

# Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995 - 2000



DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
Secretaría del Medio Ambiente

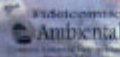


Departamento del Distrito Federal

•  
Gobierno del Estado de México

•  
Secretaría de Medio Ambiente  
Recursos Naturales y Pesca

•  
Secretaría de Salud



Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Turismo

Este programa es financiado con recursos del Fondo de Cooperación del Valle de México.

*Oscar Espinosa Villarreal*  
Jefe del Departamento del Distrito Federal

*César Camacho Quiróz*  
Gobernador Constitucional del Estado de México

*Julia Carabias Lillo*  
Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

*Juan Ramón de la Fuente Ramírez*  
Secretario de Salud

Marzo de 1996

*Fotos de la portada y cuarta de forros:*  
Michael Calderwood  
Ricardo Garibay

© Departamento del Distrito Federal; Gobierno del Estado de México;  
Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y  
Secretaría de Salud

ISBN

Impreso y hecho en México

*El Programa para mejorar  
la calidad del aire  
en el Valle de México*  
se terminó de imprimir  
en los talleres de COMISA  
el 9 de marzo de 1996

Participaron en la edición de este trabajo  
el Instituto Nacional de Ecología de la  
SEMARNAP, la Secretaría de Ecología  
del Gobierno del Estado de México y  
la Secretaría de Medio Ambiente  
del Departamento del Distrito Federal

La producción corrió a cargo de la  
Coordinación de Participación Social  
y Publicaciones del mencionado Instituto

El tiraje fue de 500 ejemplares

## CONTENIDO

<b>I. Presentación: Los motivos y los retos</b> .....	9
Un nuevo marco de políticas públicas; contexto y perspectivas.....	11
Contenido y procedimiento de análisis.....	12
<b>II. Normas de calidad del aire y salud ambiental</b> .....	17
Normas de calidad del aire .....	17
Análisis continuo microambiental .....	18
Ozono .....	19
Monóxido de carbono .....	21
Importancia ambiental de las Partículas Suspendidas (PM10) .....	23
Bióxido de azufre.....	24
Óxidos de nitrógeno .....	24
Plomo .....	25
Compuestos orgánicos volátiles y otros tóxicos .....	26
Benceno.....	26
Formaldehído.....	27
Hidrocarburos policíclicos aromáticos.....	27
Síntomatología asociada a episodios de contingencia ambiental.....	28
Efectos sobre los ecosistemas.....	41
<b>III. La calidad del aire</b> .....	45
Condiciones meteorológicas.....	46
Ozono .....	47
Hidrocarburos .....	54
Partículas.....	56
Visibilidad y partículas.....	62
Plomo .....	64
Bióxido de azufre.....	66
<b>IV. Usuarios de la Cuenca Atmosférica</b> .....	71
Balance energético de la Cuenca de la ZMVM .....	71
Inventario de emisiones.....	73
Industria.....	81
Servicios .....	82
Suelos y vegetación.....	83
Transporte.....	84
Movilidad urbana.....	88
Costos externos del automóvil.....	91
Calidad de los combustibles en México.....	97

<b>V. Antecedentes y esfuerzos institucionales en la lucha contra la contaminación atmosférica .....</b>	<b>109</b>
<b>VI. Marco conceptual.....</b>	<b>117</b>
Conceptos fundamentales .....	117
Recursos comunes ambientales, umbrales y costos .....	118
La ciudad: una nueva perspectiva.....	120
Industria, competitividad y medio ambiente .....	125
<b>VII. Propósito general.....</b>	<b>129</b>
<b>VIII. Metas .....</b>	<b>133</b>
Meta 1. <i>Industria limpia</i> : Reducción de emisiones por unidad de valor agregado en la industria y establecimientos de servicios.....	133
Meta 2. <i>Vehículos limpios</i> : Disminución de emisiones por kilómetro recorrido.....	133
Meta 3. <i>Nuevo orden urbano y transporte limpio</i> : Regulación del total de kilómetros recorridos por los vehículos automotores. ....	133
Meta 4. <i>Recuperación ecológica</i> : Abatimiento de la erosión. ....	133
<b>IX. Estrategias.....</b>	<b>137</b>
<b>X. Construcción, financiamiento y alcance del Programa.....</b>	<b>141</b>
Industria limpia.....	145
Vehículos limpios. ....	157
Nuevo orden urbano y transporte limpio. ....	175
Recuperación ecológica.....	204
<b>XI. Programa de contingencias ambientales.....</b>	<b>235</b>
<b>XII. Exploración sobre las dimensiones e implicaciones del reto de la gestión de la cuenca atmosférica.....</b>	<b>241</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>247</b>

## ***I. PRESENTACIÓN: LOS MOTIVOS Y LOS RETOS***

Hoy en día la sociedad metropolitana exige el abatimiento de la contaminación atmosférica en el Valle de México. Esta exigencia es un apremio cotidianamente reiterado en público y en privado por todos los sectores sociales, que se ve continuamente reforzado por la difusión de nueva información relativa a los efectos, que sobre la salud de la población, generan los niveles alcanzados por algunos contaminantes. Por ello, la respuesta de los gobiernos federal, estatales y locales involucrados no puede esperar y debe responder a las más altas expectativas sociales.

En este contexto, y para que los procesos vitales que mantienen el funcionamiento y generan el crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) no sigan deteriorando la calidad del aire, es necesario iniciar de inmediato un gran número de acciones eficaces y complementarias, que incluyan a todos los sectores de la sociedad, y que produzcan beneficios claros y permanentes a la población; tales acciones han quedado comprendidas en el marco del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México*.

El programa tiene como propósito general proteger la salud de la población que habita la zona metropolitana de la capital de la República, abatiendo para ello de manera gradual y permanente los niveles de contaminación atmosférica. Se fundamenta y se organiza a partir del desarrollo de un nuevo marco conceptual que aborda el problema de la contaminación atmosférica con un enfoque sistémico e integrador, y que aprovecha el conocimiento que tenemos hasta ahora de los problemas ambientales, de las tecnologías relevantes y de las experiencias propias e internacionales. Asimismo, ha sido concebido para un horizonte que de acuerdo a los estándares conocidos permita ir resolviendo, de manera realista, el complejo problema de la contaminación atmosférica desde sus causas.

Las soluciones de fondo empiezan por la inducción de un *cambio cultural* profundo y duradero que modifique de raíz nuestra relación con la ciudad y con el medio ambiente. Esto es, se trata de propiciar un cambio gradual pero progresivo en aquellos esquemas de valores y de prioridades de la gente para hacer que se correspondan con un proyecto realista de desarrollo urbano sustentable.

Esto significa que, como las soluciones propuestas no son gratuitas y la determinación de avanzar en ellas implica necesariamente que los costos inherentes a su aplicación tengan que ser de alguna manera distribuidos entre todos los sectores que contribuyen al problema, éstos últimos deberán mantener un mínimo de buena disposición para aceptar y asumir la parte que les corresponda.

No sobra decir a este propósito, que dicha distribución habrá de ajustarse a criterios que aseguren el escenario más justo posible.

Dicho lo anterior, resulta evidente que la calibración de las intensidades de aplicación de las medidas propuestas dependerá fundamentalmente del ánimo de corresponsabilidad y de la disposición al cambio de parte de la sociedad metropolitana. Esto es, la sociedad y los gobiernos federal y locales habrán de decidir conjuntamente sobre las intensidades y los tiempos de las acciones de combate a la contaminación atmosférica, en el entendido de que un problema tan serio y tan apremiante, y que se ha ido gestando paulatinamente a lo largo de décadas, nunca podrá resolverse ni en lo inmediato ni con paliativos recurrentes. Sólo en la medida en la que se logre convencer a los miembros de la sociedad metropolitana de su corresponsabilidad en la obtención de soluciones de fondo, se podrá proteger adecuadamente la salud de las generaciones actuales, y salvaguardar la de las generaciones futuras.

Las medidas adoptadas en los últimos años tendientes a frenar el deterioro de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México han generado buenos resultados: la tendencia alcista de ciertos contaminantes atmosféricos ha sido controlada (como en los casos del plomo, bióxido de azufre y monóxido de carbono) y las gasolinas mexicanas cumplen ahora con estándares internacionales. Se tiene una gasolina sin plomo y se redujo en un 92% el contenido de este elemento en la gasolina Nova; se han establecido límites máximos a los contenidos de olefinas, aromáticos, benceno y presión de vapor, lo que contribuye a que las gasolinas de la zona metropolitana sean superiores en calidad al promedio de las de Estados Unidos y de la mayoría de los países asiáticos y europeos. En cuanto al diesel y al combustóleo, el primero ha sido mejorado disminuyendo en 95% su contenido de azufre, y el segundo, ha sido reemplazado mayormente por gas natural y en menor escala por gasóleo industrial, de menor contenido de azufre.

Sin embargo, la dinámica de la contaminación atmosférica es a tal grado compleja, que su evolución nos ha ido revelando dimensiones poco exploradas e incluso desconocidas anteriormente. En este sentido, se ha observado que ciertos contaminantes han alcanzado niveles inaceptables desde cualquier punto de vista, pues los efectos que producen sobre la salud son tan preocupantes como los que provocan sobre los ecosistemas. Este es el caso de los oxidantes fotoquímicos, y en particular del ozono, dado que en los últimos años en alrededor del 90% de los días del año se alcanzan niveles que sobrepasan las normas de calidad del aire. Otro caso también serio es el de las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM10), ya que se han encontrado, a nivel internacional, correlaciones positivas y significativas entre concentraciones ambientales de partículas de la fracción respirable y la morbilidad y mortalidad de las poblaciones. La situación es grave y hay que

aceptar la amplitud y profundidad de los procesos que determinan el problema; éste se encuentra muy lejos de estar resuelto y de no confrontarlo desde sus raíces, su evolución en el tiempo puede ir acumulando cada vez mayores complicaciones.

Por ello, uno de los propósitos del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México* es enfatizar que los esfuerzos de la sociedad y de los gobiernos deben ser encauzados a partir de conceptos de mayor integración y alcance, que se reconozcan dentro de un *proyecto de ciudad* en el sentido más amplio del término; esto es, que se considere al fenómeno urbano como un sistema abierto y dinámico que incluye e interrelaciona a la calidad del medio ambiente con el funcionamiento de mercados, con procesos vitales como el transporte público y privado, con la estructura vial, con la organización espacial de la ciudad y los patrones de usos del suelo, con el estado de las tecnologías, con los sistemas de información, con los hábitos y las costumbres de la población y, en general, con la cultura urbana y las tendencias inherentes al desarrollo metropolitano.

### ***Un nuevo marco de políticas públicas: contexto y perspectivas***

El primer paso es presentar un análisis exhaustivo que fundamente y oriente el debate público que habrá de nutrir la construcción de los consensos necesarios, porque es tal la complejidad y el número de variables involucradas, que las soluciones no podrán ser alcanzadas sino al amparo de un proceso de planeación apoyado en el consenso y en una amplia participación de los sectores concurrentes.

