la auditoría de grupos ecologistas y con apoyo de la industria privada, tanto financiero como de equipo y trabajo.

Además, la preocupación y conciencia social acerca de la calidad del aire en nuestra ciudad ha permitido la aplicación de planes de contingencia durante episodios de alta contaminación por ozono, donde las industrias bajan su producción y los automovilistas dejan hasta 3 días a la semana sus autos sin circular. En un esfuerzo semejante, la Secretaría de Educación Pública hizo flexibles los horarios, calendarios y actividades escolares en el valle de México para que éstos se ajustaran a las necesidades de protección de los niños.

La vida cotidiana en la ciudad de México está sufriendo alteraciones por el deterioro de la calidad del aire; en el mediano plazo, su infraestructura y actividades productivas se habrán de modificar para dar lugar a un desarrollo sustentable en el futuro, que proteja la salud de sus habitantes e incremente su bienestar, sin perjuicio del medio ambiente.

LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMCM

La Red de Monitoreo Atmosférico

La medición de la calidad del aire en la ZMCM es responsabilidad de la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol, antes Sedue) y se registra a través de una Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), la cual está constituida por 25 estaciones. Además opera una Red Manual integrada por 19 estaciones. La localización de las estaciones de la RAMA y de la Red Manual se presenta en la gráfica 2.

En la RAMA se miden en forma continua ozono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, hidrocarburos, velocidad y dirección del viento, humedad relativa y temperatura, conforme a la distribución de analizadores que se presenta en el cuadro 1. Los puntos 26 a 32 de este cuadro corresponden a las siete nuevas estaciones que la Sedesol pondrá en operación en los próximos meses para ampliar la cobertura de la red actual. Tres de estas estaciones se están instalando en áreas industriales del norte de la ciudad, otras dos en el sector noroeste (Naucalpan), otra más cerca del Sifón de Yautepec y la última en el Ajusco.

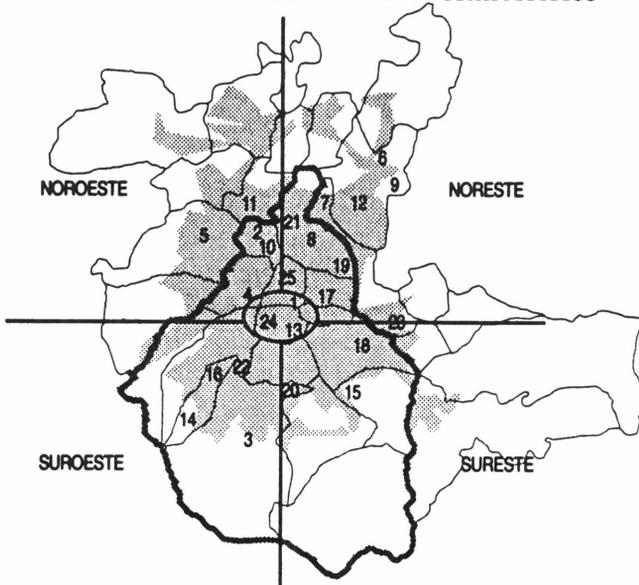
Además, se adquirirán unidades móviles de monitoreo, sistemas avanzados de ecosondeo y medición meteorológica para ampliar la infraestructura actual, monitores de lluvia ácida, así como instrumentos para el análisis de compuestos específicos.

Para mejorar la transmisión de datos, se incorporarán nuevos sistemas de comunicación telefónica. Asimismo, se ampliará el sistema de cómputo para la captura automática y procesamiento de datos de la RAMA.

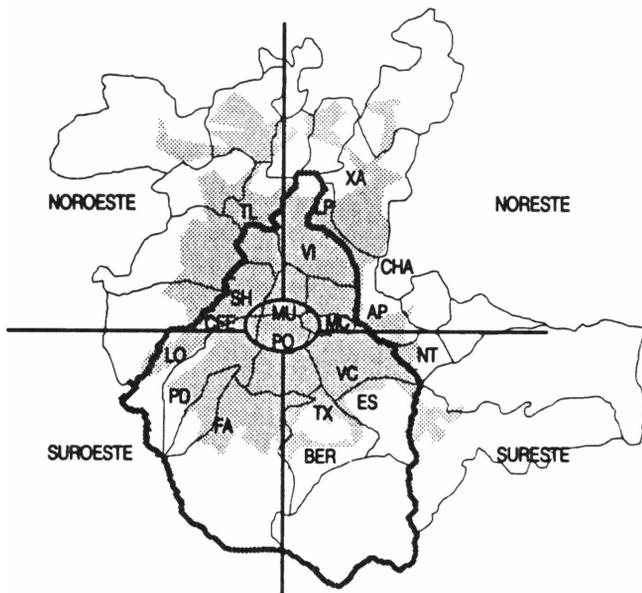
La Sedesol cuenta también con una estación meteorológica, ubicada en el Palacio Legislativo, integrada por el siguiente equipo: sonar, radar acústico y torre meteorológica.

En esta estación es posible medir la dirección y velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar a distintas alturas, desde 50 hasta 1 000 metros.

GRÁFICA 2
Red Automática de Monitoreo Atmosférico



Red Manual de Monitoreo Atmosférico



Fuente: Sedesol.

CUADRO 1

Distribución de los analizadores de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico

Estación	Localización	Zona	SO ₂	O ₃	CO	NO ₂	NOX	H ₂ S	HCNM	PST	PM-10	MET	TOT
1 - Z	Lagunilla	C		X	X								2
2 - E	Vallejo	NO	X										1
3 - S	Sta. Úrsula	SO	X										1
4 - B	Tacuba	NO	X	X	X	X	X	X				X	7
5 - G	ENEP-Acatlán	NO	X	X	X	X	X					X	6
6 - M	Los Laureles	NE	X										1
7 - H	La Presa	NE	X							X			2
8 - J	La Villa	NE	X								X		2
9 - N	San Agustín	NE	X	X		X	X					X	5
10 - C	Azcapotzalco	NO	X	X									2
11 - F	Tlalnepantla	NO	X	X	X	X	X	X		X	X	X	9
12 - L	Xalostoc	NE	X	X	X	X	X			X	X	X	8
13 - X	Merced	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
14 - T	Pedregal	SO	X	X	X	X	X		X	X	X	X	9
15 - Q	C.de la Estrella	SE	X	X	X	X	X		X	X	X	X	9
16 - U	Plateros	SO	X	X	X							X	3
17 - Y	Hangares	NE	X		X	X	X		X	X	X	X	9
18 - P	UAM-Iztapalapa	SE		X	X					X			3
19 - K	Aragón	NE	X		X								2
20 - O	Netzahualcóyotl	NE	X		X						X		3
21 - D	I.M.P.	NO			X								1
22 - W	Benito Juárez	SO		X	X	X	X						4
23 - R	Taxqueña	SE		X	X					X			3
24 - V	Insurgentes	C			X								1
25 - A	Cuicláhuac	NO			X								1
26 - TLI	Tultitlán	NO	X		X	X	X		X		X		6
27 - AT	Atizapán	NO	X		X	X	X						4
28 - VF	V. de las Flores	NE	X		X	X	X		X		X		6
29 - CJ	Cuajimalpa	NO		X									1
30 - TL	Tlalpan	SE		X									1
31 - CH	Chapingo	NE		X									1
32 - TH	Tláhuac	SE	X	X							X		3
Número de estaciones			21	19	21	13	13	3	6	10	11	10	

Fuente: Sedesol.

Por otra parte en la red manual, integrada por 19 estaciones, se miden partículas suspendidas totales, partículas menores a 10 micrómetros y aldehídos (véase cuadro 2). Además se realizan análisis de plomo, cobre, fierro, cadmio, níquel, cobalto, zinc, sulfatos y nitratos, tanto en las partículas suspendidas totales como en las menores a 10 micrómetros.

CUADRO 2
Estaciones que conforman la Red Manual de la Sedesol

<i>Caseta</i>	<i>Nombre</i>	<i>Zona</i>	<i>PST</i>	<i>PM10</i>	<i>Aldehídos</i>
PO	Portales	CE	X		
PD	Pedregal	SO	X	X	X
FA	Felipe Ángeles	SO	X		
TX	Taxqueña	SE	X		
ES	Cerro de la Estrella	SE	X	X	X
VC	Vicentina	SE	X		
NT	Netzahualcóyotl	SE	X		
AP	Aeropuerto	NE	X		
BER	Fray Bernardino	SE	X		
MU	Museo de la Cd.de México	CE	X		
MC	Merced	SE	X	X	X
CFE	Museo Tecnológico	SO	X		
LO	Lomas	SO	X		
SH	Secretaría de Hacienda	NO	X		
TL	Tlalnepantla	NO	X	X	X
VI	La Villa	NE	X		
XA	Xalostoc	NE	X	X	X
LP	La Presa	NE	X		
CHA	Chapingo	NE	X		

Normas de calidad del aire

En México, los criterios para evaluar la calidad del aire son los siguientes:

Criterios para evaluar la calidad del aire

<i>Contaminante</i>	<i>Criterio*</i>
Monóxido de carbono	13.00 ppm (8 hr)
Bióxido de azufre	0.13 ppm (24 hr)
Bióxido de nitrógeno	0.21 ppm (1 hr)
Ozono	0.11 ppm (1 hr)
Partículas suspendidas totales	275.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hr)
Plomo	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 meses)**

* Concentraciones promedio en un periodo determinado (exposición).

** Para efecto de evaluar la calidad del aire en la ZMCM con respecto al plomo, en este documento se emplea la norma de Estados Unidos de América.

Diagnóstico de la calidad del aire

En la actualidad, los niveles de plomo, bióxido de azufre y bióxido de nitrógeno se mantienen por abajo de las normas de calidad del aire correspondientes. En el noroeste de la ciudad, las concentraciones de monóxido de carbono aún exceden el límite permisible. No obstante, el principal problema de contaminación atmosférica en la ciudad de México lo constituyen las altas concentraciones de ozono y las partículas suspendidas, que frecuentemente exceden la norma.

A continuación se presenta una descripción general del origen de los contaminantes atmosféricos y un diagnóstico de la situación que prevalece en relación con cada uno de ellos.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono proviene principalmente de la combustión incompleta en los motores de los vehículos a gasolina. En la ciudad de México, con una deficiencia de oxígeno de 23% con relación al nivel de mar, la combustión se hace menos eficiente, incrementando la generación de este contaminante.

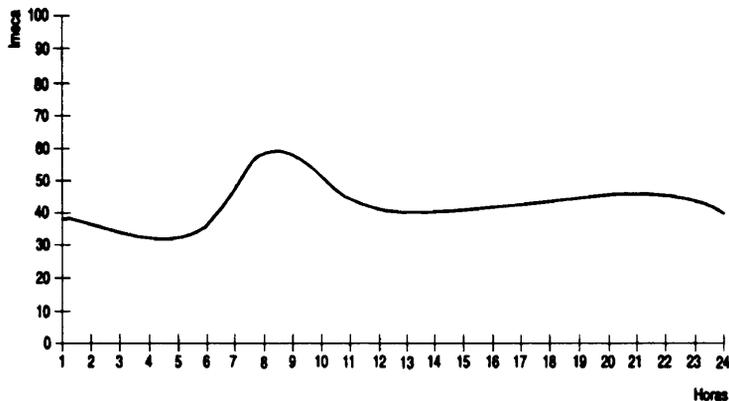
Así, la magnitud de las emisiones de monóxido de carbono depende principalmente de la afinación de los motores y la eficiencia de los procesos industriales de combustión. En el caso de los vehículos equipados con convertidores catalíticos, la eficiencia de control depende del uso exclusivo del combustible adecuado (gasolina sin plomo Magna Sin) así como de su mantenimiento apropiado.

Además, las emisiones de monóxido de carbono están determinadas por las condiciones y características del sistema vial, los patrones de tráfico vehicular y las modalidades de transporte que prevalecen en la ciudad.

A lo largo del día, las concentraciones de monóxido de carbono en la ZMCM varían en forma directamente proporcional a las fluctuaciones del tráfico. De esta manera, las concentraciones máximas corresponden a los periodos de mayor circulación. A manera de ejemplo, en la gráfica 3 se muestra el comportamiento diario de monóxido de carbono registrado en 1991 en la estación Merced, donde se observa que las concentraciones pico ocurren aproximadamente a las 8 de la mañana y poco después de las 8 de

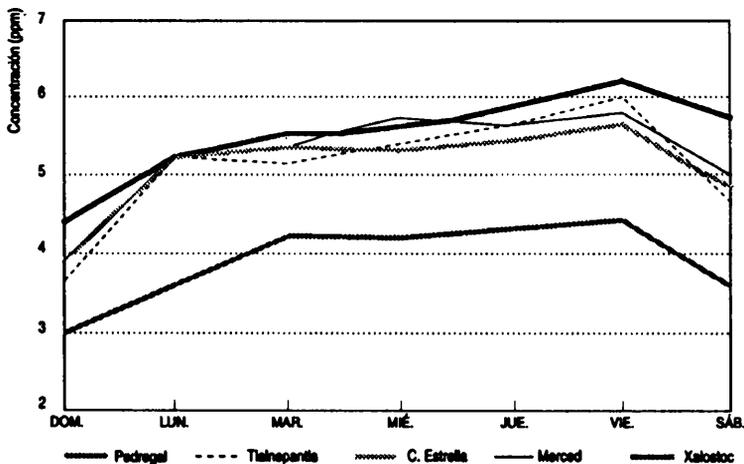
la noche. Este comportamiento es semejante en el resto de la ciudad, aunque los valores máximos y las horas pico varían según las características propias de cada sitio.

GRÁFICA 3
Comportamiento horario promedio del monóxido de carbono en la estación Merced (1991)



Fuente: Sedesol.

GRÁFICA 4
Variación semanal promedio de concentraciones de monóxido de carbono

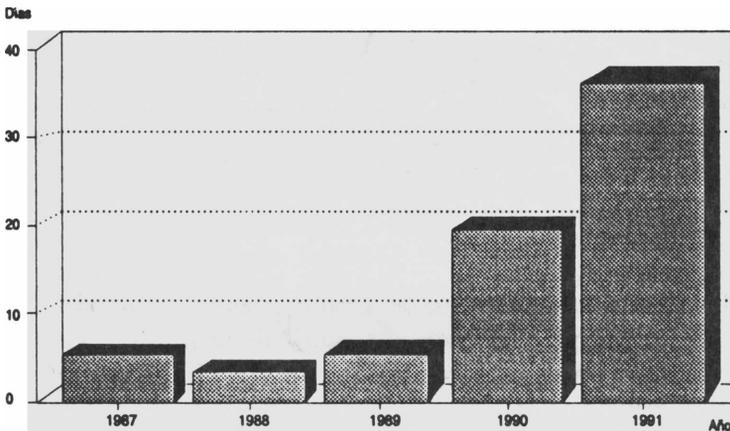


Fuente: Sedesol.