Este análisis se fundamenta y organiza partiendo del desarrollo de un marco conceptual integrado, y explora un *espacio de políticas* que como ya se dijo, responde al conocimiento que tenemos de problemas ambientales, tecnologías y experiencias propias y ajenas.

Desde el punto de vista de su aplicación, este programa puede concebirse como un sistema de instrumentos diversos e interrelacionados, en donde la calidad y los alcances de los resultados generados dependen en buena medida de la conjunción de dos factores:

- de la selección adecuada de los instrumentos y
- de su intensidad de aplicación

El primero de los puntos anteriores exige la disponibilidad de un número significativo de opciones y la incorporación de criterios que permitan escoger las de mayor costo-efectividad. En cuanto a la programación temporal e intensidad de los instrumentos, éstas deben decidirse principalmente bajo criterios de eficiencia y viabilidad social.

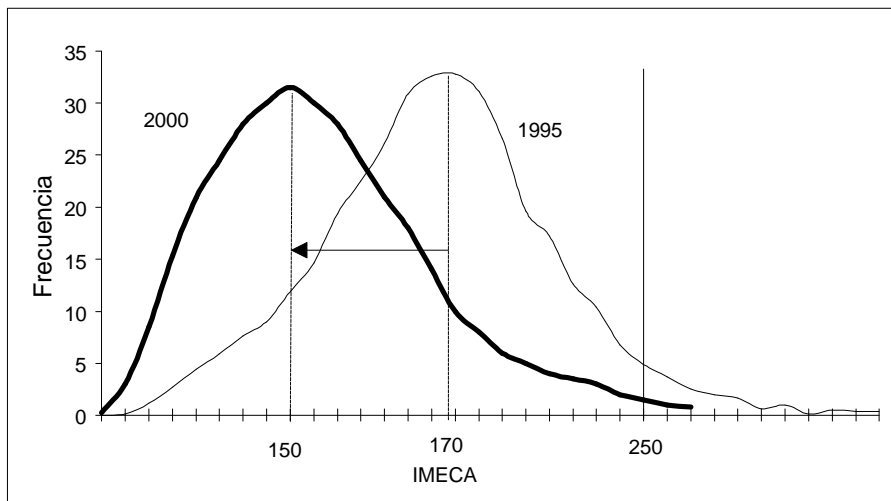


El gobierno federal y los gobiernos locales no pueden renunciar a sus responsabilidades de promover permanentemente la *acción colectiva* en problemas tan complejos como la calidad del aire, orientando la participación de los ciudadanos en acciones que produzcan un claro beneficio social. De ahí la intención de que este documento sea algo más que un marco de referencia conceptual con acciones programadas, y se convierta en un vehículo de discusión, de persuasión y de aprendizaje colectivo, y un conciliador de iniciativas en un marco lógico y ordenado de ideas.

### **Contenido y procedimiento de análisis**

El problema de largo plazo se plantea aquí en términos de cómo escoger, con criterios de costo-efectividad, una combinación de estrategias e instrumentos que reduzcan los niveles de contaminación por día y el número de contingencias por año. Ello implica desplazar la media de la distribución de probabilidad de los índices de calidad del aire hacia la izquierda. La gráfica siguiente ejemplifica el movimiento deseado:

**Distribución de frecuencias IMECA 1995-2000**



Fuente: INE, 1995, con datos de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, (RAMA) del DDF.

El reto consiste en escoger una combinación de instrumentos que minimice el costo social de lograr los objetivos planteados. Para ello se requiere de la integración de un grupo de estrategias urbano-ambientales que se refuercen y se complementen mutuamente.

El procedimiento analítico utilizado se desarrolló a partir de dos ejes rectores. Por un lado, mediante una revisión a fondo de las causas de la contaminación atmosférica, se procedió a la elaboración de una tipología de las variables consideradas y se determinaron las *metas generales* del programa. Posteriormente, se definieron tanto las estrategias adecuadas para el logro de cada una de las metas, como los instrumentos que habrían de conformarlas.

A reserva de abundar tanto en las explicaciones del objetivo general como en la de cada una de las metas, a continuación se enuncian las cuatro metas generales y sus respectivas definiciones técnicas:

- I. **Industria limpia:** *Reducción de emisiones en la industria y servicios.*
- II. **Vehículos limpios:** *Disminución de emisiones por kilómetro.*
- III. **Nuevo orden urbano y transporte limpio:** *Regulación del total de kilómetros recorridos por vehículos automotores.*
- IV. **Recuperación ecológica:** *Abatimiento de la erosión.*

Las estrategias que permitirán avanzar en el logro de cada una de las metas se fueron definiendo con base en las necesidades siguientes: nuevas tecnologías para incrementar la calidad ambiental y la eficiencia energética de los vehículos automotores y de las actividades industriales y de servicios; oferta adecuada y eficiente de transporte público, individual y colectivo; criterios ambientales para el desarrollo urbano y elaboración del ordenamiento ecológico del territorio; eficiencia y productividad urbanas; educación e información ambientales para propiciar un cambio de preferencias, conductas y actitudes, y para crear y ampliar los espacios de consenso para la aplicación de políticas públicas; participación social en las acciones de mejoramiento ambiental; incidencia directa sobre la demanda general de combustibles, de viajes y de kilómetros recorridos en vehículos automotores.

De esta manera, las estrategias propuestas son las siguientes:

1. Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria y los servicios,
2. Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores,
3. Mejoramiento y sustitución de energéticos en la industria y los servicios,
4. Mejoramiento y sustitución de energéticos automotrices,
5. Oferta amplia de transporte público seguro y eficiente,
6. Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y medio ambiente),
7. Incentivos económicos,
8. Inspección y vigilancia industrial y vehicular,
9. Información y educación ambientales y participación social.

## II. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE Y SALUD AMBIENTAL

### Normas de calidad del aire

Las normas de calidad del aire fijan valores máximos permisibles de concentración de contaminantes, con el propósito de proteger la salud de la población en general y de los grupos de mayor susceptibilidad en particular, para lo cual se incluye un margen adecuado de seguridad. En nuestro país, no existían los recursos ni la infraestructura para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, ni en animales ni en seres humanos, por lo que las normas se establecieron fundamentalmente tomando en cuenta los criterios y estándares adoptados en otros países del mundo. Las normas vigentes de calidad del aire fueron publicadas por la Secretaría de Salud en el *Diario Oficial de la Federación* en diciembre de 1994.

Actualmente se realizan en la Secretaría de Salud estudios epidemiológicos que valoran la relación dosis/respuesta entre los diferentes contaminantes y la salud de la población del Valle de México para la futura actualización de los criterios establecidos en las normas que regulan la calidad del aire.

#### Valores normados para los contaminantes

Contaminante	Valores límite		
	Exposición aguda	Exposición crónica	
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)
Ozono (O <sub>3</sub> )	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	–
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	–
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	–
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)
Partículas fracción respirable (PM10)	150 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)
Plomo (Pb)	–	–	1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio aritmético en 3 meses)

Valores publicados en el *Diario Oficial de la Federación* del 3 de diciembre de 1994.

Los contaminantes generados en el Valle de México se miden a través de procedimientos estandarizados a nivel internacional y son representativos de la calidad del aire promedio que se respira en la ciudad. Las estaciones fijas de análisis continuo, están ubicadas de acuerdo a los criterios y normas internacionales y se ubican generalmente en sitios representativos de distintas fuentes de contaminantes. El avance en la tecnología y en el conocimiento científico sobre los efectos de la contaminación en la salud, marca una tendencia a equipar las estaciones de análisis continuo con sensores remotos de largo alcance y con instrumentos de medición de compuestos tóxicos, así como a complementar la información obtenida con datos del análisis microambiental.

### **Análisis Continuo Microambiental**

La exposición de los habitantes de la ciudad a los contaminantes no es siempre igual a la concentración medida en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). Este hecho es particularmente notorio con los contaminantes que presentan un fuerte gradiente de concentración espacial, como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y el plomo. En México, los estudios de exposición real a contaminantes se encuentran poco desarrollados sin que a la fecha se cuente con un acervo significativo de información al respecto.

Para que exista un efecto en la salud de un individuo, éste debe estar expuesto al contaminante, es decir, entrar en contacto físico con él. El patrón de exposición de una persona a un contaminante depende de tres factores principales:

- el tiempo que la persona pasa en diferentes microambientes como la casa, la oficina, la escuela, el automóvil, el autobús o caminando por alguna calle congestionada;
- la concentración de contaminantes presente en cada uno de estos microambientes; y
- la tasa ventilatoria de la persona, que es determinada por el tipo de actividad que realiza (dormir, caminar, hacer ejercicio intenso, etc.).

Estudios recientes realizados en los Estados Unidos han comprobado que aún en situaciones en las que se satisfaga la norma de calidad del aire en estaciones de análisis continuo, un número considerable de habitantes puede experimentar niveles de exposición que están por arriba de la norma<sup>1</sup>. Por este motivo, resulta indispensable complementar las mediciones rutinarias ambientales con mediciones

---

<sup>1</sup>Hartwell, T. D.; Clayton, C. A.; Michie, R. M.; Whitmore, R.W.; Zelon, H. S.; Whitehurst, D. A. y Akland, G. G., (1984). *Study of Carbon Monoxide Exposures of Residents of Washington, D.C.* Presentado en la 77th APCA Annual Meeting, San Francisco, CA.  
Johnson, T., (1984). *A Study of Personal Exposure to Carbon Monoxide in Denver, Colorado.* Presentado en la 77th APCA Annual Meeting, San Francisco, CA.

pensable complementar las mediciones rutinarias ambientales con mediciones realizadas en diferentes microambientes intra y extramuros. Por lo tanto, un análisis formal del riesgo por exposición a los contaminantes atmosféricos debe combinar esta información microambiental con información sobre los patrones de actividad de diferentes grupos de personas. Sólo de esta forma se podrán estimar los porcentajes de la población que se encuentra expuesta a concentraciones por arriba de la norma de calidad del aire. En la Zona Metropolitana del Valle de México es probable que se presente esta situación para el caso del monóxido de carbono y el bióxido de nitrógeno que, conforme a la información derivada de la RAMA, no representan un riesgo significativo para la salud. Sin embargo, existen evidencias de una exposición a niveles de contaminación superiores en la vía pública y en los diferentes medios de transporte<sup>2</sup>.

A continuación se describen algunas consideraciones sobre los contaminantes de mayor interés en la ZMVM; finalmente se expone un sumario de los efectos de la contaminación en la naturaleza.

## Ozono

Resultados de numerosos estudios indican que la exposición a ozono puede ocasionar inflamación pulmonar, depresión del sistema inmunológico frente a infecciones pulmonares, cambios agudos en la función, estructura y metabolismo pulmonar, y efectos sistémicos en órganos blancos distantes al pulmón, como por ejemplo el hígado<sup>3</sup>. Las investigaciones toxicológicas con animales son sumamente útiles pues permiten conocer el espectro completo de los efectos y condiciones de exposición que no pueden investigarse en seres humanos. La mayoría de los expertos acepta una extrapolación cualitativa entre animales y humanos, o sea que los efectos que causa el ozono en animales pueden presentarse en humanos bajo ciertas condiciones de exposición (dependiendo de la concentración, duración y actividad física realizada). Sin embargo, hay mucho menos consenso con relación a las extrapolaciones cuantitativas (e.g., los niveles de exposición en los que los efectos observados en animales también aparecen en humanos).