En la gráfica 4 se ilustra la variación de los niveles de monóxido de carbono a través de la semana; se presenta una tendencia ligeramente ascendente de lunes a viernes, pero decrecen significativamente el fin de semana, principalmente el domingo.

El mayor impacto de las emisiones de monóxido de carbono se presenta en la cercanía de ejes de circulación con altos flujos vehiculares. En la zona Noroeste, la más afectada por este contaminante, el monóxido de carbono excedió la norma 36 días durante 1991, lo cual representa una elevación significativa respecto a años anteriores (véase gráfica 5.)

GRÁFICA 5
Monóxido de carbono número de días con excedencia a la norma en la zona noroeste

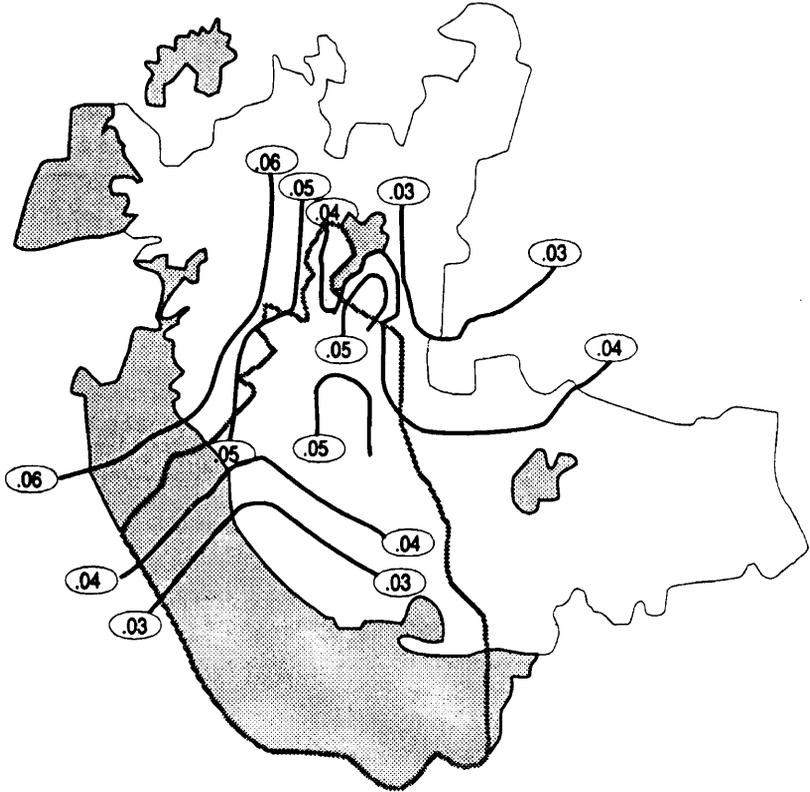


Bióxido de Azufre (SO₂)

El bióxido de azufre se emite principalmente por la quema de combustibles que contienen azufre. En 1989 la norma se excedió solamente en 6 días, en 1990 en 4 ocasiones y en 1991, 6 días.

Sin embargo, la importancia del bióxido de azufre como contaminante va más allá de su concentración como tal en la atmósfera. Una vez en el aire, se transforma en sulfatos a través de reacciones que involucran la formación de ácido sulfúrico, por lo que contribuye en gran medida a la producción de lluvia ácida.

GRÁFICA 6
Distribución de los promedios anuales de bióxido de azufre
(1989) (ppm)



Fuente: Sedesol.

Los sulfatos incrementan la concentración de partículas suspendidas en el aire y contribuyen sensiblemente a la disminución de la visibilidad. A este respecto, en la ZMCM se han encontrado evidencias de que el contenido de sulfatos es relativamente alto en el norte de la ciudad y que la lluvia presenta en ocasiones niveles ligeramente ácidos.

La gráfica 6 muestra que las concentraciones más altas de este contaminante se presentan en las áreas de mayor actividad industrial y tránsito vehicular, especialmente a diesel, situadas en el cuadrante noreste y en el centro de la ciudad, disminuyendo en forma gradual hacia el sur. Estos cambios se deben en gran medida a la influencia de los vientos dominantes.

Bióxido de Nitrógeno (NO₂)

El bióxido de nitrógeno se forma durante la combustión como producto de la oxidación de nitrógeno atmosférico o, en menor grado, a partir del nitrógeno orgánico contenido en los combustibles.

En 1991 la norma de bióxido de nitrógeno solamente fue excedida en tres ocasiones en la zona centro. Sin embargo, el monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno tienen otras implicaciones desde el punto de vista de la calidad del aire. En primer lugar, son los precursores básicos del ozono, el cual representa uno de los problemas más serios de contaminación en la ZMCM. Por otra parte, pueden oxidarse en la atmósfera dando lugar a la formación de ácidos, y finalmente de nitratos que, al igual que los sulfatos, son partículas que intervienen en la disminución de la visibilidad.

Hidrocarburos

La importancia primordial de los hidrocarburos radica en ser precursores de ozono, junto con los óxidos de nitrógeno, aunque desde el punto de vista de salud reviste especial importancia conocer la concentración de ciertos hidrocarburos tóxicos o de alto riesgo como son el benceno, tolueno o los formaldehídos.

Todas las sustancias que se emiten a la atmósfera reaccionan entre sí formando y destruyendo, en diferentes tiempos y velocidades, especies químicas distintas a las que las originaron.

La complejidad de la mezcla de hidrocarburos existentes en la atmósfera de la ZMCM determina en gran medida los tiempos y velocidades en que se forma el ozono, es decir, la formación de ozono no depende de una manera lineal de las concentraciones iniciales de los hidrocarburos o los óxidos de nitrógeno, ya que también influye la naturaleza de los compuestos intermediarios en la secuencia de las reacciones fotoquímicas; entre éstos destacan los aldehídos.

Los episodios de contaminación por ozono generalmente duran más de un día, y se caracterizan por condiciones meteorológicas muy estables (vientos débiles). Esto puede deberse a la formación y persistencia en la atmósfera de especies reactivas, como los aldehídos que actúan como iniciadores matutinos y que aumentan la velocidad de las fotooxidaciones.

Los hidrocarburos en su escala más global se pueden clasificar en tres grandes familias de interés: olefinas, aromáticos y parafinas.

Cada familia presenta diferente reactividad, y dentro de la escala global el orden anterior es el orden decreciente de reactividad. Sin embargo, a nivel de especies individuales, éstas también presentan diferentes reactividades atmosféricas.

La presencia y concentración de las diferentes especies puede asociarse con las fuentes de procedencia. Así, las olefinas ligeras, etileno y propileno, provienen principalmente de las emisiones vehiculares; las parafinas C₅ se pueden asociar con las emisiones evaporativas en gasolineras, mientras que el tolueno, compuesto poco reactivo, refleja indudablemente actividades relacionadas con el uso de solventes en la industria y los talleres de pintura.

Un estudio de medición de hidrocarburos, llevado a cabo durante marzo de 1992 por el DDF, la Sedesol, la Environmental Protection Agency de Estados Unidos y el Instituto Mexicano del Petróleo dio como resultado concentraciones superiores a las recomendadas en Canadá y EUA para evitar problemas de formación de ozono (0.24 partes por millón medidos como carbono, ppmC).

Los valores más bajos encontrados fueron de 0.8 ppmC en la estación La Reforma, estado de Hidalgo, y los más altos de 7.1 ppmC en la estación de Xalostoc. Estos resultados, obtenidos de un conjunto de 100 muestras, indican a nivel preliminar la influencia determinante de los hidrocarburos en la formación de ozono en el valle de México.

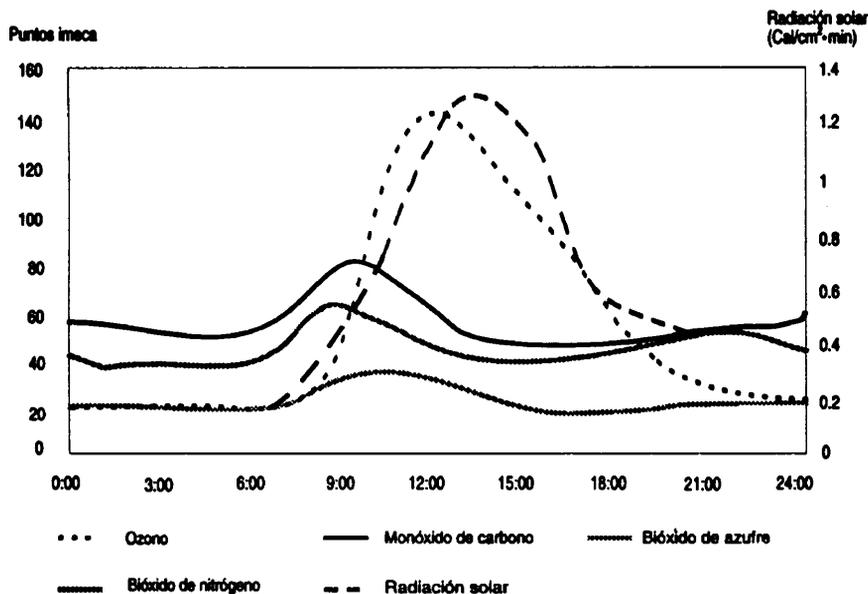
En un futuro no lejano se deberán monitorear de manera permanente las concentraciones atmosféricas de hidrocarburos no metánicos en la RAMA y la especiación periódica de éstos para determinar su origen.

Ozono (O₃)

El ozono es un contaminante que no se emite en los escapes y chimeneas, sino que se forma en la atmósfera a partir de reacciones muy complejas activadas por la luz solar, en las que participan los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos.

En la gráfica 7 se compara el comportamiento diario del ozono y su relación con el bióxido de nitrógeno así como con los otros contaminantes medidos por la RAMA. Puede notarse que durante la

GRÁFICA 7
Merced: comportamiento típico de los contaminantes
atmosféricos

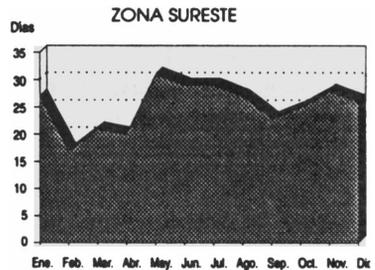
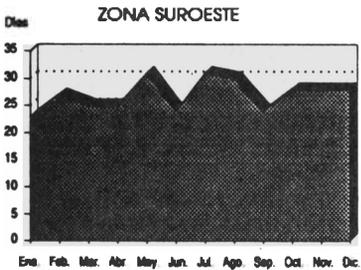
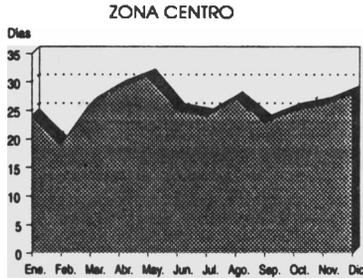
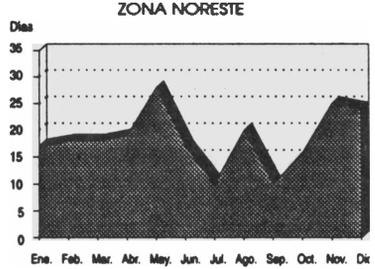
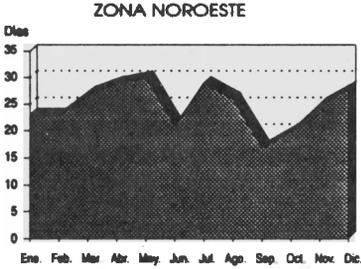


Fuente: Sedue, Instituto Mexicano del Petróleo.

noche las concentraciones de ozono son despreciables y que solamente comienzan a elevarse a medida que la radiación solar desencadena las reacciones fotoquímicas que lo originan. De esta manera, los niveles de ozono alcanzan un valor máximo alrededor del mediodía y a partir de ese momento su concentración disminuye gradualmente en la medida en que decrece la radiación solar.

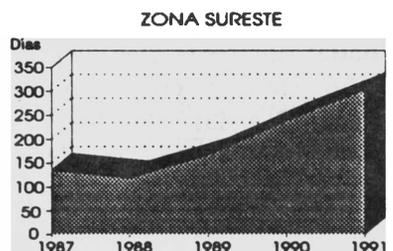
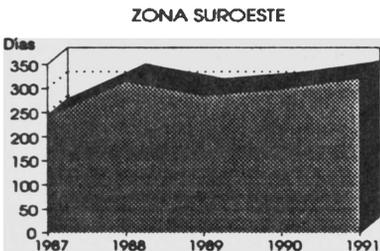
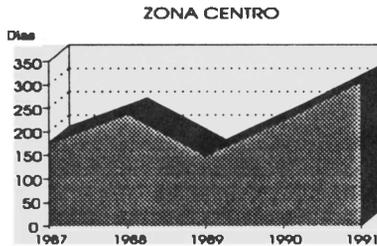
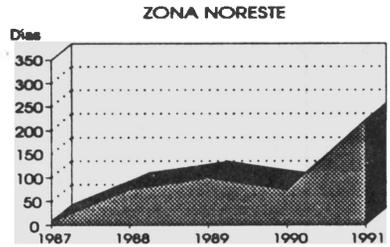
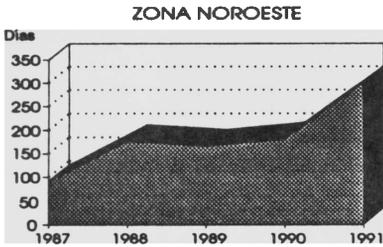
El ozono representa un problema de calidad del aire en toda la ciudad, pero existen áreas con mayor grado de afectación. En 1991 se registraron 307 días con excedencias a la norma de ozono en la zona centro. En la zona suroeste (la más afectada) se registraron 325 días con excedencias a la norma, mientras que en la zona noreste (la menos afectada) se presentaron 232 días con concentraciones superiores a la norma (véase gráfica 8). Asimismo, en las zonas suroeste y centro se presentaron respectivamente 5 y 2 días con niveles de ozono superiores a los 300 puntos Imeca.

GRÁFICA 8
Violaciones a la norma de ozono durante 1991



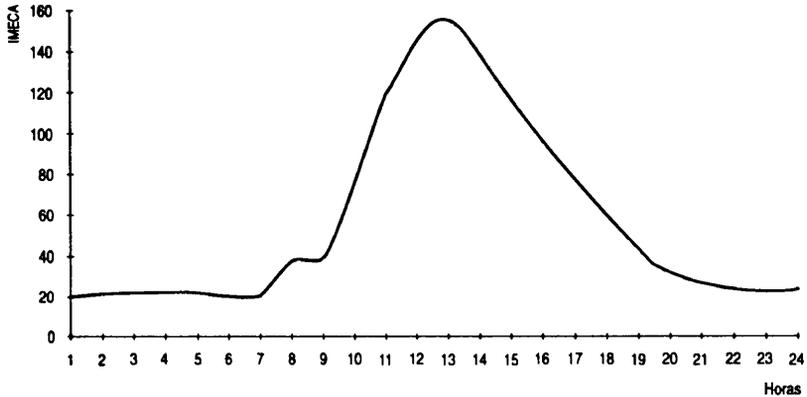
La gráfica 9 muestra la comparación entre las excedencias a la norma de ozono desde 1987 hasta 1991 para cada una de las cinco zonas en las que se encuentra dividida la ZMCM.

GRÁFICA 9
Violaciones a la norma de ozono 1987-1991



Por otra parte, en la estación Pedregal, donde se registran generalmente las concentraciones más altas la norma fue rebasada en promedio durante 5 horas cada día durante 1991 (véase gráfica 10).

GRÁFICA 10
Comportamiento horario promedio del ozono en la estación Pedregal (1991)



Fuente: Sedesol.

Partículas suspendidas totales (PST)

En la atmósfera de la ZMCM se encuentran presentes en suspensión partículas sólidas y líquidas de muy diversa composición y tamaño. Entre éstas se encuentran las partículas de origen natural (integradas por suelos y partículas de origen biológico), las que provienen de los procesos de combustión, y las que se forman en la atmósfera como resultado de la transformación de otros contaminantes, tales como aerosoles entre los que se encuentran nitratos y sulfatos.

En la gráfica 11 puede observarse que las zonas más contaminadas por partículas suspendidas totales se encuentran en la porción este de la ciudad, donde se ubican las zonas de mayor densidad industrial y las áreas más extendidas sin cubierta vegetal o pavimentación. Esto se demuestra en las concentraciones registradas en las estaciones Xalostoc y Cerro de la Estrella, especialmente en Xalostoc, donde de los muestreos realizados en 1991 más del 94% fueron superiores a la norma.

GRÁFICA 11
Distribución de los niveles de partículas en la ZMCM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Fuente: Sedesol.

Es necesario aclarar que las partículas con mayor impacto sobre la salud, e incluso sobre la visibilidad, son las de un tamaño menor a 10 micrómetros, a las que se les conoce como PM10. En la ZMCM, el contenido de PM10 puede representar entre 40 y 60% de las partículas suspendidas totales.

Plomo

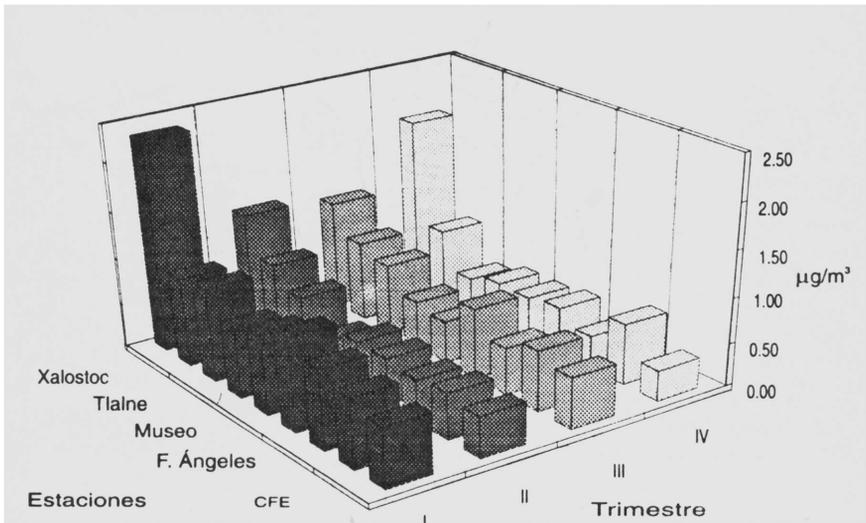
El plomo es uno de los posibles constituyentes de las partículas suspendidas en el aire. Su principal fuente de emisión son los automóviles, debido al uso de gasolina con plomo, y las funditoras.

Es importante destacar que la concentración de plomo en el aire disminuyó notoriamente como consecuencia de sucesivas reformulaciones de la gasolina, la cual ha variado desde valores

superiores a los 3 ml/gal de tetraetilo de plomo a menos de 0.54 ml/gal en la actualidad.

Como consecuencia de ello, las concentraciones en el aire ambiente se han reducido significativamente en los últimos años. En 1991 las concentraciones de plomo se encontraron por debajo de la norma en toda la ciudad, a excepción de Xalostoc, donde los niveles de este contaminante excedieron la norma en 30 y 25% en el primero y último trimestres de 1991, respectivamente (véase gráfica 12).

GRÁFICA 12
Concentraciones de plomo en la ZCM (1991)



Fuente: Sedesol.

Emisión de partículas de origen natural

En la ZCM se emiten 4 millones 356 mil 391 toneladas al año de contaminantes a la atmósfera, de los cuales 15% proviene de las áreas desprovistas de vegetación. Si se pondera esta emisión desde el punto de vista de su toxicidad, la contribución de las partículas de origen natural se eleva a 29.9 por ciento.

Desde 1986 a la fecha, la frecuencia de violaciones a la norma de partículas suspendidas totales es mayor a 90%. Las concentra-

ciones máximas superan los 1 071 microgramos/m³, siendo la norma de 275 en promedio de 24 horas.

La ZMCM recibe la influencia de seis frentes de viento, que a velocidades mayores a 5 metros por segundo son capaces de levantar partículas de suelo. Estos frentes de viento incluyen los provenientes del norte desde la sierra de Guadalupe, del noreste desde la sierra de Santa Catarina, del este que arrastra polvos del valle de Chalco, del sureste proveniente de Tláhuac, suroeste desde el Ajusco y del noroeste desde Azcapotzalco y los municipios aledaños.

CUADRO 3
Superficies en erosión en el valle de México y emisión de partículas suspendidas totales por frentes de viento en la ZMCM

<i>Frente</i>	<i>Superficie desnuda (ha)</i>	<i>%</i>	<i>Emisión potencial ton/año</i>	<i>%</i>
Sierra de Guadalupe (N)	6 415	15.4	877 244	20.8
Sierra de Sta. Catarina (NE)	15 019	36.1	105 279	25.1
Chalco (E)	9 956	23.9	168 195	40.1
Tláhuac (SE)	552	1.3	3 355	0.8
Ajusco (SW)	5 785	14	29 780	7.1
Azcapotzalco (NW)	3 873	9.3	25 586	6.1
Total	41 600	100	419 439	100

Estudios recientes de interpretación de imágenes de satélite y estimaciones basadas en la aplicación de la ecuación universal de la erosión del suelo debida al viento, indican que la ZMCM tiene una superficie aproximada de 41 600 hectáreas con un significativo potencial de emisión de partículas. Esta superficie incluye áreas deforestadas y en proceso de erosión, entre las que se encuentran zonas agrícolas, de agostadero, lechos de antiguos lagos y zonas suburbanas sin pavimentar.

Con base en este análisis se estima que en la ZMCM, los cuadrantes que tienen una mayor superficie desnuda son el noreste con 15 019 ha y el este con 9 956 ha, que en conjunto contribuyen en 65% a la emisión de partículas de origen natural.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD

Los contaminantes del aire tienen distintos grados de toxicidad en el ser humano, los animales o vegetales. A la vez, y dependiendo de las condiciones de humedad, son agresivos a los materiales, edificaciones y monumentos de la ciudad.

En el siguiente cuadro se han ordenado los contaminantes atmosféricos presentes en la ZMCM de acuerdo con un factor de tolerancia basado en las normas y criterios de calidad del aire vigentes en México. En última instancia estos factores, expresados en microgramos por metro cúbico para un promedio de 24 horas, representan la dosis de contaminación debajo de la que puede garantizarse la protección a la salud con un margen adecuado de seguridad.

Factores de tolerancia para los diferentes contaminantes atmosféricos

<i>Contaminante</i>	<i>Factor de tolerancia</i>
Plomo	4
Ozono	74
Partículas menores a 10 micrómetros	150
Dióxido de azufre	340
Dióxido de nitrógeno	800
Monóxido de carbono	11 300

Fuentes: Lyndon Babcock (1987) Nayren Nagda y Babcock (1976).

Con base en este análisis, el contaminante más tóxico al ser humano es el plomo, y el menos tóxico es el monóxido de carbono. Sin embargo, su importancia relativa depende de las concentraciones específicas en cada sitio. Ninguno de los contaminantes listados deja de ser nocivo a la salud.

En este cuadro no se incluye a los hidrocarburos, pues éstos constituyen un grupo de compuestos muy diversos, que presentan toxicidades de diferente magnitud, encontrándose desde los muy tóxicos, como el benceno, hasta los de baja toxicidad como los alcanos lineales (pentano, hexano, etcétera).

La contaminación atmosférica representa uno de los problemas de salud pública más importantes de la década. El daño que ésta puede ocasionar en los seres humanos depende de muchos factores entre los que se encuentran el tipo y concentración de los contaminantes a que se está expuesto, el lugar, la hora del día, la temperatura, el clima y las características particulares de cada individuo.

Plomo

Las investigaciones más recientes han demostrado que existe un decremento progresivo en ciertas funciones neurológicas asociado a un aumento en los niveles de plomo en el organismo. Asimismo, se han demostrado efectos dañinos en sujetos con concentraciones menores a los 7 miligramos por decilitro de sangre (mg/dl), lo que sugiere que no existe umbral de seguridad y que en cantidades muy pequeñas se pueden presentar daños. Una gran parte de las investigaciones sobre la toxicidad del plomo se han dirigido hacia la población infantil, ya que en este grupo se producen efectos neurotóxicos a concentraciones relativamente bajas (menores a los 15 mg/dl).

Las vías de ingestión de plomo son muy diversas, aunque las más importantes son la inhalación de óxidos de plomo suspendidos en la atmósfera, y el uso de productos de barro vidriado.

En un estudio realizado por la Dirección General de Epidemiología se encontró que el principal determinante de niveles elevados de plomo en la sangre es el plomo suspendido en el aire, ya que los niños que habitan en zonas con alto flujo vehicular presentaron niveles más elevados.

En otro estudio realizado en dos primarias oficiales del sur de la ciudad de México se observó que los niveles elevados de plomo se asocian con un desempeño escolar deficiente.

En una investigación realizada en una muestra de mujeres del sur de la ciudad se documentó la importancia del uso de ollas de barro vidriado de baja temperatura que se emplean habitualmente para la preparación de los alimentos; las mujeres que preparan regularmente sus alimentos en este tipo de ollas tienen elevados niveles de plomo en la sangre.

Ozono

La información que existe para evaluar el efecto del ozono a largo plazo (exposición crónica o subcrónica) aún es insuficiente para dar conclusiones definitivas. Sin embargo, estudios epidemiológicos y de inhalación con animales muestran que los niveles de ozono que se presentan actualmente en áreas urbanas son suficientes para causar el envejecimiento prematuro de los pulmones. La información disponible indica que la exposición aguda al ozono ocasiona lesiones inflamatorias en el aparato respiratorio.

Estudios realizados en humanos voluntarios sanos demuestran que existe un decremento transitorio en la función pulmonar que corresponde proporcionalmente a la dosis de exposición al ozono y a la exposición acumulada diaria. Estos efectos se observaron incluso en sujetos que fueron expuestos a concentraciones de ozono menores a 0.12 ppm (que es la norma de ozono en Estados Unidos de América) durante dos horas.

En México se han realizado pocos estudios sobre los efectos del ozono. De los reportados resalta el de Castillejos y colaboradores, quienes estudiaron la función pulmonar en escolares del sur de la ciudad de México y observaron un decremento de 5% en ésta, asociada con la exposición a niveles elevados de ozono (Castillejos *et al.*, 1992). Contrasta el estudio de Vega y colaboradores quienes reportan ningún efecto en adultos jóvenes (Vega *et al.*, 1990).

Los pulmones son la parte más afectada por el ozono. Estudios en animales muestran que el ozono daña las células de las vías respiratorias inflamándolas e irritándolas. Además, reduce la habilidad que tiene el sistema respiratorio para remover partículas extrañas.

Los daños provocados por el ozono pueden ser mayores en personas que sufren ya de enfermedades respiratorias como el asma, enfisema y bronquitis crónica. Sin embargo, el ozono también afecta a las personas saludables. Dificulta la respiración durante el trabajo y ejercicio, y provoca irritación y molestias. Estudios con animales, citados en el reporte de la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (EPA) publicado en 1986, sugieren que el ozono puede dejar una cicatriz en los pulmones y causar daños irreversibles.

En experimentos controlados de laboratorio, utilizando concentraciones de ozono de 0.12 ppm y mayores, se encontró que los

adultos involucrados en ejercicio pesado presentaron tos, falta de aliento, dolor durante la respiración profunda, garganta seca, dolor y opresión de pecho, respiración forzada y resuello ruidoso, fatiga, dolor de cabeza y náusea.

Se cree, además, que los efectos del ozono se complican por la presencia de otros contaminantes como el ácido nítrico, las partículas fracción respirable y el bióxido de nitrógeno. En animales, se ha demostrado que la combinación del ozono con ácidos es más dañina que el ozono por sí solo.

Hasta ahora, parece ser que los efectos provocados por una exposición corta (de una a seis horas) son reversibles, es decir, desaparecen cuando la exposición termina. Sin embargo, algunos estudios sugieren que el daño no siempre termina al finalizar la exposición. De acuerdo con el estudio de la EPA (1986), se han observado daños permanentes en los pulmones de animales.

En un estudio conducido por el doctor Kaye Kilburn, M.D., profesor de medicina en la universidad del sur de California en Estados Unidos (1984) se encontró que los niños educados en la costa sur sufren una pérdida de 10 a 15% en la función pulmonar comparados con los niños que crecen en un lugar con aire menos contaminado. Además, se sabe que el daño que pueda sufrir el tracto respiratorio de un niño puede aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias en su vida adulta.

Las personas que practican mucho ejercicio, sobre todo durante las horas en las que los contaminantes alcanzan sus niveles más altos, se vuelven más "sensibles" a la contaminación. Cuando se practica un ejercicio, principalmente de tipo aeróbico, se tiende a respirar por la boca en vez de por la nariz. Al respirar por ésta, se filtra cerca de 90% de algunos contaminantes antes de que éstos lleguen a las áreas más sensibles de los pulmones. Al respirar por la boca, se evita este filtro natural permitiendo que los contaminantes tengan acceso directo a los pulmones (South Coast Air Quality Management District, 1989).

El South Coast Air Quality Management District de California, Estados Unidos, desarrolló un modelo de cómputo denominado Exposición Humana Regional (o modelo REHEx), como parte de una metodología de evaluación económica de los beneficios a la salud derivados de los programas para el mejoramiento en la calidad del aire en la Cuenca Atmosférica de la Costa Sur (South Coast Air Basin).

La característica distintiva del modelo REHEX respecto a otros modelos regionales es su posibilidad de representar la variabilidad en las actividades de la población y así registrar los niveles extremos en la distribución de exposiciones que se presentan para subgrupos de población con patrones atípicos de actividad-tiempo.