Los estudios de exposición en seres humanos se realizan utilizando concentraciones fijas de ozono bajo condiciones cuidadosamente controladas. El propósito fundamental de este tipo de estudios es obtener datos sobre la respuesta a cierto nivel de exposición. Los efectos pulmonares observados en seres huma-

---

<sup>2</sup> Fernández-Bremauntz, A., (1993). *Comuters' Exposure to Carbon Monoxide in the Metropolitan Area of Mexico City*. Tesis de Doctorado. Universidad de Londres.

<sup>3</sup> Office of Research & Development, (1993). *Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

nos saludables expuestos a concentraciones urbanas típicas de ozono consisten en un decremento de la capacidad inspiratoria, una broncoconstricción moderada y síntomas subjetivos de tos y dolor al inspirar prolongadamente. La reducción de la capacidad inspiratoria da como resultado una reducción en la capacidad vital forzada (CVF) y en la capacidad pulmonar total (CPT), y en combinación con la broncoconstricción contribuye a una reducción en el volumen expiratorio forzado en un segundo ( $VEF_1$ ).

En los últimos ocho años se ha publicado un considerable número de artículos informando sobre los efectos en la salud causados por ozono y otros oxidantes fotoquímicos a niveles muy cercanos a la norma actual de calidad del aire (0.11 ppm en 1 hora de exposición cada tres años). Algunos de los estudios recientes en los que se expone a individuos por períodos de 1 a 2 horas<sup>4</sup> indican que pueden presentarse decrementos en la función pulmonar de niños y adultos jóvenes cuando se exponen a concentraciones de 0.12 a 0.16 ppm, mientras llegan a cabo diferentes niveles de ejercicio.

Otros estudios sobre exposición prolongada (de hasta 7 horas) a concentraciones bajas de ozono en el intervalo de 0.08 a 0.12 ppm, indican que existe un decremento progresivo de la función pulmonar, así como un incremento en los síntomas respiratorios en situaciones de ejercicio moderado<sup>5</sup>.

Desde una perspectiva de análisis de riesgo, el hecho de que en la ZMVM se rebasa prácticamente todos los días del año la norma de ozono y que estas excedencias a la norma ocurren en toda la zona urbana, nos permite afirmar que el 100% de la población de la ciudad se ve expuesta con frecuencia y por períodos de una o más horas, a concentraciones de ozono superiores a 0.11 ppm (norma actual). Adicionalmente, un porcentaje importante de la población (aquellos que trabajan o se ejercitan al aire libre, y quienes viven en la zona suroeste de la ciudad) se ve expuesto con frecuencia a concentraciones de por lo menos dos veces la norma actual. Con estos niveles de exposición, aun los individuos adultos sanos experimentan efectos como irritación severa de las mucosas, resequead y cefaleas. En individuos asmáticos y con otros padecimien-

---

<sup>4</sup> Avol, E. L.; Linn, W. S.; Shamoo, D. A.; Spier, C. E.; Valencia, L. M.; Venet, T. G.; Trim, S. C.; Hackney, J. D., (1987). "Short-Term Respiratory Effects of Photochemical Oxidant Exposure in Exercising Children." *JAPCA* 37:158-162.

Linn, W. S.; Avol, E. L.; Shamoo, D. A.; Spier, C. E.; Valencia, L. M.; Venet, T. G.; Fisher, D. A.; Hackney, J. D., (1986). "A Dose-Response Study of Healthy, Heavily Exercising Men Exposed to Ozone at Concentrations near the Ambient Air Quality Standard." *Toxicol. Ind. Health* 2:99-112.

<sup>5</sup> Folinsbee, L. J. McDonnell, W. F.; Horstman, D. H., (1988). "Pulmonary Function and Symptom Responses after 6.6-hour Exposure to 0.12 ppm Ozone with Moderate Exercise." *JAPCA* 38:28-35.  
Horstman, D. H.; McDonnell, W. F.; Abdul-Salaam, S.; Folinsbee, L. J.; Ives, P. J., (1988). *Current USEPA Research Concerning more Prolonged Human Exposures to Low Ozone Concentrations*. Presentado en la 81<sup>st</sup> Annual Meeting of the Air Pollution Control Association; junio; Dallas, TX., Paper no. 88-122.5.

tos respiratorios se puede presentar una disminución significativa de la capacidad pulmonar y otros padecimientos como los descritos al principio de esta sección.

### Monóxido de carbono

Debido al fuerte gradiente espacial que presenta este contaminante, las concentraciones encontradas en microambientes como en las banquetas de calles con intenso tránsito vehicular<sup>6</sup> y en el interior de vehículos privados y públicos<sup>7</sup> son mucho mayores que las concentraciones medidas simultáneamente en las estaciones fijas de análisis continuo. Esto significa que, a pesar de que no se exceda la norma a nivel de la estación, puede haber un número considerable de personas que se vean expuestas a niveles peligrosos de este contaminante, tal como se comprobó en dos estudios extensos realizados por la USEPA en las ciudades de Denver y Washington, D.C.<sup>8</sup>

Es importante mencionar que luego de revisar la información científica disponible, la USEPA ratificó en 1992, como norma de calidad del aire para monóxido de carbono, un valor de 9 ppm para un promedio móvil de 8 horas<sup>9</sup>. En un individuo promedio este nivel de exposición se traduce en niveles de carboxihemoglobina (COHb) cercanos al 2%. Estudios de laboratorio han demostrado efectos deletéreos (reducción del tiempo en el que se presenta ataque de angina) en sujetos enfermos de la arteria coronaria a niveles de COHb de 2% y 2.9%<sup>10, 11</sup>. Estos hallazgos sugieren que convendría revisar el estándar recientemente adoptado en México (11 ppm para 8 horas).

---

<sup>6</sup> Fernández-Bremauntz, A. A.; Ashmore, M. R.; y Merritt, J. Q., (1993). "A Survey of Street Sellers' exposure to Carbon Monoxide in Mexico City." *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, volume 3, supplement 1., pp. 23-35.

<sup>7</sup> Fernández-Bremauntz, A. A. y Ashmore, M. R., (1994). "Exposure of Commuters to CO in Mexico City. I. Measurement of In-Vehicle Concentrations." Revisado y aceptado para su publicación en *Atmospheric Environment*.

<sup>8</sup> Akland, G. G.; Hartwell, T. D.; Johnson, T. R. y Whitmore, R. W., (1985). "Measuring Human Exposure to Carbon Monoxide in Washington D.C. and Denver, Colorado", durante el invierno de 1982-1983. *Environ. Sci. Technol.* 19:911-918.

<sup>9</sup> US EPA, (1992). *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide*. Research Triangle Park N.C. Office of Health and Environmental Assessment. Environmental Criteria and Assessment Office. United States Environmental Protection Agency.

<sup>10</sup> Anderson, E.; Andelman, R.; Strauch, J.; Fortuin, N.; Knelson, J., (1973). "Effect of Low Level Carbon Monoxide Exposure on Onset and Duration of Angina Pectoris: A Study on 10 Patients with Ischemic Heart Disease." *Ann. Intern. Med.* 79:46-50.

<sup>11</sup> Allred, E. N.; Bleecker, E. R.; Chaitman, B. R.; Dahms, T. E.; Gottlieb, S.O.; Hackney, J. D.; Pagano, M.; Selvester, R. H.; Walden, S. M.; y Warren, J., (1989) "Short-Term Effects of Carbon Monoxide Exposure on the Exercise Performance of Subjects With Coronary Artery Disease." *N. Engl. J. Med.* 321:1426-1432.

## Importancia ambiental de las Partículas Suspendidas (PM10)

Las partículas pueden tener un origen natural o bien formarse por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Estas últimas pueden estar constituidas por sulfatos y nitratos (y sus ácidos correspondientes), o por carbón orgánico. Por ejemplo, estudios realizados en Ciudad Universitaria en 1992, mostraron que durante el día, muestras de aerosoles de diámetro menor a 2.5 micras, tenían un contenido de 15% de sulfatos, 16% de nitratos, 20% de carbono orgánico y un 49% de otros compuestos. También existen partículas y aerosoles en estado líquido, que contienen compuestos orgánicos<sup>12</sup>.

El origen de los aerosoles y partículas puede deberse a la emisión de polvos, gases y vapores provenientes de vehículos automotores y fábricas; asimismo, se pueden formar en la atmósfera a partir de gases y vapores producidos por alguno de los siguientes procesos: reacciones químicas entre contaminantes gaseosos; reacciones químicas entre contaminantes gaseosos en la superficie de partículas ya existentes; aglomeración de aerosoles; o reacciones fotoquímicas en las que intervienen compuestos orgánicos.

La exposición a las partículas suspendidas puede causar reducción en las funciones pulmonares, lo cual contribuye a aumentar la frecuencia de las enfermedades respiratorias. En concentraciones muy elevadas, ciertas partículas (como el asbesto) puede provocar cáncer de pulmón y muerte prematura.

En específico, las partículas pueden tener cualquiera de los siguientes efectos:

- Consecuencias tóxicas debido a sus inherentes características físicas, químicas o ambas.
- Interferir con uno o más mecanismos del aparato respiratorio.
- Actuar como vehículo de una sustancia tóxica absorbida o adherida a su superficie.

Las partículas en conjunción con el bióxido de azufre provocan respiración agitada, disminución del volumen de las vías respiratorias, dificultad para respirar e irritación en las vías respiratorias, de leve a severa. Adicionalmente, las partículas muestran efectos sobre la visibilidad, sobre todo las menores a 2.5 micras, dado que interfieren con la luz visible. La disminución de la visibilidad se debe a la dispersión y absorción de la luz por los aerosoles o partículas.

---

<sup>12</sup> Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, (1993). *Partículas suspendidas, situación actual en la Zona Metropolitana del Valle de México*. México, D.F.



Las partículas suspendidas menores a 10 micras de diámetro aerodinámico pueden ser inhaladas y llegar a los pulmones, causando daños a la salud. Actualmente, se considera que este tipo de partículas son un mejor indicador de la calidad del aire que las partículas suspendidas totales, que anteriormente se utilizaban como contaminante criterio. Actualmente, la norma de calidad del aire para PM10 adoptada en México y en los Estados Unidos es de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La exposición a PM10 ha generado una creciente preocupación en los últimos años, pues día a día aparecen estudios que demuestran una asociación significativa entre la concentración ambiental de partículas de la fracción respirable y la mortalidad y morbilidad de las poblaciones. En forma sorprendentemente consistente, a través de muchos estudios se ha encontrado un 3% de incremento en la mortalidad normal diaria por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en PM10 a partir del valor de la norma, siendo la asociación más significativa con cánceres cardiopulmonares y de pulmón. Es de especial preocupación el hecho de que no parece existir una concentración mínima en la cual ya no se detecten impactos en la salud.