El modelo se aplicó para evaluar la exposición humana al ozono en el presente y en años futuros en la Cuenca Atmosférica de la Costa Sur. De acuerdo con la Ley del Aire Limpio de California de 1988, la evaluación de la exposición humana a los principales contaminantes forma parte del proceso de planeación de la calidad del aire.

Los resultados del estudio revelaron que durante el periodo 1986-1988, la población infantil estuvo expuesta, en promedio, a 200 horas anuales con concentraciones de ozono superiores a la norma. Los adolescentes y los adultos estuvieron expuestos un promedio de 49 y 50 horas respectivamente.

En estas simulaciones se consideró que, en promedio, los niños permanecen en el exterior 230 minutos diarios, mientras que los adolescentes y los adultos permanecen a la intemperie 83 y 79 minutos diarios respectivamente. Además los adultos y los adolescentes emplean más tiempo en transportación (de 105 a 109 minutos) que los niños (26 minutos), lo que contribuye a agudizar las diferencias ya que, en estas simulaciones, la mayor parte de las exposiciones durante el tiempo de transportación se encuentran por debajo de la norma (South Coast Air Quality Management District).

Partículas suspendidas y bióxido de azufre

Estos dos contaminantes interactúan de manera sinérgica, siendo su efecto combinado significativamente mayor al de cada contaminante actuando por separado. Diversos estudios han mostrado una asociación de la variación promedio de bióxido de azufre y partículas suspendidas totales con un incremento en la mortalidad, en la morbilidad y, específicamente, con disminución de la función pulmonar.

Concentraciones altas de bióxido de azufre y partículas suspendidas totales pueden elevar la morbilidad, especialmente en individuos con alta sensibilidad, como son los enfermos de asma y

de bronquitis. En algunos estudios se observaron disminuciones de los niveles de función pulmonar en niños, asociados con fluctuaciones a corto plazo en la concentración de partículas.

Diversos estudios muestran que la correlación entre bióxido de azufre, niveles de partículas y mortalidad por enfermedades cardio respiratorias indican una variación aproximada de 4% en la tasa de mortalidad. Existe una relación consistente entre el tiempo de residencia en comunidades muy contaminadas y un incremento en las tasas de mortalidad.

En un estudio realizado en seis ciudades de Estados Unidos de América se evaluó la frecuencia de tos crónica. El estudio demostró una relación importante entre esta afección y las concentraciones promedio anuales de PST, SO₂ y sulfatos. Asimismo, las tasas de bronquitis y la presencia de enfermedades respiratorias se asociaron significativamente con la concentración media de partículas. La exposición crónica al humo juega un papel importante en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

La contaminación por partículas contribuye a enfermedades respiratorias crónicas, cáncer y muerte prematura. Las partículas finas, conocidas como PM₁₀, son especialmente dañinas ya que pueden llegar a las partes más profundas del sistema respiratorio.

Entre la gente que puede ser considerada sensible se encuentran:

- Personas con influenza, enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares o bronquitis.
- Niños y gente mayor.
- Fumadores y personas que practican mucho deporte al aire libre.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono reemplaza al oxígeno en las células rojas reduciendo la cantidad de oxígeno que llega a las células del cuerpo y que es necesario para mantener la vida. En lugares cerrados las emisiones de monóxido de carbono pueden causar la muerte. En lugares abiertos los niveles de monóxido de carbono son relativamente bajos, aún así, de acuerdo con la EPA, las personas con problemas cardiovasculares se encuentran en riesgo ante la exposición a niveles bajos.

La exposición a niveles bajos de monóxido de carbono también puede ocasionar daños a la salud cuando la gente toma ciertos medicamentos, ingiere bebidas alcohólicas o se encuentra a grandes altitudes.

En estudios con humanos expuestos a bajas concentraciones de monóxido de carbono se han encontrado los siguientes efectos a la salud:

- Los hombres jóvenes se cansan más rápido al hacer ejercicio.
- Personas con problemas de corazón tienen una capacidad menor para ejercitarse y experimentan ataques de angina más rápido.
- Hombres jóvenes sufren un decremento en el consumo de oxígeno al practicar ejercicio pesado.
- La gente en general sufre una reducción significativa en la percepción visual, destreza manual, habilidad para aprender y para realizar actividades sensomotoras complejas como manejar.

Algunos estudios con animales sugieren que el monóxido de carbono puede dañar al feto o recién nacido. Aunque esto no se ha demostrado en humanos, existe evidencia de madres fumadoras que tienen hijos con bajo peso (South Coast Air Basin).

Óxidos de nitrógeno

Estudios en salud ocupacional han mostrado que el bióxido de nitrógeno puede ser fatal a altas concentraciones. A bajas concentraciones puede irritar los pulmones, causar bronquitis y neumonía y reducir la resistencia a las infecciones respiratorias como la gripe.

Algunos estudios sobre efectos a la salud por bióxido de nitrógeno incluyen reacciones en personas asmáticas a concentraciones bajas hasta de 0.3 ppm. En estudios con ratones expuestos a bióxido de nitrógeno por semanas o meses mostraron efectos similares al enfisema pulmonar (a concentraciones de 0.1 ppm), cambios en el temperamento, metabolismo dañado y reducción en el crecimiento (a concentraciones de 0.4 a 1.0 ppm). Estudios con cerdos de guinea expuestos a 0.5 ppm de

bióxido de nitrógeno sugieren daños en riñón, hígado y corazón (South Coast Air Basin).

Hidrocarburos

No todos los tipos de hidrocarburos son tóxicos. A niveles bajos, la mayoría de los hidrocarburos no presentan efectos adversos significativos. Sin embargo, contribuyen a la formación de ozono y por lo tanto a los efectos de éste.

Se sabe, a través de estudios ocupacionales, que el benceno ocasiona cáncer en humanos. Existe evidencia de que algunos hidrocarburos cancerígenos se forman durante la quema incompleta de casi cualquier material inorgánico, incluyendo grasas, carne, café, azúcar, hule, hollín, humo de cigarro y alquitrán en los gases de escape.

A pesar de que el cuerpo humano generalmente puede tolerar hidrocarburos no cancerígenos, presentes en el aire, a concentraciones altas (en donde el porcentaje de oxígeno está limitado), éstos interfieren con la inhalación normal de oxígeno (South Coast Air Basin).

DETERMINANTES DEL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Factores naturales

Características físicas del valle de México

Las características físicas, especialmente las orográficas y climáticas del valle de México, son determinantes para la dispersión y transformación de los contaminantes en el aire.

Orografía

El valle de México se ubica a 2 240 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por ser una cuenca lacustre naturalmente cerrada por grandes cadenas montañosas de origen volcánico.

Al oriente y a una distancia de 25 kilómetros del centro de la ciudad, el valle está limitado por la sierra Nevada, donde sobresalen los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, con alturas superiores a los 5 200 metros. Éstos se han constituido en el valor paisajístico por excelencia del valle de México y su visión es el símbolo inequívoco y popular de un aire limpio y transparente.

Al poniente, la sierra de las Cruces separa al valle de México del valle de Toluca con montañas que alcanzan los 3 000 metros de altura. Al sur, las serranías del cerro del Ajusco y el Chichinautzin, de formación geológica reciente cierran el valle con prominencias que alcanzan los 4 000 metros. Entre la sierra del Chichinautzin y la sierra Nevada, se ubica el llamado Sifón de Yautepec, cuya topografía no es tan accidentada y permite ocasionalmente el paso de los vientos provenientes del norte hacia el valle de Cuautla.

En el interior del valle, las sierras de Guadalupe en el norte y la de Santa Catarina en el oriente, actualmente rodeadas por la mancha

urbana, confinan el núcleo de la ZMCM en una microcuenca atmosférica e hidrológica de características ecológicas únicas.

Clima, precipitación y vientos

En general, el valle de México y su área ecológica de influencia, que incluye las sierras descritas con anterioridad, gozan de un clima templado con precipitaciones anuales superiores a los 700 mm en las zonas montañosas del sur y temperaturas medias que oscilan entre 10 y 23 grados centígrados en la ciudad.

El área en donde se ubicaba el antiguo lago de Texcoco posee un clima seco estepario, influido por la apertura oriente del valle en dirección hacia los grandes Llanos de Apan, en el estado de Hidalgo. En esta porción del valle la precipitación no supera los 532 mm anuales y las temperaturas medias alcanzan en verano los 35 grados centígrados.

La época de lluvias inicia en mayo y termina en septiembre, aunque es en los meses de junio, julio y agosto cuando se presentan precipitaciones intensas y casi diarias, que contribuyen a la limpieza de la atmósfera.

A través del día y durante todo el año, los vientos dominantes provienen del noreste con velocidades medias superficiales del orden de 2 m/s. Durante la noche, los vientos fríos de las montañas descienden hacia el valle (véase gráfica 13).

En la época de secas, durante los primeros meses del año, fuertes vientos vespertinos provenientes del noreste, acarrean partículas de las áreas desprovistas de vegetación y pavimento provocando tolveneras locales. En esta misma época, vientos del norte y ocasionalmente del sur, limpian la atmósfera a medio día, estableciéndose condiciones de excelente visibilidad.

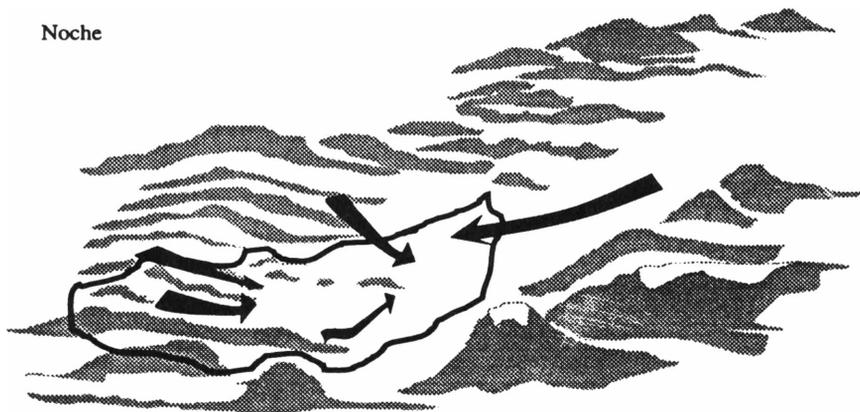
La extensión de la mancha urbana y el consumo de energéticos que se realiza en su interior, han modificado sensiblemente el microclima del valle. Actualmente, las islas de calor de la ciudad marcan diferencias de hasta 12 grados centígrados entre la ciudad y las áreas suburbanas y rurales de la periferia. Este fenómeno provoca movimientos ascendentes de aire contaminado en el centro del valle, mismo que tiene la oportunidad de dispersarse o descender en los alrededores inmediatos de la ciudad.

GRÁFICA 13
Patrones de viento diurno y nocturno

Día



Noche



Fuente: D.D.F.

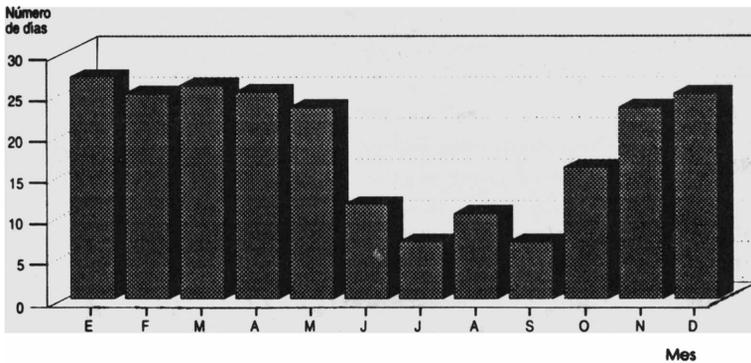
Inversiones térmicas

Como fenómeno meteorológico, las inversiones térmicas en el valle de México tienen una especial relevancia en la concentración de contaminantes en el aire. Éstas ocurren durante las primeras horas del día, en donde una masa de aire frío superficial queda atrapada por una masa de aire caliente en las alturas, provocando la acumulación de los contaminantes emitidos durante la noche anterior y los arrojados por las actividades matutinas de la población e industrias de la ciudad.

Las inversiones térmicas se presentan en todos los meses del año. Sin embargo, su frecuencia de ocurrencia y duración es mayor en los meses invernales (véase gráfica 14). Las inversiones térmicas más severas registradas en los últimos cuatro años, tuvieron una duración de 7 horas a partir de las cinco de la mañana, con un espesor máximo de mezclado del orden de 550 metros de altura en los días más graves.

GRÁFICA 14

Frecuencia mensual de inversiones térmicas en la ZMCM (1991)



Fuente: Sedesol.

Frecuentemente, y en particular durante la época invernal, las inversiones térmicas coinciden con otros fenómenos meteorológicos, tales como los sistemas de alta presión. Éstos limitan aún más la escasa dispersión de los contaminantes, y se encuentran relacionados con la presencia de aire polar sobre el territorio nacional.

En la época invernal, las inversiones térmicas se rompen generalmente alrededor de las 10 de la mañana por acción del sol, el cual calienta el aire superficial de la ciudad, provocando un movimiento ascendente que permite así la dispersión de los contaminantes.

Radiación solar

La radiación solar es el factor que desencadena las múltiples y complejas reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos dando lugar al ozono. Dada la importancia del sol en este proceso, a este tipo de reacciones se les conoce como fotoquímicas.

La alta radiación solar que caracteriza al valle de México propicia que nuestra atmósfera tenga una mayor reactividad fotoquímica que la de otras ciudades localizadas en latitudes más al norte. Por ejemplo, comparada con Los Angeles, California, la atmósfera de la ZMCM es aproximadamente 60% más reactiva.

En el valle de México, se recibe la mayor radiación solar en los meses de diciembre a febrero. En el resto del año y durante la época de lluvias, la nubosidad bloquea el paso del sol, aunque esto no impide que al mediodía y con nubes dispersas, la radiación solar sea suficiente para la formación de compuestos fotoquímicos.

Vegetación y ecosistemas del valle de México

La calidad del aire se ve favorecida por la presencia de vegetación, ya que ésta amortigua los efectos de los contaminantes y evita la erosión eólica del suelo.

En el valle de México y su área ecológica de influencia, la expansión de la mancha urbana y las actividades productivas han causado la transformación profunda del paisaje, así como la desaparición de 73% de los bosques y el deterioro de diversos ecosistemas, que en otros tiempos constituían importantes pastizales, tulares, áreas agrícolas, lagos y ríos.

El 99% de los antiguos lagos del valle de México han desaparecido, quedando sólo reminiscencias de los mismos en lo que hoy es el exvaso del lago de Texcoco, Xochimilco, Zumpango y Chalco.

De hecho, la desecación de los lagos y en especial el de Texcoco trajo como consecuencia el más antiguo problema de contaminación atmosférica de la ZMCM: las tolvaneras, que durante décadas azotaron a la ciudad, afectando la salud de sus habitantes. Hoy en día, y después de un esfuerzo de 15 años, la restauración ecológica del exvaso del lago de Texcoco es una realidad exitosa y las tolvaneras de esa parte del valle han disminuido notablemente.