Tomando en cuenta las concentraciones de PM10 que se presentan cotidianamente en la ZMVM se puede concluir que más de la mitad de la población de la ciudad se ve expuesta diariamente a concentraciones superiores a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (norma actual), y que un número considerable de individuos están expuestos a concentraciones mucho mayores. A pesar de que no existen estudios completos realizados en México, los datos arriba mencionados nos sugieren que la contaminación por partículas suspendidas debe contribuir de manera significativa a la incidencia de enfermedades respiratorias así como a un incremento en la mortalidad por encima de los niveles atribuibles a otros factores.

### **Bióxido de azufre**

El bióxido de azufre, que puede ser oxidado en la atmósfera a trióxido de azufre, se genera tanto en fuentes naturales como en la combustión de materiales, principalmente combustibles fósiles, que contienen azufre. Los óxidos de azufre son solubles en agua y al hidratarse dan lugar a la formación de ácidos sumamente agresivos. Aquéllos se hidratan con la humedad de las mucosas conjuntival y respiratoria y constituyen un riesgo por producir irritación e inflamación aguda o crónica y suelen adsorberse en las partículas suspendidas, lo que da lugar a un riesgo superior, puesto que su acción conjunta es sinérgica<sup>13</sup>.

La magnitud de la respuesta de un individuo asmático es típicamente la broncoconstricción, misma que es variable y diferente para cada persona; aunque dicha respuesta es inducida por la exposición a cualquier concentración de bi-

---

<sup>13</sup> NOM-022-SSA1-1993, D.O.F., viernes 23 de diciembre de 1994.

óxido de azufre, la realización de una actividad moderada a exposiciones de 0.4 a 0.5 ppm o mayores, implica un riesgo importante para la salud de la persona; puede que sea necesario no sólo detener su actividad, sino recibir atención médica<sup>14</sup>.

La combinación del bióxido de azufre con partículas suspendidas, en condiciones favorables para su acumulación y oxidación (la presencia de metales en las partículas cataliza la oxidación), ha sido la responsable de episodios poblacionales, así como del incremento de la morbilidad y la mortalidad en enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias.

Los óxidos de azufre penetran en los pulmones y se convierten en un agente irritante del tracto respiratorio inferior, cuando se adsorben en la superficie de las partículas respirables que se inhalan o al disolverse en las gotas de agua que penetran por la misma vía<sup>15</sup>. Tanto la adsorción como la conversión a sulfato tienen lugar en la atmósfera. Los aerosoles sulfatados son agentes irritantes de tres a cuatro veces más potentes que el bióxido de azufre. Estas pequeñas partículas penetran hasta los pulmones, donde se depositan y, si el bióxido de azufre no está ya en forma de sulfato, el ambiente húmedo de los pulmones proporciona las condiciones apropiadas para su oxidación.

Los sulfatos constituyen un peligro serio para la salud, habiéndose demostrado que concentraciones muy bajas de sulfatos (de 8 a 10 microgramos por metro cúbico) ejercen efectos adversos sobre los asmáticos, los ancianos y otras personas susceptibles con problemas respiratorios crónicos.

### **Óxidos de nitrógeno**

El monóxido y el bióxido de nitrógeno son potencialmente dañinos para la salud humana, estimándose que el bióxido es aproximadamente 4 veces más tóxico que el monóxido. A la concentración que se encuentra en la atmósfera el óxido nítrico no es irritante y no se le considera como un peligro para la salud<sup>16</sup>, sin embargo, al oxidarse se convierte en bióxido de nitrógeno que sí representa un riesgo para la salud. El óxido nítrico se deriva de los procesos de combustión; es un contaminante primario y juega un doble papel en materia ambiental, ya que se le reconocen efectos potencialmente dañinos de manera directa, al mismo tiempo que es uno de los precursores del ozono y otros oxidantes fotoquímicos.

---

<sup>14</sup> EPA, (1986). *Second Addendum to Air Quality Criteria for Particulate Matter and Sulfur Oxides (1982)*, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.

<sup>15</sup> Stoker, H. S. y Seager L. S., (1981) *Química Ambiental*, Ed. Blume, Barcelona, España.

<sup>16</sup> *Ibid.*

La acumulación de bióxido de nitrógeno en el cuerpo humano constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que se ha comprobado que puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, como sucede con las células polimorfonucleares, macrófagos alveolares y los linfocitos, siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica<sup>17</sup>.

La mayor parte de la información disponible en cuanto a pruebas con concentraciones reducidas, procede de estudios de laboratorio con personas voluntarias, y con animales cuando se trata de concentraciones elevadas. El aumento de las dosis desemboca en una secuencia de efectos: problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos, edema pulmonar (acumulación de fluido) y, finalmente, la muerte.

## Plomo

El plomo es uno de los metales pesados más difusamente distribuidos en toda la superficie de la tierra y, por consecuencia, el riesgo de exposición de la población en general es muy variado. La forma química del plomo es un factor importante que afecta el comportamiento biológico en el cuerpo humano; los compuestos de plomo orgánico son absorbidos rápidamente a través de la piel o las membranas mucosas; los compuestos de plomo inorgánico son absorbidos primariamente a través de los tractos gastrointestinal y respiratorio<sup>18</sup>.

Su utilización en forma de compuestos orgánicos, como tetraetilo de plomo en la gasolina, ha propiciado su difusión en la atmósfera. El plomo puede ingresar al organismo por vía digestiva, riesgo más frecuente por la ubicuidad de sus aplicaciones, o bien por vía respiratoria, riesgo menos frecuente pero más directo: de la primera vía se absorbe el 10%, de la respiratoria se puede absorber hasta el 40%<sup>19</sup>.

El plomo da lugar a intoxicación aguda o bien se acumula de manera permanente en dientes, huesos y sistema hematopoyético. Se le asocia a alteraciones en el desarrollo del sistema nervioso central, así como a fenómenos de interferencia con los mecanismos de defensa del organismo donde participe el sistema retículo endotelial.

Normalmente el plomo de la corriente sanguínea se almacena en los huesos o es excretado con la orina; estos mecanismos evitan la acumulación en grandes cantidades en tejidos blandos y en los fluidos somáticos. La vida media del plomo en los huesos del ser humano se estima entre 2 y 3 años; el plomo acumulado en los hue-

---

<sup>17</sup> NOM-023-SSA1-1993, D.O.F., viernes 23 de diciembre de 1994.

<sup>18</sup> Stoker, H. S. y Seager L. S., *op.cit.*

<sup>19</sup> NOM-026-SSA1-1993, D.O.F., viernes 23 de diciembre de 1994.

Los puede movilizar cuando la persona está sujeta a enfermedades febriles, como consecuencia de tratamientos con cortisona y también a causa de la vejez, desplazándose a otras partes del cuerpo, mucho tiempo después de la absorción inicial. El primer síntoma de envenenamiento por plomo es la anemia.

## Compuestos orgánicos volátiles y otros tóxicos

Además de su función como precursores de la formación de ozono y otros oxidantes, los compuestos orgánicos volátiles (COV) son motivo de especial preocupación debido a su alta toxicidad en los seres humanos. En México, aún no se implanta un programa continuo y de amplia cobertura de análisis atmosférico de COV, ni tampoco se ha establecido una norma de calidad del aire para estos compuestos. En los Estados Unidos, a pesar de que se realizan mediciones de COV en muchas ciudades, no constituyen por sí mismos un parámetro de calidad del aire, debido a la diversidad de sus especies, de sus propiedades tóxicas y de su alta reactividad. A pesar de las dificultades para el establecimiento de normas para COV, algunos de estos tóxicos como el benceno, el formaldehído, el acetaldehído o el 1,3-butadieno deberían analizarse periódicamente para identificar y prevenir problemas potenciales de salud ambiental.

## Benceno

El benceno es un compuesto clasificado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer como carcinógeno del Grupo 1, lo que significa que existe suficiente evidencia científica para probar una relación positiva entre la exposición al tóxico y el desarrollo de cáncer. Más específicamente, se ha encontrado que los trabajadores expuestos al benceno tienen una mayor probabilidad de desarrollar leucemia aguda que la población en general. Asimismo, se sabe que el benceno tiene efectos hematológicos, inmunológicos y sobre el sistema nervioso central.

En estudios de exposición realizados en Los Angeles se encontró que la principal fuente de exposición al benceno es el cigarro (39%) y la principal fuente de benceno en la atmósfera son las emisiones de los vehículos automotores (82%), así como las pérdidas evaporativas de hidrocarburos durante el manejo, distribución, almacenamiento y abastecimiento de gasolina<sup>20</sup>. A pesar de que el contenido de benceno en la gasolina en México es relativamente bajo (menos del 2%), debido a su toxicidad y al alto consumo de combustible en la ZMVM, es necesario aumentar las estaciones de medición y realizar estudios de exposición para poder

---

<sup>20</sup> Wallace, L., (1990). "Major Sources of Exposure to Benzene and other Volatile Organic Chemicals", *Risk Analysis*, vol. 10; no. 1; 59-159.

llevar a cabo un análisis de riesgo que indique el porcentaje de la población que se encuentra expuesta a niveles inaceptables de este hidrocarburo.

## Formaldehído

El formaldehído puede ser emitido por vehículos automotores o ser producido por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Las emisiones de formaldehído de origen vehicular se incrementan con el uso de gasolinas oxigenadas. La presencia de formaldehído en la atmósfera de la ZMVM fue detectada en estudios del Centro de Ciencias de la Atmósfera en 1990 y en las campañas de muestreo de la RAMA y del Estudio Global de la Calidad del Aire, coordinados por el Instituto Mexicano del Petróleo<sup>21</sup>.

Está bien documentado el hecho de que el formaldehído ocasiona irritación ocular y olfatoria, irritación de las membranas mucosas, tos, náusea, y alteraciones en la respiración<sup>22</sup>. El formaldehído ha sido asociado con cáncer nasal y nasofaríngeo, principalmente en ambientes ocupacionales. La exposición al formaldehído debe reducirse no sólo por su probable efecto carcinógeno, sino también por su potencial para causar daño tisular. Algunos estudios epidemiológicos recientes sobre el formaldehído sugieren que el umbral para daño tisular es  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo es muy difícil hacer una evaluación de riesgo formal del efecto como carcinógeno debido al limitado número de datos disponibles actualmente<sup>23</sup>.

## Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA)

Los HPA son un grupo de compuestos químicos que se forman durante la combustión incompleta de madera y combustible fósil. Las concentraciones de estos compuestos pueden ser bastante altas en las emisiones de los vehículos que usan diesel. Uno de los HPA más conocidos es el benzo-a-pireno. Estos compuestos pueden ser absorbidos en el intestino y los pulmones.

Existe bastante evidencia experimental que indica que los HPA son mutagénicos y carcinogénicos. Estudios específicos indican un riesgo mayor de desarrollar cáncer en personas ocupacionalmente expuestas a los HPA. Más específicamente, se ha

---

<sup>21</sup> IMP, (1994). *Mexico City Air Quality Research Initiative*. Vol. IV: Characterization and Measurement. Estudio Global de la Calidad del Aire. Instituto Mexicano del Petróleo. México.

<sup>22</sup> WHO, (1989). *Formaldehyde*. Environmental Health Criteria No. 89. World Health Organization, Geneva.

<sup>23</sup> Romieu, I., (1992). "Epidemiological Studies of Health Effects of Air Pollution due to Motor Vehicles" en: Mage, D. y Zali, O. (eds.) *Motor Vehicle Air Pollution. Public Health Impact and Control Measures*. World Health Organization. Geneva.

encontrado que individuos que trabajan como conductores de camiones o mensajeros tienen un riesgo significativamente mayor de contraer cáncer de vejiga<sup>24</sup>.

Se puede concluir que a pesar de que se cuenta con un sistema de análisis continuo adecuado para los contaminantes que tradicionalmente se miden en un centro urbano, es recomendable llevar a cabo un seguimiento de las concentraciones de algunos tóxicos aun no incluidos entre los contaminantes tradicionalmente analizados en la ZMVM.

### **Sintomatología asociada a episodios de contingencia ambiental**

La Secretaría de Salud, a través de su sistema de vigilancia epidemiológica, analizó un total de 81 episodios de contingencia ambiental ocurridos entre 1992 y 1994, en situaciones en las que se sobrepasaron los 250 puntos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). La zona más afectada fue la suroeste con 58 episodios; le siguen la noreste con 12, la zona centro con 7, la sureste con 3 y la noroeste con un episodio.

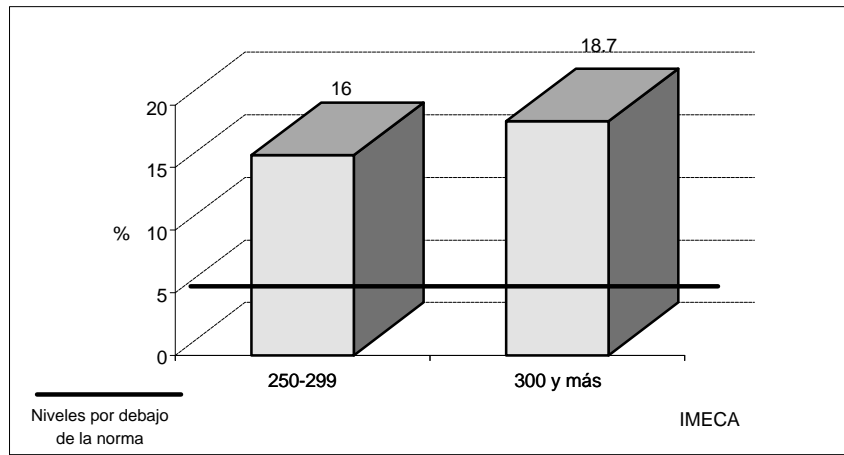
Los síntomas que presenta la salud de la población guardan una clara correlación positiva con el aumento en el nivel del índice IMECA. Los síntomas comúnmente observados son: disnea (dificultad para respirar), cefalea, conjuntivitis, irritación de las mucosas respiratorias y tos productiva. A continuación se presenta una serie de gráficas elaboradas con información de la Secretaría de Salud, en donde se ilustra el porcentaje de la población de la Zona Metropolitana del Valle de México que presenta la sintomatología indicada según el caso.

En las primeras seis gráficas se aprecia el porcentaje de población que mostró la sintomatología correspondiente (cefalea, conjuntivitis, tos productiva, disnea, odinofagia y disfonía) cuando los niveles de contaminación se localizaban entre los 250 y 299 puntos IMECA, y cuando éstos alcanzan o sobrepasaban los 300 puntos. La línea horizontal señala, para cada caso, el porcentaje basal de la población que presenta los mismos síntomas, en cualquier día del año, cuando el IMECA se encuentra por abajo de los 100 puntos.

---

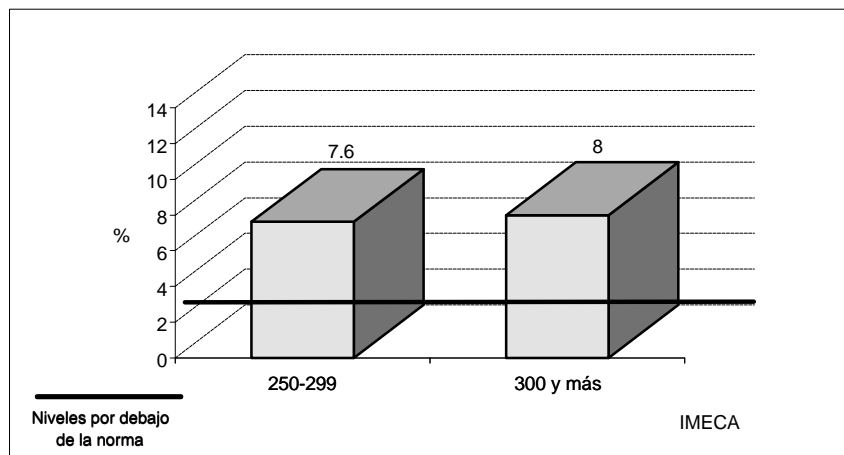
<sup>24</sup> Silverman, D.T. *et al.*, (1986). *Motor-exhaust-Related Occupation and Bladder Cancer*. *Cancer Research*, 46Ñ2113-2116.

**Población afectada por *cefalea* según niveles IMECA**



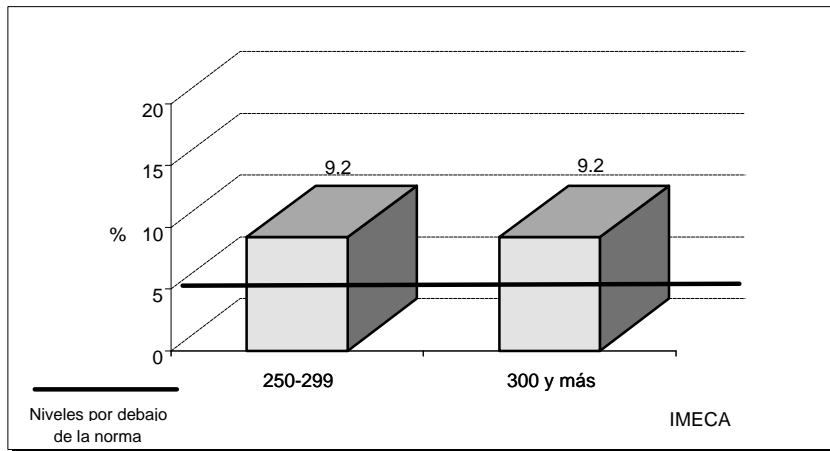
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *conjuntivitis* según niveles IMECA**



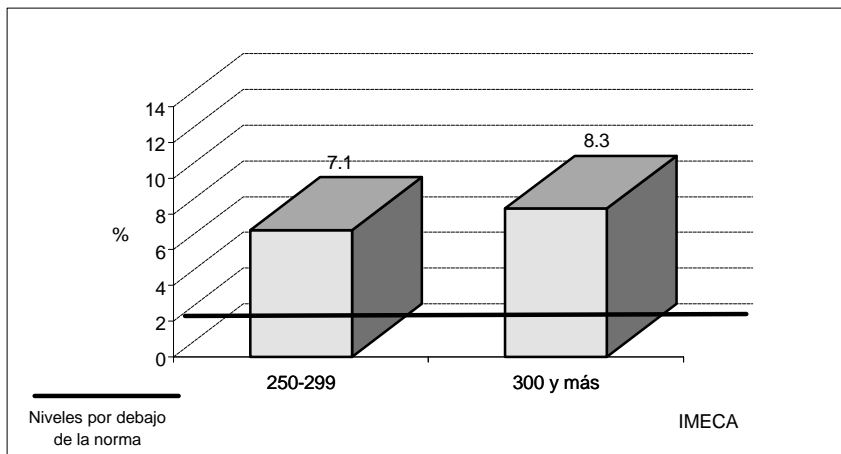
Fuente: Secretaría de Salud.

### Población afectada por tos productiva según niveles IMECA



Fuente: Secretaría de Salud.

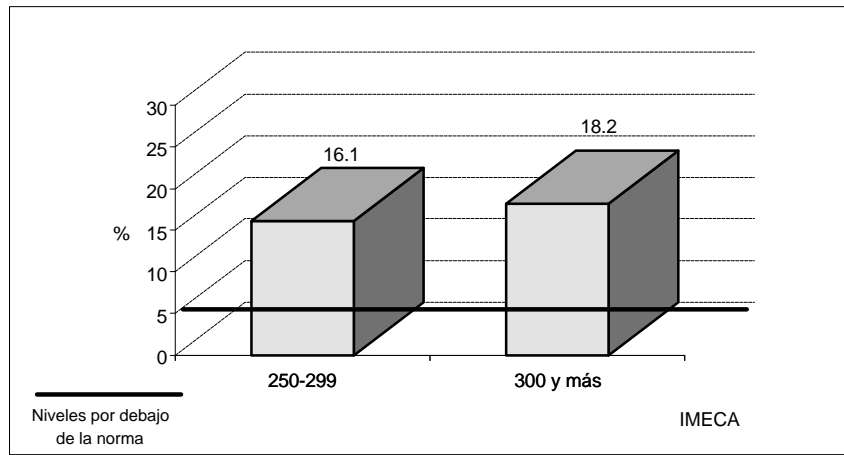
### Población afectada por disnea según niveles IMECA



Fuente: Secretaría de Salud.

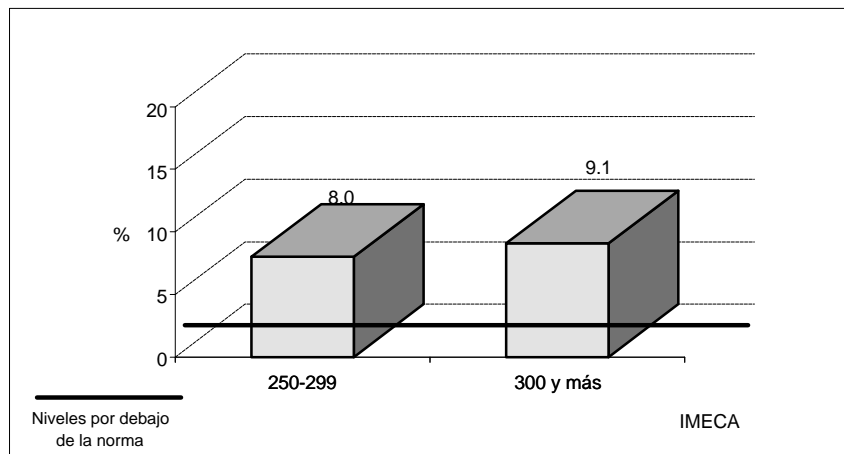


**Población afectada por *odinofagia* según niveles IMECA**



Fuente: Secretaría de Salud.