La deforestación y la ausencia de criterios ambientales en el proceso de urbanización han derivado en una falta de áreas verdes en la ciudad. En 1986, la superficie de áreas verdes de la ciudad, considerando los parques nacionales ubicados dentro del Distrito Federal, era de 7.3 metros cuadrados por habitante, mientras que la recomendada por la ONU es de 16.

CUADRO 4
Inventario de emisiones 1989 (tons/año)

Sector	Fuentes	SO ₂	NO _x	HC	CO	PST	Total
Energía	Pemex	14 781	3 233	31 730	52 645 560	1 154	103 543
	Producción termoeléctrica	58 247	6 613	113		3 545	69 078
Industria y servicios	Industria	65 732	28 883	39 981	15 816	10 242	160 654
	Comercio	22 060	3 988	121	466	2 469	29 104
Transporte	Autos privados	3 557	41 976	141 059	1 328 133	4 398	1 519 123
	Taxis	806	9 518	31 986	301 162	997	344 469
	Combis y minibuses	856	10 059	42 748	404 471	1 062	459 196
	R-100	5 224	8 058	2 439	6 260	240	22 221
	Autobuses del Edo. Mex.	13 062	18 262	5 298	12 612	601	49 835
	Camiones a gasolina	955	16 994	67 864	79 585	1 186	886 584
	Camiones a diesel	20 063	26 126	7 293	6 515	923	70 920
	Otros (trenes, aviones, etcétera)	251	2 698	1 693	5 040	142	9 824
	Daño ecológico	Áreas erosionadas	0	0	0	0	419 439
Fuegos y otros procesos		131	931	199 776	27 362	4 201	232 401
	Total	205 725	177 339	572 101	2 950 627	450 599	4 356 391

CUADRO 5
Resumen del inventario de emisiones por sector y toxicidad

Inventario de emisiones por sector (tons/año)

<i>Sector</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>HC</i>	<i>CO</i>	<i>PST</i>	<i>Total</i>
Energía	73 028	9 846	31 843	53 205	4 699	172 621
Industria y servicios	87 792	32 871	40 102	16 282	12 711	189 758
Transporte	44 774	133 691	300 380	2 853 778	9 549	3 342 172
Daño ecológico	131	931	199 776	27 362	423 640	651 840
Total	205 725	177 339	572 101	2 950 627	450 599	4 356 391

Inventario de emisiones por sector (porcentaje)

<i>Sector</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>HC</i>	<i>CO</i>	<i>PST</i>	<i>Total</i>
Energía	35.5	5.6	5.6	1.8	1.0	4.0
Industria y servicios	42.7	18.5	7.0	0.6	2.8	4.4
Transporte	21.8	75.4	52.5	96.7	2.1	76.7
Daño ecológico	0.1	0.5	34.9	0.9	94.0	15.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Inventario de emisiones por sector ponderado por toxicidad (porcentaje)

<i>Sector</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO_x</i>	<i>HC</i>	<i>CO</i>	<i>PST</i>	<i>Total</i>
Energía	7.2	1.1	1.3	0.2	1.0	10.8
Industria y servicios	8.6	3.7	1.7	0.0	2.8	16.9
Transporte	4.4	14.9	12.6	8.4	2.1	42.4
Daño ecológico	0.0	0.1	8.4	0.1	21.3	29.9
Total	20.2	19.8	23.9	8.7	27.3	100.0

Las asociaciones vegetales más características situadas alrededor de la mancha urbana han sido reducidas en superficie a razón de 2 600 hectáreas anuales en los últimos cuatro años. Este proceso se debe fundamentalmente a la expansión de la mancha urbana, incremento de infraestructura y vialidades, plagas, incendios, tala clandestina, explotaciones forestales sin reforestación y sobrepastoreo de ganado vacuno y bovino.

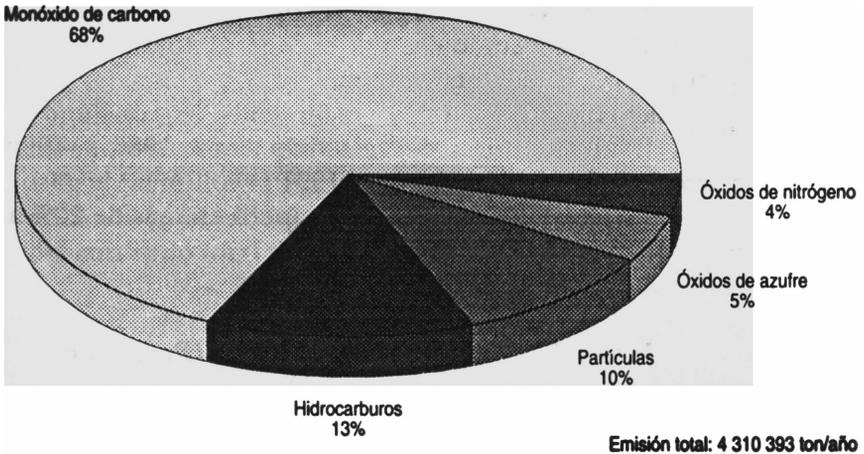
Emisiones a la atmósfera

Una de las bases para definir el estado de la contaminación del aire, consiste en la identificación y caracterización de los contaminantes que se emiten a la atmósfera, así como de los procesos de la actividad urbana que los originan.

Los cuadros 4 y 5 resumen el inventario de emisiones de la ZMCM para el año de 1989. Cabe aclarar que el ozono no aparece en este inventario porque es un contaminante secundario.

En la ciudad de México se producen más de 4 300 000 toneladas de contaminantes al año. En la gráfica 15 se muestra que estas emisiones están integradas por 68% de monóxido de carbono, 13% de hidrocarburos, 10% de partículas, 5% de bióxido de azufre y 4% de óxidos de nitrógeno.

GRÁFICA 15
Emisiones atmosféricas por contaminante (1991)



Fuente: D.D.F.

Estos contaminantes provienen en 76.7% de vehículos automotores, 8.4% de las termoeléctricas, industrias y establecimientos de servicio, y 15% de áreas desprovistas de vegetación y sin pavimentar.

Consumo y calidad de combustibles

En la ZMCM se utilizan todo tipo de combustibles y para los más diversos fines, siendo los más importantes el gasóleo industrial, el gas natural, el gas licuado de petróleo, el diesel especial y las gasolinas Nova y Magna Sin.

Por sus características, la ZMCM es el área de mayor consumo de combustibles derivados del petróleo a nivel nacional, provocando con ello emisiones contaminantes cuya naturaleza y magnitud dependen de la calidad y la cantidad de los combustibles que se queman. Se estima que más de 75% de la contaminación atmosférica proviene de procesos de combustión.

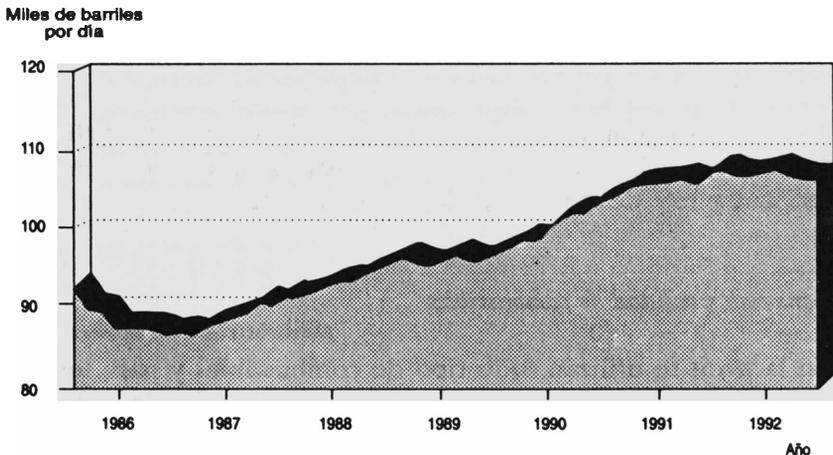
Gasolinas

Entre 1985 y 1989 el mercado nacional de este combustible se incrementó a una tasa media anual de 5.6% pasando de 321 a 400 000 barriles diarios (MBD).

Por otra parte, el consumo en la ZMCM representó en el pasado reciente entre 25 y 30% del total nacional.

En la gráfica 16 se muestra el crecimiento del consumo de gasolinas en el valle de México registrado entre 1986 y 1992. Conforme a esta información, durante 1991 el volumen de gasolinas entregado a las gasolineras del valle superó en más de 22% al total consumido en 1986.

GRÁFICA 16
Consumo de gasolinas en el valle de México (Promedios móviles semestrales)



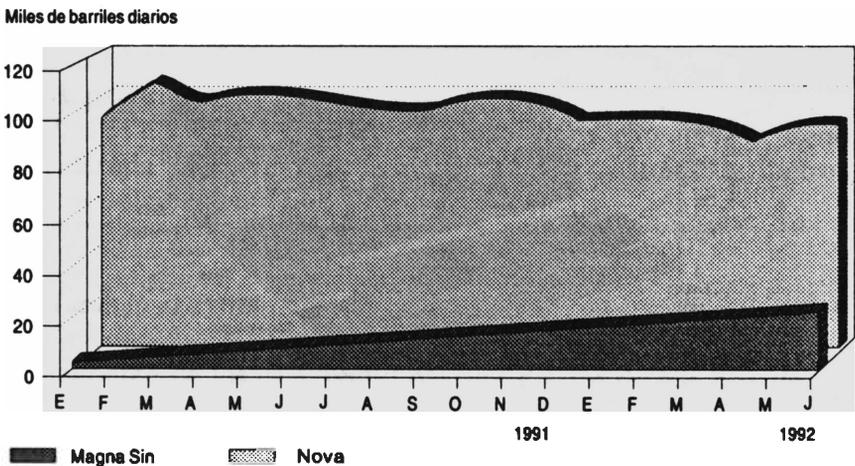
Fuente: Pemex

Las gasolinas distribuidas en la ZMCM son consumidas únicamente por vehículos automotores. En 1990 se distribuyeron dos tipos de éstas, la denominada Nova Plus, con un índice de octano de 81 y un contenido promedio de plomo de 0.5 a 1 ml de tetraetilo de plomo por galón; y la Extra, con índice de octano de 92 y con un bajo contenido de plomo. En ambas, se añadió Éter Metil Terbutílico (MTBE) al 5%; un compuesto oxigenado que mejora la combustión, dada la deficiencia de oxígeno a la altura del valle de México (estimada en 23% menos que a nivel del mar).

A partir de septiembre de 1990 se sustituyó la gasolina Extra por la denominada Magna Sin, la cual posee un índice de octano de 92 (equivalente a un índice de octano 87 de acuerdo con el nuevo procedimiento internacional de evaluación) y prácticamente no contiene plomo. Esta gasolina es indispensable para los autos que tengan instalado convertidor catalítico.

En la gráfica 17 se muestra el comportamiento de los consumos mensuales de gasolina Nova y de Magna Sin entre enero de 1991 y febrero de 1992. En este periodo, el volumen de Magna Sin utilizada en el valle de México pasó de menos de 4% a más de 13% del consumo total de gasolinas.

GRÁFICA 17
Consumos mensuales de gasolina



Diesel

Entre los años de 1985 y 1989 el consumo nacional de diesel pasó de 201 a 195 MBD, lo que equivale a una tasa media anual negativa de 1%. Dentro de este total, el consumo que se efectúa dentro de la ZMCM ha tenido una participación promedio de 16% (31 MBD).

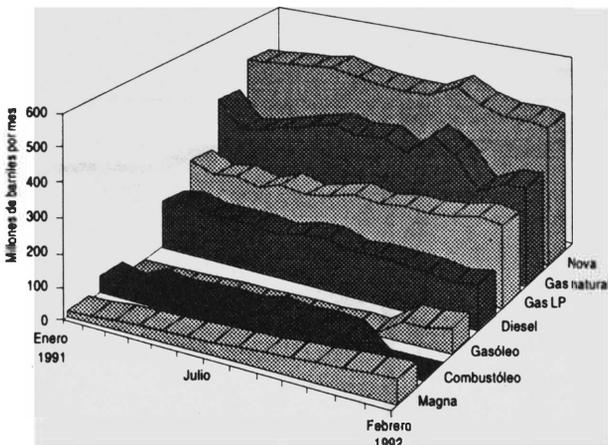
En la gráfica 18 se muestran los consumos mensuales de diesel en el valle de México entre enero de 1991 y febrero de 1992, así como los correspondientes a gas natural, gas licuado de petróleo, combustóleo y gasóleo.

En 1991 su consumo en el valle de México fluctuó entre 650 000 y 915 000 barriles por mes, con un consumo total de 9 499 000 barriles durante este año.

El diesel es consumido principalmente por autobuses urbanos, camiones de carga y de pasajeros. Algunas industrias y establecimientos de servicio emplean este combustible pero en bajas cantidades.

Actualmente, tiene un contenido promedio de 0.4% de azufre, que después de su combustión genera bióxido de azufre (SO₂), compuesto causante de la lluvia ácida y la disminución de la visibilidad de la atmósfera, entre otros efectos.

GRÁFICA 18
Consumo de combustibles en el valle de México
Enero 1991 - Febrero 1992



Para efectos de comparación, todos los consumos de combustible están reportados en su equivalente como litros de gasolina

Fuente: Pemex.

Combustóleo-Gasóleo

Entre 1985 y 1990, el mercado nacional de combustóleo creció a una tasa media anual de 5%. Sin embargo el consumo en el valle de México decreció debido, en gran medida, a su sustitución por gas natural en las termoeléctricas e industrias.

Además, a partir de diciembre de 1991, el consumo de combustóleo fue sustituido totalmente por el gasóleo industrial, el cual contiene 33% menos azufre. El consumo de gasóleo en 1991 fue de 2 379 barriles por día.

En la gráfica 18 se muestra el drástico incremento en el consumo de gasóleo que resultó de la suspensión total del suministro de combustóleo. A partir de entonces, el consumo de gasóleo ha alcanzado niveles similares a los que presentaba el combustóleo antes de su suspensión.

Gas Natural

En el valle de México el uso de gas natural ha aumentado durante los últimos años, principalmente por la sustitución de 95% del consumo de combustóleo en las termoeléctricas y por su creciente empleo en la industria.

En la gráfica 18 se presenta la variación de los consumos mensuales del gas natural en el valle de México entre enero de 1991 y febrero de 1992. En total, durante 1991 el consumo de gas natural fue de 111 189 millones de metros cúbicos.

A partir de 1992 el gas natural se empleará también como combustible de vehículos automotores. Para ello, Pemex tiene considerada una oferta adicional de 1 240 millones de metros cúbicos adicionales.

Gas Licuado de Petróleo

Actualmente de los casi 50 mil barriles diarios de gas licuado de petróleo que se distribuyen en el valle de México, 99% se destina al uso doméstico y el resto a la industria y los servicios.

En la gráfica 18 se muestra la variación de los consumos mensuales de gas licuado de petróleo en el valle de México, entre enero de 1991 y febrero de 1992.