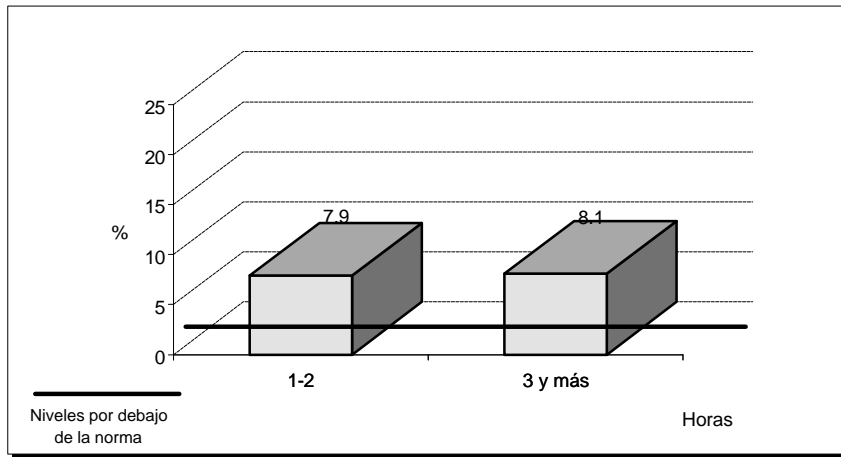
**Población afectada por *disfonía* según niveles IMECA**



Fuente: Secretaría de Salud.

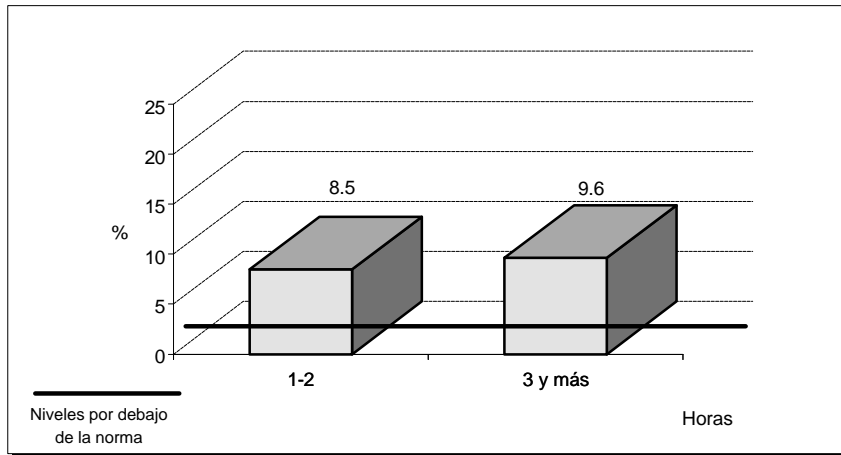
Un factor importante que se encontró respecto a la frecuencia con que ocurre la sintomatología es la duración de la contingencia, efecto que puede observarse en las gráficas que se presentan a continuación. Los porcentajes de la población afectada han sido calculados para los casos en que la contingencia dura de una a dos horas, y cuando ésta dura tres horas o más.

**Población afectada por *dísnea* según la duración del episodio de contingencias**



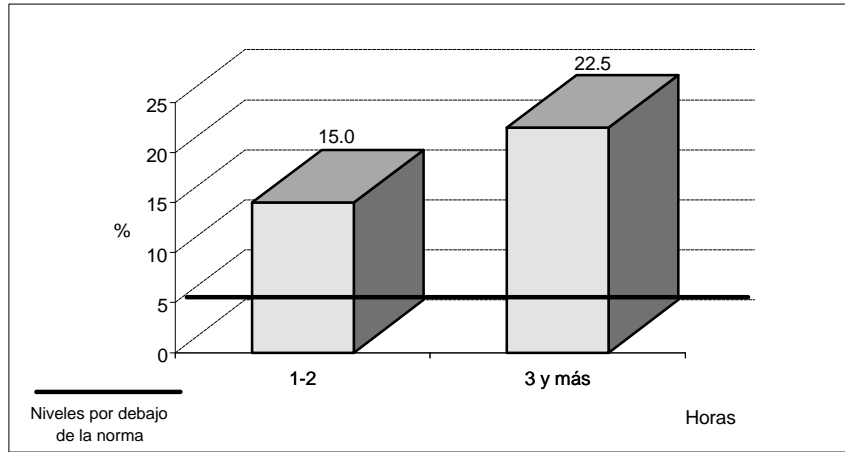
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *odinofagia* según la duración del episodio de contingencias**



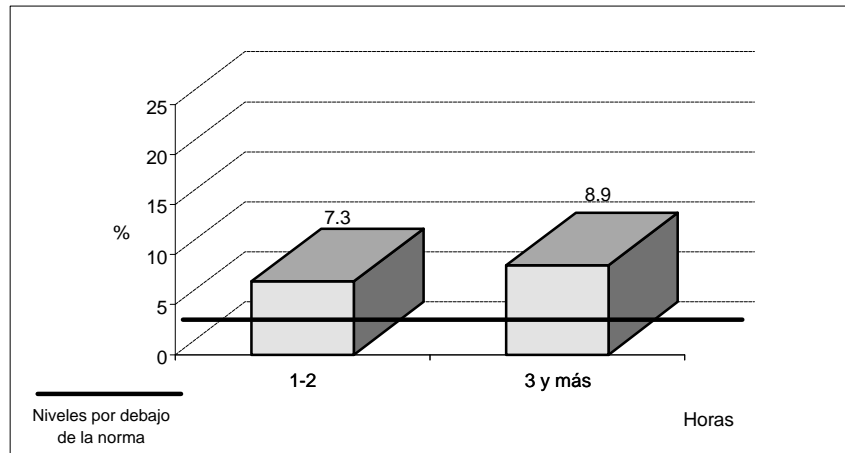
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *cefalea* según la duración del episodio de contingencias**



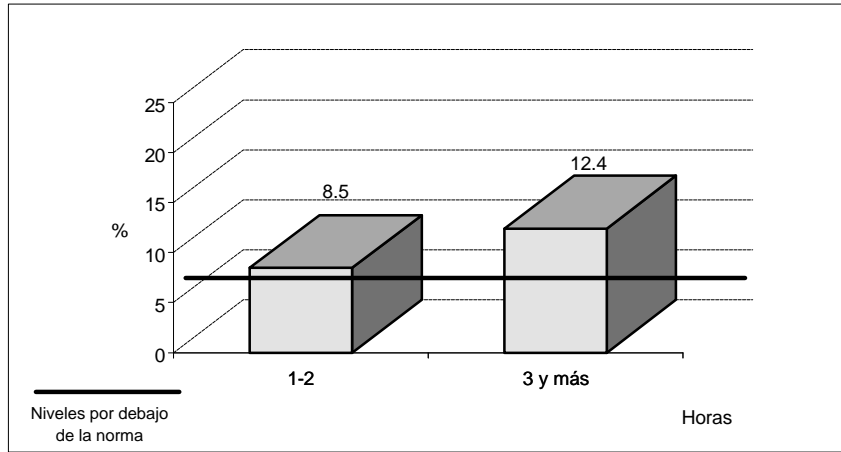
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *conjuntivitis* según la duración del episodio de contingencias**



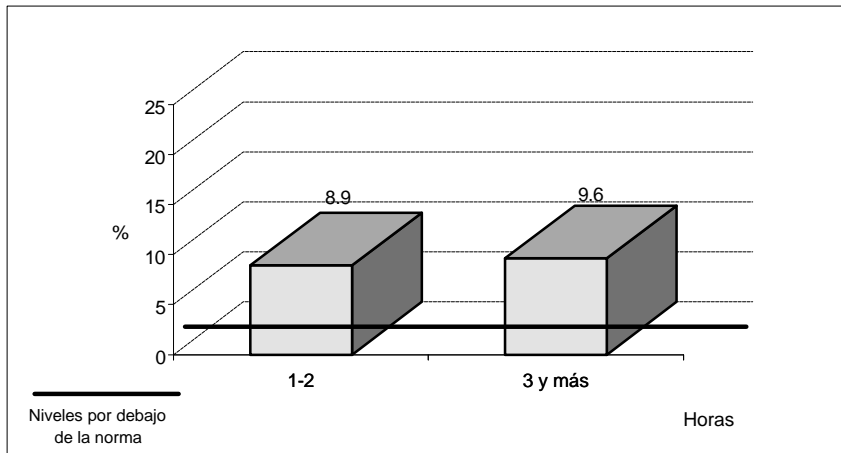
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por tos productiva según la duración del episodio de contingencias**



Fuente: Secretaría de Salud.

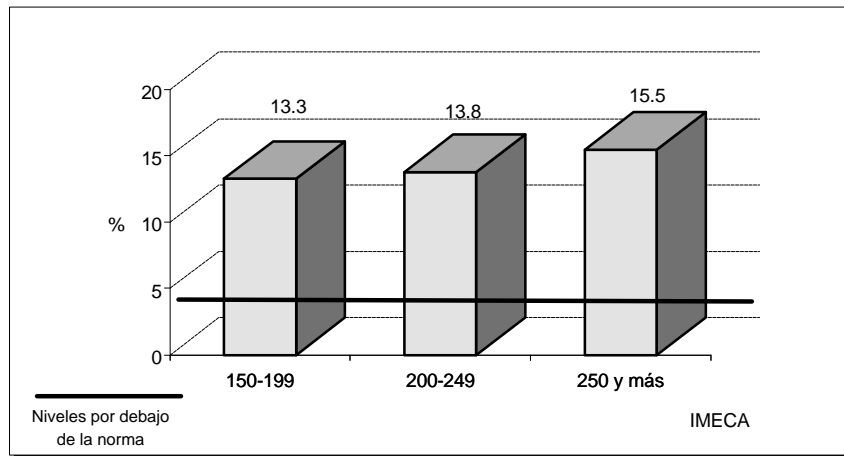
**Población afectada por disfonía según la duración del episodio de contingencias**



Fuente: Secretaría de Salud.

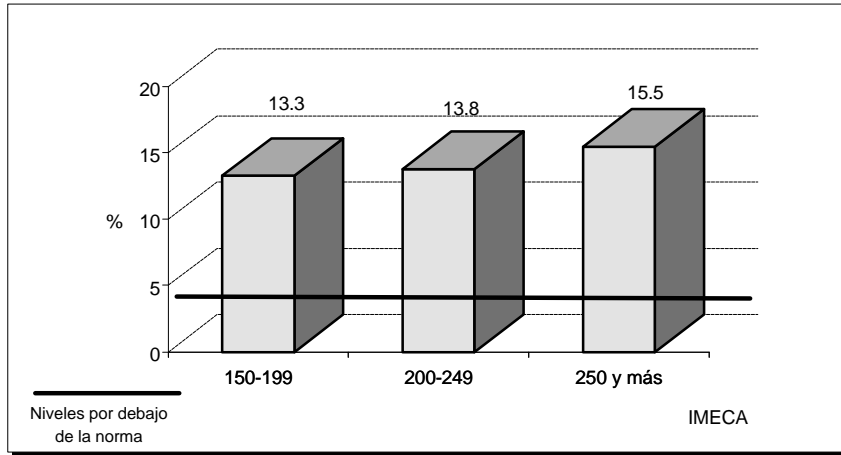
Cuando la contingencia ambiental dura 24 horas, la evaluación de la sintomatología indica efectos considerables sobre la salud, debido en parte a un fenómeno sinérgico con los efectos producidos por la contaminación acumulada del día anterior. Estos resultados son determinantes para el diseño adecuado de los programas de contingencia, en el sentido de que éstos deben concebirse para disminuir rápida y eficazmente los niveles IMECA. Tómese para ejemplificar el caso de la disnea (dificultad para respirar): si a las 24 horas de haberse alcanzado los 250 puntos IMECA, éste logra disminuirse de tal manera que quede en el intervalo que va de los 150 a los 199 puntos, el porcentaje de la población afectada con este padecimiento será del 4.7%. Sin embargo, si los niveles de contaminación no disminuyen de los 250 puntos, o aumentan, el porcentaje de población afectada será del 8%. En otras palabras, no aplicar un programa eficaz de contingencias ambientales, podría significar en este caso que a las 24 horas de haberse detonado la emergencia, aproximadamente 696,000 personas requerirían algún tipo de atención médica debido a dificultades para respirar. La interpretación de las gráficas de los otros síntomas se hace de la misma manera.

**Población afectada por *cefalea*, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



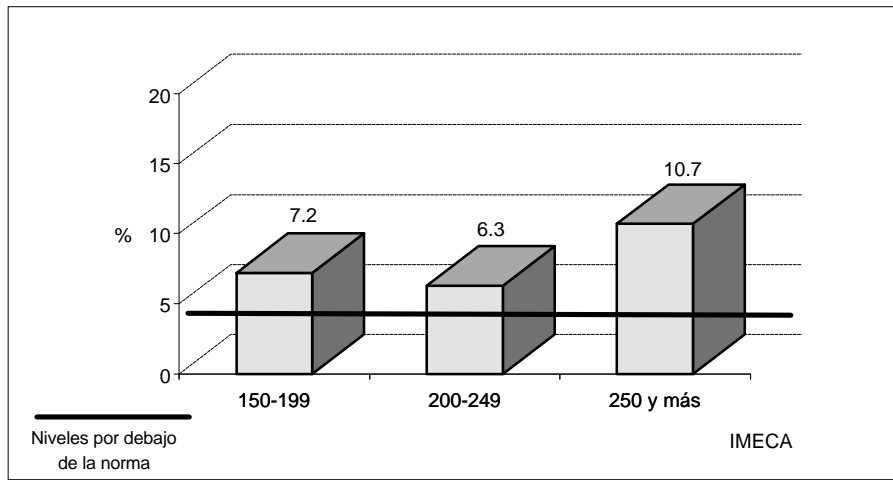
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *cefalea*, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



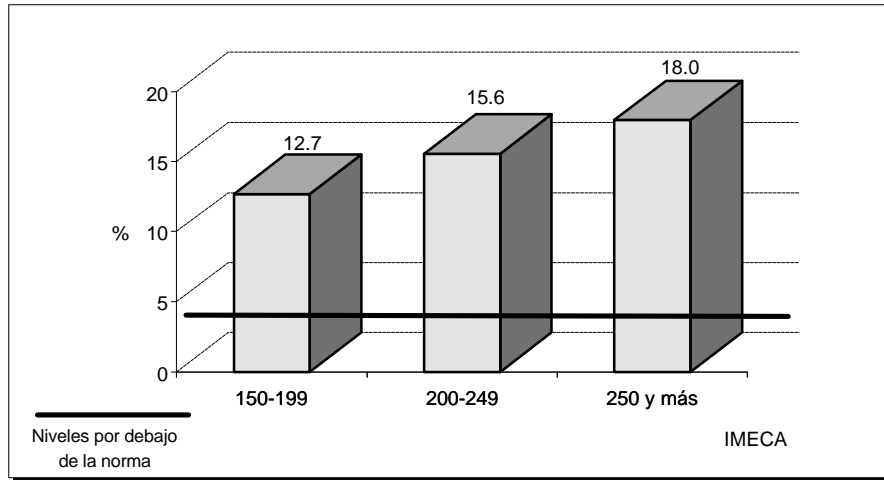
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *conjuntivitis*, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



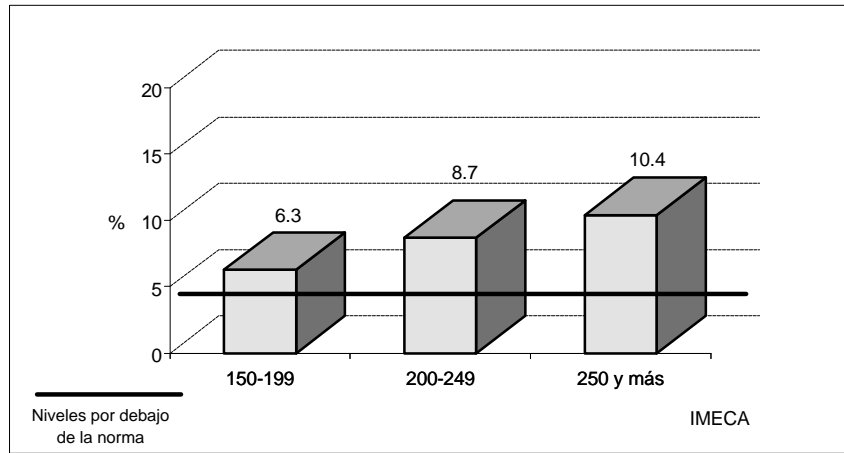
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *odinofagia*, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



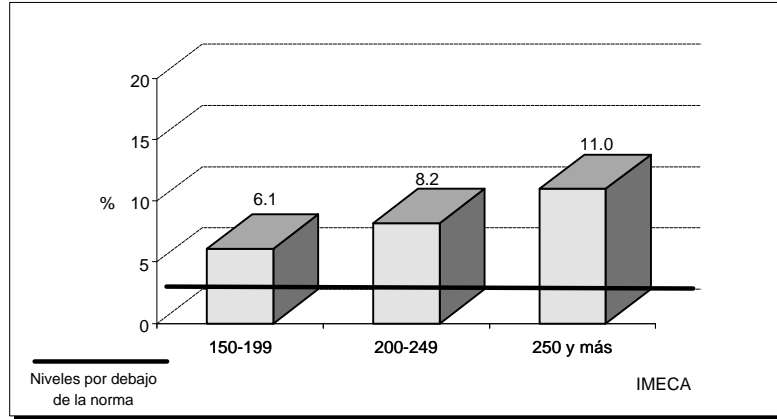
Fuente: Secretaría de Salud.

**Población afectada por *tos productiva*, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



Fuente: Secretaría de Salud.

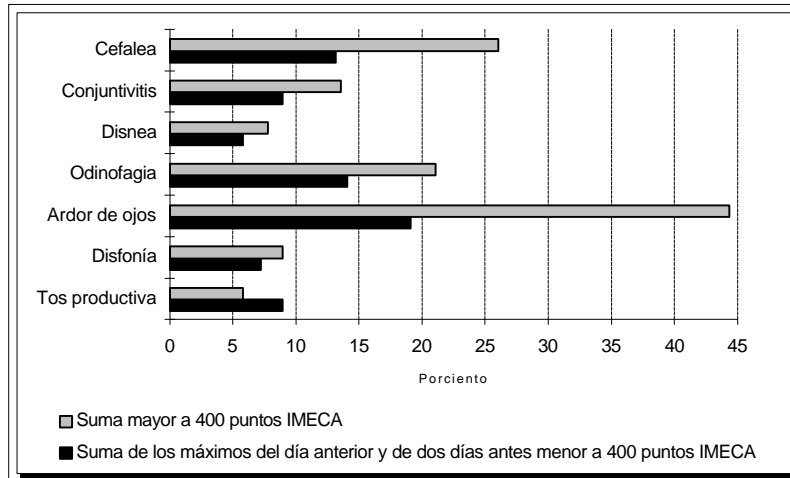
**Población afectada por disfonía, a las 24 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**



Fuente: Secretaría de Salud.

A pesar de que el período de latencia de la sintomatología puede ser breve, la continua exposición a los contaminantes es determinante en la irritación respiratoria prolongada y puede servir como sustrato para infecciones del tracto. La acumulación de exposición en las 48 horas después de la contingencia, constituye un factor de riesgo adicional para todos los síntomas que se presentan en la población por lo que es muy importante, como se mencionó anteriormente, evitar niveles altos de contaminación después del período de contingencia, y propiciar que la sintomatología en la población sea breve, con el fin de proteger la salud de la misma.

**Población afectada a las 48 horas de iniciada la contingencia, según niveles IMECA**

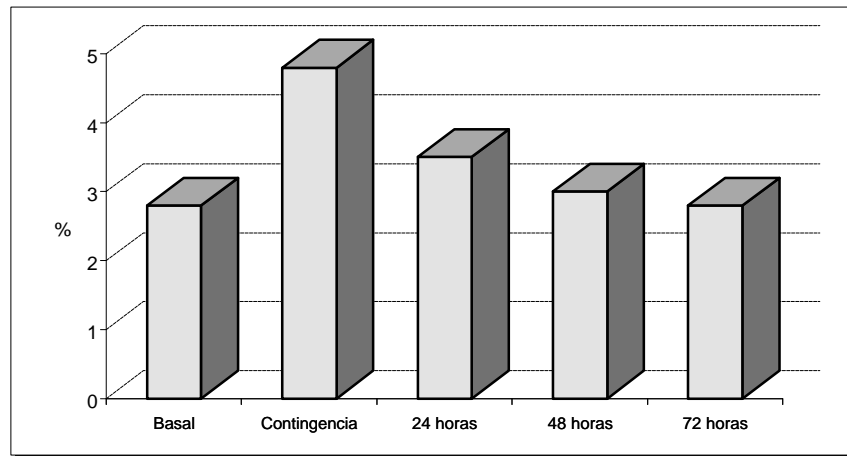


Fuente: Secretaría de Salud.



Los efectos acumulativos de la duración prolongada de los episodios de contingencia en el ausentismo escolar, se muestran claramente en la siguiente gráfica. Resulta evidente que los costos sociales de semejantes niveles de contaminación atmosférica son inaceptablemente altos, si se considera que una estimación correcta de los costos incluye igualmente otros aspectos, como disminuciones de productividad y ausentismo laboral.

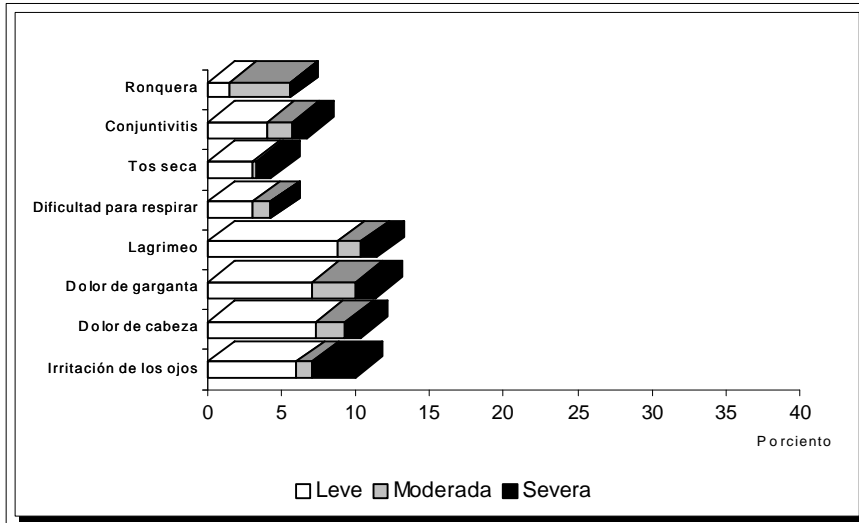
**Ausentismo escolar según duración del episodio de contingencia**



Fuente: Secretaría de Salud.