Para 1992 Pemex ha ofrecido un suministro adicional de 15 000 barriles diarios para satisfacer los requerimientos del Programa de Sustitución a Gas del Transporte Público y Concesionado.

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE

El Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

En octubre de 1990 fue presentado ante el presidente de la República, el **Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (PICCA)**, el cual fue elaborado por un secretariado técnico Intergubernamental constituido por las secretarías de Desarrollo Urbano y Ecología, Hacienda y Crédito Público, Programación y Presupuesto, Comercio y Fomento Industrial, Comunicaciones y Transportes, Energía, Minas e Industria Paraestatal, Agricultura y Recursos Hidráulicos, Salud, el Departamento del Distrito Federal, el gobierno del estado de México y los gobiernos municipales de la zona conurbada, Petróleos Mexicanos, la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto Mexicano del Petróleo. En la elaboración de este programa participaron técnicos y científicos mexicanos y extranjeros, así como grupos ecologistas y otras organizaciones sociales.

El PICCA se basa en las siguientes estrategias:

- Mejoramiento de la calidad de los combustibles.
- Racionalización y reestructuración del transporte urbano.
- Modernización de las tecnologías de producción e instalación de sistemas de control de emisiones vehiculares e industriales, así como la prohibición al establecimiento de nuevas actividades contaminantes y la reubicación de las industrias que no cumplan con sus compromisos ambientales.
- Rescate, protección y recuperación de áreas ecológicas sensibles o deterioradas; el control y disposición de desechos sólidos, la ampliación de la red de drenaje.
- Educación, comunicación y participación ciudadana.

En el marco de estas estrategias, se establecieron compromisos específicos con los sectores causantes de la contaminación atmosférica:

1. **La industria petrolera**, en sus aspectos de refinación, distribución y calidad de combustibles.
2. **El transporte**, en sus modalidades de carga, colectivo e individual, tanto en su eficiencia urbana y ambiental, como en su avance tecnológico, racional aprovechamiento energético, uso de combustibles alternos y control de emisiones contaminantes.
3. **La industria privada y los establecimientos de servicios**, en su modernización tecnológica y productiva, así como en su eficiencia energética y control de emisiones contaminantes.
4. **Las termoeléctricas**, por ser los mayores consumidores de combustibles en la ciudad, en el uso continuo de energéticos limpios.
5. **Reforestación y restauración ecológica** de los suelos deforestados, zonas sin pavimentación ni drenaje, tiraderos de basura a cielo abierto y parques y reservas ecológicas.
6. **Investigación, educación ecológica y comunicación social**, por las entidades a cargo del monitoreo de la calidad del aire, de la investigación y de la comunicación social.

Las metas planteadas por el PICCA son:

1. Que en la ciudad de México no se rebasen las normas internacionales de plomo. La eliminación progresiva del plomo en las gasolinas para los automóviles y de control en la industria, permitirá alcanzar lo obtenido en los países de mayor desarrollo durante la década anterior. Esta medida se considera en los países desarrollados, como el mayor avance obtenido en materia de salud.
2. Lograr, en forma permanente, que en el aire de la ciudad de México no se rebasen las normas nacionales e internacionales de bióxido de azufre. El Programa permitirá reducir en dos terceras partes los contenidos actuales de bióxidos de azufre, lo que representa un importante avance para la salud humana.

3. Detener y revertir el incremento en el aire de los niveles de partículas originadas por la destrucción de bosques, erosión de suelos y tiraderos clandestinos. Se ampliará la cobertura del servicio de drenaje y la pavimentación de calles en las colonias populares. Una experiencia exitosa en el esfuerzo de reducir partículas es el Plan Texcoco. Con esfuerzos masivos en este campo, se reducirán muchos problemas de salud, incluyendo los relacionados con infecciones intestinales.
4. Con este Programa se reducirán en forma significativa los hidrocarburos, uno de los precursores del ozono. Con la incorporación gradual de los convertidores catalíticos y mejores sistemas de combustión en la industria y los servicios, los óxidos de nitrógeno, otro de los precursores del ozono, también se reducirán.

El programa reconoce la dificultad de avanzar en la reducción de la contaminación por ozono. La experiencia internacional muestra que se desconocen muchos aspectos de su formación fotoquímica, y que se requiere aplicar estrategias consistentes durante largos periodos, para modificar esas tendencias. El ejemplo más ilustrativo es el de Los Angeles, Estados Unidos, donde el problema alcanzó en los años cincuenta, niveles peligrosos para la salud (72 días de 1955 con niveles superiores al equivalente de 337 Imecas). Desde entonces se ha aplicado un programa consistente para reducirlo y no será sino hasta el año 2010 cuando se espera cumplir con la norma establecida.

Las acciones del PICCA se iniciaron en 1990 y continuarán hasta 1994 con una inversión total que a la fecha se estima en 4 716 millones de dólares, que se distribuirá conforme se indica en el cuadro 6.

CUADRO 6
Proyectos, inversiones y financiamiento del programa

<i>Medida</i>	<i>Ejecutor</i>	<i>Fuente de financiamiento</i> <i>(millones de dólares)</i>		
		<i>Nacional</i>	<i>Externo</i>	<i>Total</i>
1. Elaboración de gasolina de calidad ecológica internacional	Pemex	497.50	227.50 ⁽²⁾	725.00
2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre	Pemex	256.00	168.00 ⁽¹⁾	424.00
3. Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre	Pemex	120.75	362.25 ⁽¹⁾	483.00
4. Elaboración de compuestos oxigenados TAME y MTBE	Pemex			(5)
5. Suministro de gasolina sin plomo, Magna Sin para los vehículos 1991 con convertidor catalítico	Pemex	345.00		345.00
6. Continuación de suministro de gasolina oxigenada con MTBE	Pemex	118.75		118.75
7. Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo (Rescindido) ⁽⁶⁾	Pemex			
8. Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo (Rescindido) ⁽⁶⁾	Pemex			
9. Instalación de medidores de emisiones en las chimeneas de la refinería (Rescindido) (6) Clausura definitiva de la Refinería 18 de Marzo	IMP Pemex Sedue	500.00		500.00
10. Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento	Pemex	1.60		1.60
11. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolinerías	Pemex Sector Privado	3.40	13.50 ⁽³⁾	16.90

(1) Fondo para la Cooperación Económica a Ultramar (OECE), Japón.

(2) Eximbank, Japón.

(3) Banco Mundial.

(4) Banco Interamericano de Desarrollo.

(5) Costo incluido en la medida 1.

(6) Debido a sus emisiones, el gobierno federal de México, decidió cerrar permanentemente esta refinería y construir un parque para los habitantes del área.

CUADRO 6
(continuación)

<i>Medida</i>	<i>Ejecutor</i>	<i>Fuente de financiamiento</i> <i>(millones de dólares)</i>		
		<i>Nacional</i>	<i>Externo</i>	<i>Total</i>
12. Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991	Sector privado			(5)
13. Ampliación del Metro	DDF			(5)
14. Renovación de R-100 con 3 500 unidades de baja emisión contaminante	DDF	122.00	15.03 ⁽³⁾	137.03
15. Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico	DDF			(5)
16. Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte.	DDF Edo. Mex.			(5)
17. Autorización de rutas de autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional de escolares y empleados	Sector privado	30.00*		30.00
18. Continuación del programa Hoy no circula	DDF Edo. Mex.	2.00		2.00
19. Ampliación del Programa de Verificación obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas L.P	Edo. Mex. SCT DDF Sedue	11.20	2.60	13.80
20. Reconversión de flotillas de camiones de carga a gas LP incorporando convertidores catalíticos	Pemex Sedue Edo. Mex. DDF	45.50		45.50
21. Renovación de convertidores catalíticos en taxis, combis y minibuses y transporte de carga	Edo. Mex. DDF	1366.00		1366.00
22. Cambio de combustible por gas natural en industrias	Sedue Sector privado	1.80		1.80

(1) Fondo para la Cooperación Económica a Ultramar (OECE), Japón.

(2) Eximbank, Japón.

(3) Banco mundial.

(4) Banco Interamericano de Desarrollo.

(5) El financiamiento está en otros programas del DDF o del gobierno federal.

* Cifra estimada.

CUADRO 6
(continuación)

<i>Medida</i>	<i>Ejecutor</i>	<i>Fuente de financiamiento</i> <i>(millones de dólares)</i>		
		<i>Nacional</i>	<i>Externo</i>	<i>Total</i>
23. Convenios con la industria para control de emisiones	DDF Sedue Sector Privado			(5)
24. Prohibición de nuevas industrias contaminantes	DDF Edo. Mex.			
25. Racionalización del abasto de materiales y bienes y distribución nocturna en la ciudad	DDF Sector Privado	1.00		1.00
26. Control de emisiones y reubicación de fundidoras	Sedue Sector Privado	52.50		52.50
27. Realización de monitoreo continuo en las industrias más contaminantes	Sedue Sector Privado	5.00		5.00
28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicios	Sector Privado	30.00		30.00
29. Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de azufre	CFE Pemex	33.30		33.30
30. Suspensión invernal en la operación de unidades de generación	CFE			
31. Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas	CFE	2.00		2.00
32. Programa "Cada familia un árbol" Programa de Reforestación Urbana	DDF DDF-BID	0.50 100.00	100.00 ⁽⁴⁾	0.50 200.00

(1) Fondo para la Cooperación Económica a Ultra mar (OECE), Japón.

(2) Eximbank, Japón.

(3) Banco Mundial.

(4) Banco Interamericano de Desarrollo.

CUADRO 6
(conclusión)

<i>Medida</i>	<i>Ejecutor</i>	<i>Fuente de financiamiento (millones de dólares)</i>		
		<i>Nacional</i>	<i>Externo</i>	<i>Total</i>
33. Reforestación rural del valle de México y su área ecológica de influencia	DDF Edo. Mex. Morelos	62.26	74.27 ⁽¹⁾	136.53
34. Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores	IMP Pemex	0.20		0.20
35. Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles	Pemex Sector Privado	4.60	4.60	
36. Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA)	Sedue	0.50	2.42 ⁽³⁾	2.92
37. Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA)	Sedue IMP	5.07	5.00 ⁽⁵⁾	10.07
38. Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM	SSA Sedue	2.30		2.30
39. Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación	Sedue DDF IMP	6.50		6.50
40. Capacitación de maestros y formación de los niños	Sector educacional	4.10		4.10
41. Programas de formación profesional y capacitación	Sector educacional	3.60		3.60
Totales		3 743.90	981.10	4 716.00

(1) Fondo para la Cooperación Económica a Ultramar (OECE), Japón.

(2) Eximbank, Japón.

(3) Banco Mundial.

(4) Banco Interamericano de Desarrollo.

(5) Departamento de energía, Estados Unidos.

COMPROMISOS

Industria petrolera

El compromiso que se ha impuesto Pemex es el de producir mejores combustibles en los plazos más cortos. Para ello, ya se han realizado importantes erogaciones para adicionar éter metil terbutílico (MTBE) a las gasolinas y distribuir la nueva gasolina Magna Sin. Adicionalmente, se han gestionado recursos financieros del exterior para invertir en la eliminación de los compuestos nocivos a la salud y los ecosistemas, como pueden ser los compuestos orgánicos altamente reactivos (aromáticos y olefinas) o tóxicos (benceno).

Las medidas necesarias para alcanzar estos compromisos se han agrupado en el denominado **Paquete Ecológico** de Pemex, el cual consiste básicamente en las siguientes acciones:

1. Elaboración de gasolinas de calidad ecológica internacional (sin plomo y con bajo contenido de compuestos tóxicos o fotorreactivos).
2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre.
3. Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre (introducción de gasóleo).
4. Elaboración de los compuestos oxigenados TAME y MTBE.
5. Suministro de gasolina sin plomo (Magna Sin) a los vehículos 1991 y con convertidor catalítico.
6. Continuar con el suministro de gasolinas oxigenadas en la ZMCM (adición de MTBE, que actualmente se importa, al 5% en volumen).
7. Instalación de membranas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles, para el control y recuperación de vapores de gasolina.
8. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo, autotanque de distribución de combustibles y gasolineras.

Transporte

Por su contribución al problema de la contaminación atmosférica, el transporte es el factor en donde la población, la industria automotriz y petrolera, los transportistas y el gobierno, deben realizar y reforzar acciones significativas y efectivas.

Para cambiar las tendencias se necesita privilegiar el transporte colectivo sobre el individual, el mejoramiento tecnológico de los vehículos automotores que circulan en la ciudad, la utilización de combustibles alternos como gas LP y gas natural comprimido, el control de la circulación y la expansión de los sistemas eléctricos de transporte.

Las acciones comprometidas por el sector transporte son las siguientes:

12. A partir de 1991, introducción de convertidores catalíticos en los vehículos particulares a gasolina. En 1993 todos los vehículos automotores a gasolina deberán tener convertidores catalíticos.
13. Ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro en las líneas A, 8 y 10, penetrando a los municipios conurbados del estado de México.
14. Renovación de R-100 con 3 500 unidades de baja emisión de contaminantes.
15. Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico (tren ligero, trolebuses y tranvías).
16. Mejoramiento de vialidades, estacionamientos, semaforización y coordinación de modos de transporte.
17. Autorización de rutas de autobuses de alto confort, para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional de escolares y empleados.
18. Continuación y ampliación del programa Hoy no circula
19. Ampliación y mejoramiento del Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas LP.
20. Reconversión de flotillas del transporte de carga y pasajeros de gasolina a gas LP y gas natural comprimido, incorporando convertidores catalíticos.
21. Instalación de convertidores catalíticos en taxis, combis y microbuses.

Estas acciones se verán reforzadas con el establecimiento de normas técnicas de emisión estrictas. La nueva normatividad ambiental obligará a la introducción de la más avanzada tecnología automotriz para autos, vehículos de transporte colectivo y camiones de carga y pasajeros.

Industria privada y establecimientos de servicios

El Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica se enmarca en una estrategia de cambio de las actividades productivas de la ciudad, que permitan revitalizar su economía y empleo. La transformación de la economía urbana se tiene que hacer asegurando las fuentes de empleo, mediante la modernización de la industria y los servicios. Se busca incrementar su competitividad y productividad promoviendo el uso de tecnologías y procesos más eficientes, no contaminantes y de menor consumo de agua y energía.

Los sectores industrial, de servicios y giros mercantiles se comprometen a:

22. Cambio de gasóleo o diesel por gas natural en industrias.
23. Convenios con la industria para el control de emisiones.
24. Prohibición de nuevas industrias contaminantes.
25. Racionalización del abasto de materiales y bienes en la ciudad.
26. Control de emisiones y reubicación de fundidoras.
27. Realización de monitoreos continuos en las industrias más contaminantes.
28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicio.

Termoeléctricas

Desde 1986, la Comisión Federal de Electricidad, junto con Pemex, han mantenido la política de sustituir durante la época invernal, el combustóleo que emplean en la generación eléctrica por gas natural.

La sustitución fue cada vez mayor tanto en tiempo como en volumen y, hoy en día, ha alcanzado su punto óptimo de proceso,

de tal suerte que las centrales termoeléctricas operan todo el año con una relación promedio 95% gas natural, 5% combustóleo. Es importante mencionar, que al final de la vida útil de las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México, se construirán nuevas centrales fuera del valle de México para así eliminar esta importante fuente de emisiones contaminantes.

Los compromisos de la CFE en este campo son:

29. Utilización de gas natural.
30. Suspensión invernal en la operación de dos unidades de generación.
31. Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas.

Reforestación y restauración ecológica

La arborización de la ciudad y la reforestación y restauración ecológica en áreas rurales aledañas a la ciudad y en zonas suburbanas sin pavimentar, es una tarea prioritaria para el control de partículas suspendidas totales. Adicionalmente, esto tiene importantes beneficios de tipo hidrológico y de restitución de hábitats naturales. El compromiso asumido en este rubro abarca:

32. Programa de Reforestación Urbana en el Distrito Federal y los municipios conurbados del estado de México.
33. Reforestación del valle de México y su área de influencia ecológica.

Adicionalmente, se clausurarán 13 tiraderos de basura a cielo abierto y se redoblarán los esfuerzos por aumentar el drenaje en zonas populosas que actualmente no cuentan con este servicio, con el fin de disminuir el nivel de partículas con detritus en la ciudad.

Educación ecológica y comunicación social

En los últimos años ha habido un avance notable en la conciencia ecológica de los habitantes de la ciudad de México. La mejor

manera de garantizar su permanencia y profundizar sus efectos positivos es transmitir a la población infantil una información científica que los oriente sobre la situación de su ciudad, los problemas y las soluciones en marcha. Es imprescindible sobre todo, educar a las nuevas generaciones en el tipo de comportamientos sociales y comunitarios, sin los cuales sería imposible tener éxito en la lucha contra la contaminación del aire, agua y suelo.

Investigación científica y tecnológica

Los fenómenos atmosféricos del valle de México relacionados con la calidad del aire y la contaminación requieren ser estudiados con profundidad y seriedad científica. Para ello, diversas instituciones académicas y de investigación, nacionales y extranjeras, encabezadas por el Instituto Mexicano del Petróleo, llevan a cabo un estudio global sobre estos fenómenos. Los resultados de su esfuerzo servirán de base para simular, bajo distintas condiciones climáticas y meteorológicas, la dispersión de los contaminantes emitidos al aire y su transformación en el valle.

Información didáctica de alta calidad

Es necesario aprovechar todos los espacios para transmitir estos conocimientos, comenzando con la distribución de este Programa entre los maestros y los estudiantes de las escuelas de la ciudad. Estimular su análisis y, con la Secretaría de Educación Pública, elaborar materiales didácticos que permitan que en la formación de los niños se incluya un claro conocimiento de la naturaleza y de las delicadas relaciones que existen entre la actividad humana, el ambiente y los recursos naturales.

Para ello se han elaborado videos infantiles para explicar de manera sencilla y a través de caricaturas en qué consiste el PICCA y los fenómenos de contaminación en el valle de México. Además, se están realizando pláticas y cursos para los maestros del valle de México, a fin de que concluyan en sus progresos educativos de aprendizaje y decisión sobre la contaminación del aire.

Formación de profesionales y capacitación técnica

Con las universidades se tendrá que desarrollar un gran trabajo de formación de profesionales e investigadores en distintas ramas que incidan sobre el conocimiento de las ciencias ambientales y su vinculación con los procesos económicos, urbanos, con la psicología social, la elaboración de proyectos, la administración pública y privada y el derecho. En este momento se realizan ya nuevos programas de posgrado y administración con estos contenidos, que están mostrando el amplio potencial que existe para preparar a profesionales que la ciudad, el gobierno, el sector privado y la propia comunidad pueden emplear.

Comunicación Social

Como mecanismo permanente de difusión y comunicación, se mantendrán en forma periódica las campañas que den a conocer los problemas y muevan a su solución, con acciones concretas como las que se han venido realizando, promoviendo y difundiendo. Es imprescindible que la sociedad y los distintos grupos preocupados por la ecología, desarrollen sus propias iniciativas para concretizar, informar y sugerir nuevas acciones correctivas.

Esta tarea educativa de información y comunicación social no se restringirá al ámbito de la calidad del aire, sino que incluirá los otros temas clave del medio ambiente como agua, suelos y residuos. En cada uno de estos campos se realizan nuevas acciones y el éxito de las mismas depende del desarrollo de nuevas formas de participación social, muchas de ellas inéditas y de las cuales dependerá la viabilidad de nuestra ciudad para las próximas generaciones y la salud de sus habitantes.

Las medidas comprometidas en este campo de acción son las siguientes:

34. Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores.
35. Instalación de laboratorios de control de calidad de la gasolina Magna Sin, para garantizar la ausencia de plomo.
36. Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

37. Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA), bajo la coordinación del Instituto Mexicano del Petróleo y la asistencia técnica del Laboratorio Nacional de Los Álamos, Estados Unidos.
38. Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM.
39. Relación permanente con universidades y centros de investigación.
40. Capacitación de maestros y formación de los niños.
41. Programas de formación profesional y capacitación.

PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN A GAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO Y CONCESIONADO Y PROGRAMA DE CONTROL DE EMISIONES EN LA INDUSTRIA

Dentro del contexto del PICCA en los meses de febrero y marzo de 1992, respectivamente, se dieron a conocer dos importantes programas para controlar las emisiones provenientes del transporte y la industria, cuyas principales características se señalan a continuación:

Programa de sustitución, renovación y/o conversión a gas de los vehículos de transporte mercantil y público de pasajeros y de carga en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Objetivos

- Reducir las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas provenientes de los vehículos que prestan el servicio de transporte de pasajeros y de carga.
- Contribuir al control del ozono y de otros contaminantes fotoquímicos, a través de la reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno y la eliminación de emisiones evaporativas de hidrocarburos reactivos.
- Contribuir a la reducción de las emisiones de plomo, favoreciendo la disminución del consumo de gasolina con plomo mediante su sustitución con gas.
- Diversificar las fuentes energéticas del transporte con combustibles más limpios.

Características de la flota vehicular

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México existen alrededor de 458 000 unidades para el transporte de pasajeros y de carga, de las cuales 62% corresponden a los vehículos registrados en el Distrito Federal y 38% restante a los de los municipios conurbados del estado de México.

De acuerdo con las políticas actuales de sustitución de la flota vehicular, 147 084 unidades deberán ser remplazadas obligatoriamente por modelos nuevos o más recientes a 1977, 1984 o 1986 según se trate de transporte de carga o mercantil, colectivos y taxis, respectivamente.

El resto son 299 191 vehículos que pueden incluirse en el programa de conversión a gas o renovación del tren motriz. De estos vehículos, 273 243 son a gasolina, cerca de 20 mil a diesel y 6 120 a gas LP. Estos últimos deberán adecuar sus conversiones para cumplir con las normas ecológicas y de seguridad correspondientes.

Demanda de gas

Se estima que las conversiones a gas del transporte público y concesionado generarán para fines de 1992 una demanda adicional de gas licuado de petróleo de aproximadamente mil barriles diarios, equivalente al consumo de 7 800 vehículos. Este volumen se incrementará progresivamente cada año hasta llegar a más de 22 500 barriles por día en 1995, para poder atender las necesidades de un total de casi 100 000 vehículos convertidos a gas licuado de petróleo.

Con respecto al gas natural, la demanda media para 1992 se calcula en 2.3 millones de pies cúbicos por día, para satisfacer las necesidades de 2 000 vehículos. Este volumen se incrementará de manera gradual hasta llegar en 1995 a más de 87 millones 500 mil pies cúbicos por día, lo cual representa el consumo de más de 44 000 vehículos a gas natural comprimido.

Oferta y distribución de gas

Pemex ha asegurado la disponibilidad inmediata de 15 000 barriles diarios de gas licuado de petróleo para uso vehicular en el valle de

México, suficiente para el abastecimiento de alrededor de 45 000 vehículos. Para fines de 1992, la disponibilidad habrá de incrementarse a 45 000 barriles diarios, lo que permitirá satisfacer la demanda de un total de 135 mil vehículos.

Por otra parte, se asegura también la disponibilidad de 90 millones de pies cúbicos por día de gas natural, los cuales son suficientes para cubrir las expectativas del programa para los próximos cuatro años, satisfaciendo así el consumo energético de alrededor de 45 000 vehículos.

Actualmente, el gas licuado de petróleo se surte para uso doméstico e industrial a través de 32 empresas distribuidoras, en lo que constituye el mercado más grande del mundo de este combustible. Para usarlo con fines de carburación en vehículos automotores, el gas LP deberá ser distribuido mediante estaciones de abasto diseñadas bajo las más estrictas normas de seguridad, las cuales podrán estar ubicadas en los terrenos de las empresas o de las asociaciones poseedoras de flotillas de reparto o de pasaje, o bien, en los sitios que las autoridades definan para tal efecto.

En lo referente al gas natural, Pemex maneja una extensa red de ductos para su distribución en el valle de México. El gas natural por ducto se surte a baja presión; su suministro a flotillas de carga requiere de estaciones de compresión que permitan surtir el producto a 3 000 libras de presión.

Por otra parte, el Programa prevé la actualización y ampliación de las normas vigentes, con el fin de introducir nuevos y mejores materiales para los sistemas de carburación, incorporar regulaciones para el uso y distribución de gas natural comprimido, y regular las emisiones de los vehículos nuevos en planta y vehículos en circulación.

Evaluación Financiera

Las inversiones en los sistemas de conversión para gas licuado de petróleo varían entre 4.4 y 7.1 millones de pesos incluyendo el IVA, según el modelo y la marca del vehículo.

Por otra parte, para el gas natural comprimido las inversiones del sistema de conversión para motores a gasolina pueden fluctuar entre 8.8 y 11 millones de pesos incluyendo el IVA. En el caso de las conversiones a gas natural comprimido para motores a diesel, los sistemas pueden alcanzar precios de más de 20 millones de pesos.

Aparte de sus ventajas ambientales, la conversión a gas del transporte público y concesionado no representa un gasto sino una inversión, ya que el uso de gas licuado de petróleo y de gas natural comprimido permiten ahorros significativos en la operación y mantenimiento de los vehículos.

La recuperación de la inversión, así como los beneficios económicos derivados del uso de gas, aumentan conforme mayor sea la capacidad de carga o pasaje de los vehículos, o mayor sea el kilometraje de recorrido diario.

Instrumentación y control

Para la instrumentación de este programa se han establecido compromisos que garantizan la participación de los diversos sectores involucrados. Éstos son:

- Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México
- Departamento del Distrito Federal
- Gobierno del estado de México
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Secretaría de Salud
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
- Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal
- Petróleos Mexicanos
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Cámaras Industriales: Concamín, Concanaco, Canacintra, Canaco, Canainca, Antad, Anpae, Amia y Coparmex
- Asociaciones de Distribuidores de Gas Licuado de Petróleo
- Asociaciones y Cámaras de Autotransporte de Carga
- Asociaciones y Uniones de Taxistas
- Asociación Nacional de Peritos en Gas Licuado de Petróleo y Natural
- Empresas fabricantes, distribuidoras e instaladoras de equipos, tanques y convertidores catalíticos para conversiones a gas
- Organismos financieros: Banobras, Bancomext y Nafinsa.

La evaluación y el seguimiento general del programa se realizará en el seno de las subcomisiones de combustibles y vehículos de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en las que participan representantes de la industria automotriz, de Pemex, del Instituto Mexicano del Petróleo, de grupos ecologistas, transportistas, científicos y profesionales especialistas en la materia.

Para el control gubernamental del uso de gas en vehículos de transporte público concesionado, se cuenta con los siguientes instrumentos:

Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos Automotores
Procedimiento de Inspección (revista) de Vehículos de Carga y Pasaje
Procedimientos de Inspección de Secofi con peritos autorizados
Procedimiento de Certificación de Equipos de Conversión
Procedimiento de Certificación de Convertidores Catalíticos.

En cada uno de estos programas se están preparando nuevos manuales de procedimientos y capacitando grupos de inspectores que lleven a cabo un control efectivo de los vehículos en circulación, así como de las empresas que instalan los sistemas de conversión y las que surten el gas a los vehículos.

Programa para el Control de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos de la Industria en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Antecedentes

- Avances en el control de emisiones industriales

La Sedesol realizó en los últimos cuatro años 1 344 visitas de inspección, encontrando que 77% de las industrias no cumplían con la legislación vigente. En ese periodo fueron clausurados permanentemente 109 establecimientos y 40 industrias optaron por su reubicación.

De las visitas de inspección surgieron 1 159 convenios donde las industrias asumieron compromisos de control de emisiones, que tendrán que cumplir en un lapso que no podrá rebasar el año de 1994.

- Normatividad

México posee una Ley General, un Reglamento específico de contaminación del aire, así como 8 normas técnicas ecológicas que regulan la emisión de contaminantes en fuentes estacionarias.

En los próximos cuatro años, la Sedesol expedirá 21 normas técnicas ecológicas adicionales, para controlar las emisiones a la atmósfera principalmente de compuestos orgánicos volátiles, contaminantes altamente tóxicos y gases de combustión.

-Tecnología de control

En la actualidad prácticamente no existe ningún tipo de contaminante que no pueda ser removido. El mercado de equipos de control está muy desarrollado en Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón; desde hace más de 10 años se realizan en México exposiciones de sistemas de eliminación y monitoreo de contaminantes de origen industrial, y existen más de 50 empresas mexicanas de consultoría y fabricación de equipos.

La remoción de contaminantes de origen industrial empieza desde la selección adecuada de materias primas y combustibles, hasta la aplicación de tecnología de producción limpia, con un alto índice de reciclamiento de materiales y ahorro de energía.

Los costos de los equipos de control fluctúan dependiendo del contaminante que se pretenda eliminar y la magnitud de la fuente de emisión. Por lo general, la tecnología de control de partículas es más difundida y barata que la de control de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

Metas

Las principales metas del programa son:

- Reducir con 90% de eficiencia las emisiones de partículas y compuestos orgánicos volátiles en las 220 empresas de atención prioritaria, en un lapso de año y medio.

- Reducir con 50% de eficiencia las emisiones de óxidos de nitrógeno en las empresas de mayor consumo de combustibles y lograr un ahorro de energía de 5%, en un lapso de un año.
- Reducir la concentración de solventes orgánicos en lacas y pinturas, así como reformularlos con el fin de que éstos contengan menor cantidad de compuestos reactivos en la atmósfera.

Estrategia

Para reducir y controlar la contaminación generada por las industrias del valle de México, se enfatizarán tres líneas de acción estratégica:

Primera, la modernización de la industria existente, promoviendo el uso de tecnologías y procesos más eficientes, no contaminantes y de menor consumo de energía.

Segunda, el control de emisiones a través del uso de combustibles ambientalmente adecuados, de la optimización de la combustión y de los procesos productivos, así como de la incorporación de los equipos idóneos de control de la contaminación y,

Tercera, la sustitución de los procesos contaminantes que no cumplan con la normatividad ecológica, por empresas limpias que restituyan los empleos que se pierdan con la relocalización de los procesos dañinos al ambiente.

Instrumentación

La instrumentación del Programa para el Control de Emisiones Contaminantes en la Industria se realizará a través de diferentes acciones contenidas en 10 programas específicos:

1. Verificación obligatoria anual de emisiones industriales.
2. Acreditación de empresas verificadoras.
3. Capacitación de inspectores, auditores y verificadores, así como de operadores de calderas y equipos de combustión.

4. Asesoría y apoyo tecnológico a la industria.
5. Actualización y ampliación del inventario de emisiones industriales del valle de México.
6. Ahorro de energía.
7. Modernización industrial.
8. Control de solventes en pinturas y reformulación.
9. Esquema de financiamiento, ventanilla financiera y módulo de atención.
10. Actualización y desarrollo normativo.

Industrias

-Compromisos y prioridades de control

A través de la Confederación de Cámaras Industriales (Concamin) y de acuerdo con los convenios firmados con la Sedesol, en los próximos dos años un conjunto de 40 industrias y 12 minas se han comprometido a realizar inversiones para el control de sus emisiones contaminantes al aire, por más de 161 mil millones de pesos.

Entre los 180 establecimientos industriales clasificados como los de mayor consumo de combustibles, solventes y otras materias primas, existen algunas empresas que ya poseen equipos de control y cumplen con parte de las normas técnicas ecológicas expedidas por la Sedesol. Sin embargo por las características de sus procesos, su volumen de producción y el estado actual de sus instalaciones requieren de esfuerzos adicionales de control, principalmente en la eliminación de precursores de ozono, como son los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles.

De acuerdo con sus giros, dichos establecimientos se clasifican como sigue:

3 Aceites y jabones	5 Pinturas
1 Acumuladores	6 Plásticos
10 Alimentos	5 Productos varios de consumo
3 Automotrices	3 Vidrieras
1 Cerámica	
5 Industria eléctrica	

- 40 Industria química
- 12 Industria textil
 - 1 Electrónica
 - 1 Fabricación de muebles para baño
 - 2 Fabricación de muebles en general
- 27 Fundidoras
 - 7 Huleras
- 27 Metalmecánicas
 - 2 Metales no ferrosos
 - 3 Metalúrgicas
 - 5 Minerales no metálicos
- 14 Papel y cartón
 - 1 Petroquímica

AVANCES DEL PICCA

Hasta mayo de 1992, se han tenido importantes avances en la aplicación del Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, mismos que a continuación se resumen.

Calidad de combustibles

- Pemex obtuvo un crédito con el Eximbank de Japón para satisfacer la creciente demanda de gasolina sin plomo y, junto con recursos nacionales, ha comenzado a construir 13 plantas en distintos estados de la República.

- Se obtuvo un crédito de la OECF de Japón y ya se han iniciado los proyectos de inversión para satisfacer la demanda de diesel y combustóleo con bajo contenido de azufre.

- La gasolina Nova y la Magna Sin (y antes la Extra) se están oxigenando con un 5% en volumen de MTBE.

- Se ha reducido el contenido de tetraetilo de plomo de 1.0 a 0.54 mililitros por galón en la gasolina Nova.

- A partir de diciembre de 1991, el combustóleo que se utilizaba en la industria y diversos servicios fue sustituido al 100% por gasóleo, el cual contiene 33% menos azufre.

Expansión y mejoramiento del transporte público

- En marzo de 1991 se completó la rehabilitación del sistema de transporte público "R-100" con 3 500 motores de baja emisión de contaminantes.

- A partir de marzo de 1991 se lleva a cabo la sustitución de combis por microbuses equipados con convertidor catalítico. Hasta ahora se ha autorizado la circulación de 8 238 microbuses ecológicos.

- Se firmó un acuerdo entre la asociación de taxistas y la industria automotriz para renovar la flota de taxis con automóviles modelo 1991 en adelante, equipados con convertidor catalítico. A partir de marzo de 1992 ya se encuentran circulando 8 977 taxis ecológicos.

- La sustitución de gasolina por gas licuado de petróleo para camiones de carga se encuentra en su fase inicial. En febrero de 1992 se dio a conocer el Programa para el Uso de Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural Comprimido en el transporte concesionado. Se estima que en marzo de 1992 ya había 3 000 microbuses convertidos a gas licuado de petróleo.

- A partir del invierno 1990-1991 se ha venido realizando una estricta inspección a los camiones de carga que llegan a la ciudad. Hasta ahora se han multado 13 122 vehículos.

- Ha finalizado la construcción de la línea del metro Pantitlán-Los Reyes-La Paz. En febrero de 1992 se comenzó a construir la línea 8 de Iztapalapa a Salto de Agua. Además, se adquirieron 12 trenes eléctricos nuevos (para un total de 20) y han comenzado a operar 90 trolebuses renovados (para un total de 410).

Control de emisiones industriales

- A partir de 1986, las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque iniciaron la sustitución de combustóleo por gas natural, con el fin de reducir sus emisiones contaminantes. Actualmente, el consumo energético de dichas instalaciones se obtiene en 96% de la quema de gas natural y solamente 4% de combustóleo.

- La refinería "18 de Marzo" se clausuró el 18 de marzo de 1991 en forma definitiva por decreto presidencial.

- Desde diciembre de 1991, todas las industrias y servicios, entre los que se encuentran las panaderías, los baños públicos, las tintorerías y los hospitales, han dejado de utilizar combustóleo, el cual ha sido sustituido por gasóleo, diesel o gas licuado de petróleo.

- Hasta febrero de 1992 se habían realizado 1 344 inspecciones a las industrias más contaminantes, de las cuales resultaron 746 clausuras parciales o temporales. Se clausuraron 43 fundidoras clandestinas. Se firmaron 1 159 acuerdos con la industria con el objetivo de finalizar la instalación de los equipos de control necesarios antes de octubre de 1993.

- En marzo de 1992, dio inicio el Programa para el Control de Emisiones Contaminantes al Aire Provenientes de la Industria en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México cuyas principales metas son las siguientes: reducción de 90% de la emisión de partículas y compuestos orgánicos volátiles en un plazo no mayor de un año y medio. Reducir en 50% las emisiones de óxidos de nitrógeno en un plazo no mayor de un año y medio. Reducir entre 10 y 15% el contenido de solventes orgánicos en esmaltes, barnices y tintas en un plazo máximo de nueve meses. Reducir en 5% el consumo de combustibles en las industrias del Valle de México con mayor consumo.

Reforestación y restauración ecológica

- El Programa "Cada Familia un Árbol", organizado por el DDF en la época de lluvias de 1990, permitió la siembra de 1 800 000 árboles. En el programa participaron familias, escuelas y grupos de vecinos, con el compromiso explícito de cuidar los árboles sembrados.

- Los gobiernos del Distrito Federal, el estado de México y el estado de Morelos han concertado un programa de reforestación urbana y rural, que tiene como meta sembrar más de 100 millones de árboles en un periodo de cuatro años. Para ello, el gobierno mexicano firmó un crédito con el Banco Interamericano de Desarrollo por un monto de 100 millones de dólares, y está en negociaciones con el gobierno japonés para ampliar la producción de plantas en el valle de México.

- Durante la época de lluvias de 1991 fueron sembrados 12.6 millones de árboles en los alrededores de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con la participación de ejidos y comunidades, empresas privadas, los gobiernos del estado de México, el estado de Morelos y el DDF. La plantación de árboles fue supervisada por los grupos ecologistas radicados en el valle de México.

Investigación, educación y comunicación social

Monitoreo e información de la calidad del aire

- A partir de mayo de 1992 se encuentran en etapa de prueba siete nuevas estaciones que ampliarán la cobertura de la Red Automá-

tica de Monitoreo Atmosférico para las cuales se invirtieron 10 500 millones de pesos. En febrero de 1992 se estableció un sistema de información pública sobre la calidad del aire, en el cual se usan pantallas gigantes ubicadas estratégicamente en las principales vialidades de la ciudad y se emplea el sistema telefónico Locatel, para que a través del número 658-11-11 se proporcione información al público cada hora.

Investigación ambiental y prueba de tecnologías y combustibles alternos

- En el laboratorio de emisiones vehiculares del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), se realizan continuamente pruebas y certificaciones de todos los equipos anticontaminantes y combustibles alternos para vehículos, que han sido propuestos o empleados en programas especiales para disminuir la contaminación producida por automotores.

- Hasta ahora se han firmado acuerdos con el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma Metropolitana para apoyar la investigación ambiental a través de más de 50 proyectos de investigación específicos.

- En colaboración con el Laboratorio Nacional de los Álamos, el Instituto Mexicano del Petróleo coordina el "Estudio Global de la Calidad del Aire", que tiene por objeto desarrollar y aplicar modelos para determinar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en el valle de México, especialmente los aspectos relativos a la formación de contaminantes de origen fotoquímico.

Difusión de temas ambientales a través de la series y mensajes de televisión

- El DDF elaboró una serie de dibujos animados denominada "Picca y Paco" con el fin de acercar a la población conceptos básicos sobre la problemática de la contaminación ambiental en el valle de México. Durante 1992, los primeros capítulos de "Picca y Paco" se han transmitido por televisión, en cobertura nacional y en horario preferencial. Asimismo, se realizó una campaña de información a inspectores y supervisores de educación preescolar,

primaria y secundaria, para difundir estas caricaturas entre profesores y alumnos.

- La campaña "Autocontrol", mediante "spots" televisivos, ha difundido el uso del auto compartido y otras actitudes sociales que contribuyen a reducir la contaminación de manera personal.

Estrategia para Prevención de Desastres, Minimización de Riesgos y Protección Civil en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

- En 1992, se sumó al Programa Integral la "Estrategia para Prevención de Desastres, Minimización de Riesgos y Protección Civil en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", la cual tiene como objetivo reducir los riesgos a la salud y el ambiente ocasionados por accidentes y catástrofes.

En esta estrategia se incluyen temas como la prevención de accidentes en el manejo y transporte de sustancias peligrosas, supervisión del sistema hidráulico y del sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos y distribución de gas.

Reconocimientos internacionales al PICCA

En reconocimiento a los esfuerzos realizados por la ciudad de México para controlar la contaminación atmosférica, se han recibido las siguientes distinciones internacionales:

Septiembre de 1990, Nueva York. Reconocimiento de la Organización de las Naciones Unidas a la ciudad de México por el liderazgo en materia de protección al ambiente

Junio de 1991, México, D.F. Premio "Tierra Unida " al presidente Carlos Salinas de Gortari, otorgado por la organización "United Earth", por acciones en beneficio del medio ambiente, entre ellas los esfuerzos para controlar la contaminación atmosférica en la ciudad de México.

Junio de 1992, Río de Janeiro, Brasil. Premio de la Organización de las Naciones Unidas al Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica, otorgado en la Cumbre de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Air and Waste Management Association (1990), *Tropospheric Ozone and the Environment*, 3.
- Babcock, Lyndon R. (1987), *Characterization of mobil diesel pollutants in the ambient air of Mexico City*, Ontario, Canadá, Air Pollution Control Association Specialty Conference: Emerging Issues, Windsor.
- Bravo A, Humberto (1987), *La contaminación del aire en México*, México, Ed. Universo XXI.
- California Air Resources Board (1992), *California's Plan To Reduce Motor Vehicle Pollution*.
- Castillejos, Margarita *et al.* (1992), *Effects on ambient ozone on respiratory function and symptoms in school children in Mexico City*, American Review of Respiratory Diseases, 145: 276-282.
- Cicero Fernández, Pablo *et al.* (1992), *Analysis of TSP, PM₁₀ and PM₁₀/TSP Ratio Distributions in Mexico City, 1988-1989: Scientific, Health, and Policy Implications*, Kansas City, Missouri, 85th Air and Waste Management Association Meeting.
- Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (1992a), *Programa de conversión a gas del transporte público y concesionado en el valle de México*.
- (1992b), *Programa de control de emisiones atmosféricas de la industria en el valle de México*, marzo.
- (1992c), *Estrategia para prevención de desastres, minimización de riesgos y protección civil en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*.
- Comisión Nacional de Ecología (1988), *Informe general de ecología*.
- (1992), *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente*.
- Congress of the United States, Office of Technology Assessment (1989), *Catching Our Breath. Next Steps for Reducing Urban Ozone*, july.
- Departamento del Distrito Federal (1990), *Programa integral del transporte*.
- DDF, Sedue, GEM (1990), *Programa integral contra la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, febrero.

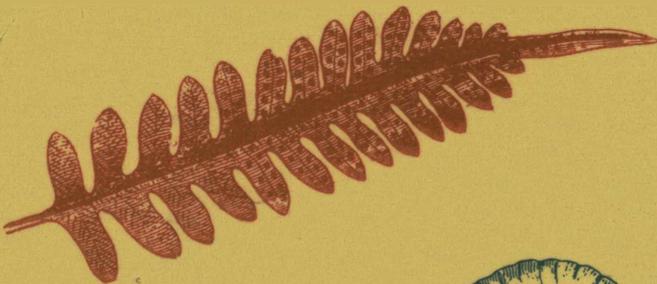
- (1991), *Programa integral contra la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, avances a septiembre.
- Finlayson-Pitts, Barbara y Pitts, James (1986), *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*, Estados Unidos, John Wiley and Sons.
- Hernández A., Mauricio *et al.* (1990), "Determinants of Blood Lead Levels in a Population of Women from Middle to Low Socioeconomic Status in Mexico City: Results of a Pilot Study", México, Dirección General de Epidemiología, SSA (manuscrito del autor).
- Kleinman, Michael T. *et al.* (1989), *Effects on human health of pollutants in the South Coast Air Basin*, California, South Coast Air Quality Management District, California State University Fullerton Foundation.
- Liman, Morton (1985), *Health Effects of Ozone, A Critical Review*. Journal of Air Pollution Control Association, 39, 5: 672-695.
- National Research Council (1991), *Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution*, Washington D.C., National Academy Press.
- Nagda, Nyren L. y Lyndon R. Babcock, *POPEX: Ranking Air Pollution Sources by Population Exposure*, Washington, EPA-600/2-76-063, USA Environmental Protection Agency.
- Sedue (1986), *Informe sobre el estado del medio ambiente en México*, marzo.
- South Coast Air Quality Management District, *Exposure Modeling for the South Coast Air Basin (REHEX Documentation)*, Draft: Air Quality Management Plan.
- (1989), *Where does it hurt?*, Los Ángeles.
- (1989), *Air Quality Trends 1976-1990*, Los Ángeles.
- Vega, Silvia *et al.* (1990), *Effects of Ambient ozone on pulmonary function in Mexico City*, American Review of Respiratory Diseases, A74.



*Centro de Estudios Demográficos
y de Desarrollo Urbano*

*Programa de Estudios Avanzados en
Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente*

EL COLEGIO DE MÉXICO



9 789681 205614