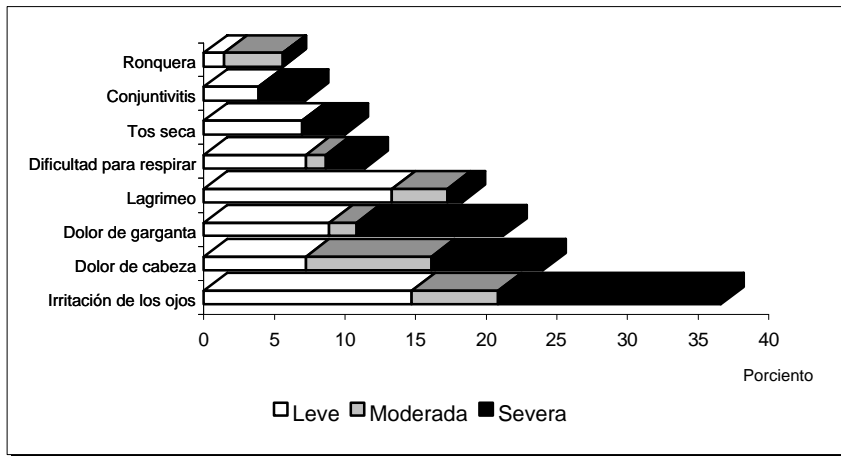
A continuación se muestran los resultados obtenidos de los estudios a los que fue sometida la población del municipio de Tlalnepantla, en diciembre de 1995 y enero de 1996. En la primera gráfica aparecen los porcentajes de población afectada, considerando ocho síntomas diferentes, durante los 25 días de diciembre que estuvieron por abajo de los 150 puntos IMECA. La segunda muestra el incremento observado en la sintomatología el 19 de enero de 1996, cuando se sobrepasaron los 250 puntos IMECA.

**Población de Tlalnepantla afectada con niveles menores a 150 puntos IMECA (diciembre de 1995)**



Fuente: Secretaría de Salud.

**Población de Tlalnepantla afectada con niveles mayores a 250 puntos IMECA (19 de enero de 1996)**



Fuente: Secretaría de Salud.

## Efectos sobre los ecosistemas

Los contaminantes atmosféricos también causan daños en la vegetación; los daños a los bosques son muy importantes así como la disminución de la productividad en zonas de cultivo. Los daños se deben principalmente al efecto de la precipitación o lluvia ácida y a los oxidantes fotoquímicos. Una característica importante de estas formas de contaminación es que sus impactos van más allá de la escala local, afectando amplias regiones que en ocasiones rebasan las fronteras del país generador de los contaminantes. Hace más de diez años que se cuenta con evidencia científica sobre los daños causados por gases oxidantes, como el ozono, a las coníferas y a otros tipos de vegetación en las zonas del Ajusco<sup>25</sup> y del Desierto de los Leones,<sup>26</sup> al sur de la Ciudad de México.

---

<sup>25</sup> Bauer, L. de; Hernández, T. T. y Maning, W. J., (1985). "Ozone Causes Needle Injury and Tree Decline in *Pinus Hartwegii* at High Altitudes in the Mountains around Mexico City." *J. Air Pollut. Control Assoc.* 35 (8):388.

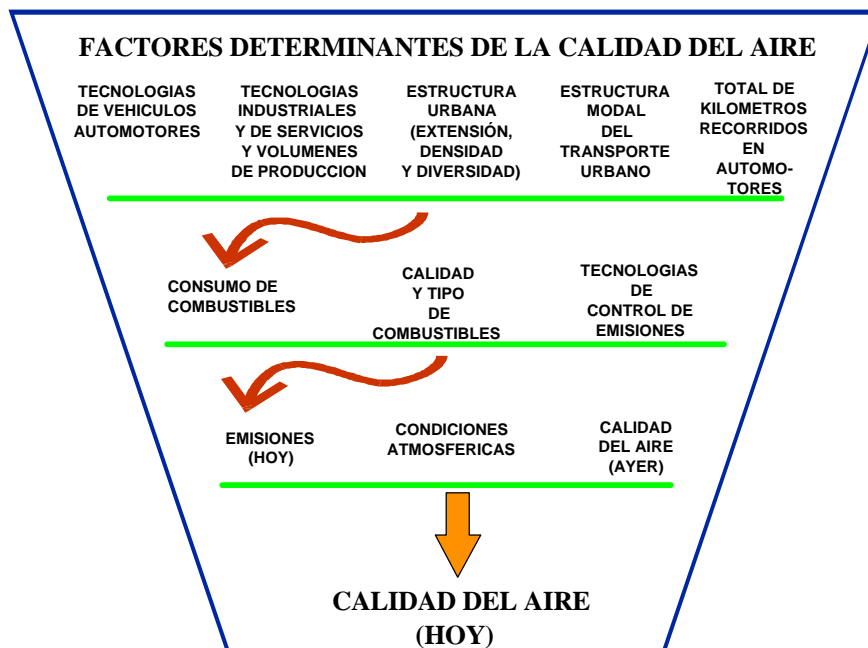
Hernández, T. T. y Bauer, L. I. de, (1984). "Evolución del daño por gases oxidantes en *Pinus hartwegii* y *Pinus montezumae* var. *lindleyi* en el Ajusco, D.F." *Agrociencia* 56:183-194.

<sup>26</sup> Hernández, T. T. y Bauer, L. I. de, (1986). "Photochemical oxidant damage on *Pinus hartwegii* at the Desierto de los Leones, D.F." *Phytopathology* 76:377.

Alvarado, R. D., (1989). *Declinación y muerte del bosque de oyamel (Abies religiosa) en el sur del Valle de México*. Tesis M.C. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

### III. CALIDAD DEL AIRE

Mejorar la calidad del aire que respiramos es uno de los desafíos que más convoca el interés y la preocupación de quienes habitamos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Este no es un reto sencillo, ya que los problemas de contaminación atmosférica que afectan dicha calidad son el reflejo de profundas implicaciones estructurales, funcionales y territoriales, vinculadas con la forma en que usamos y manejamos la *cuenca atmosférica*<sup>28</sup> en donde se ubica nuestra urbe.



La calidad del aire de una cuenca atmosférica depende, en primera instancia, del volumen de contaminantes emitidos, del comportamiento fisicoquímico de éstos y de la dinámica meteorológica que determina su dispersión, transformación y remoción en la atmósfera. Como se verá en capítulos posteriores, la magnitud de las emisiones contaminantes dependen a su vez de diversas variable intrínsecas a los múltiples e intensos procesos urbanos que se desarro-

<sup>28</sup> A semejanza del concepto de *cuenca hidrológica*, utilizado para definir territorios donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, por *cuenca atmosférica* se entiende un espacio físico diferenciado, en el que se encuentra confinada la capa de la atmósfera más inmediata a su superficie interior.

llan en la ciudad, en un complejo sistema de interacciones que se ilustra en forma simplificada en el diagrama anterior:

En este capítulo se presenta un breve análisis de las condiciones meteorológicas que influyen sobre la calidad del aire en el Valle de México. Como se verá, estas condiciones están determinadas por diversos factores tanto de carácter local como regional. Asimismo, se describe el comportamiento histórico y las tendencias de los principales indicadores de la calidad del aire, conforme a los datos registrados por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) en los últimos ocho años.

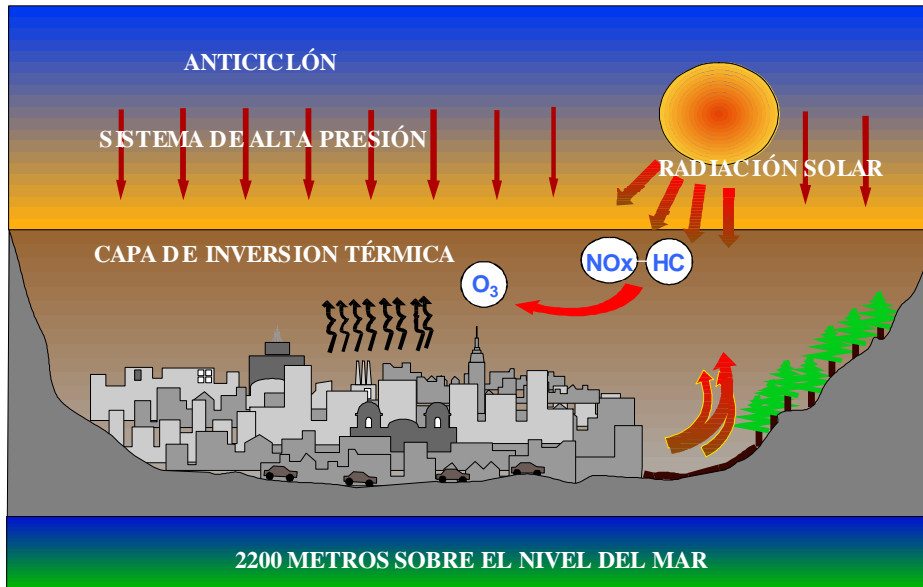
### **Condiciones meteorológicas**

El Valle de México posee una serie de características fisiográficas y climáticas únicas que contribuyen de manera determinante en la severidad de los problemas de contaminación de la Ciudad.

- Se encuentra a una altura de 2 mil 240 metros, por lo que el contenido de oxígeno del aire es 23% menor que al nivel del mar. Esto hace que los procesos de combustión interna sean menos eficientes y produzcan por tanto una mayor cantidad de contaminantes.
- Está rodeado por las montañas de las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina, las que constituyen una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado fuera del Valle.
- Se localiza dentro de la región central del país, por lo cual está sujeto también a la influencia de sistemas anticiclónicos, generados tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico. Estos sistemas ocasionan una gran estabilidad atmosférica, inhibiendo el mezclado vertical del aire.
- Presenta con frecuencia inversiones térmicas que provocan el estancamiento de los contaminantes. Por las mañanas, la capa de aire que se encuentra en contacto con la superficie del suelo adquiere una temperatura menor que las capas superiores, por lo que se vuelve más densa y pesada. Las capas de aire que se encuentran a mayor altura y que están relativamente más calientes actúan entonces como una cubierta que impide el movimiento ascendente del aire contaminado.
- Recibe una abundante radiación solar debido a su latitud de 19° N, lo que hace que su atmósfera sea altamente fotorreactiva. En presencia de la luz

solar, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno reaccionan fácilmente para formar ozono y otros oxidantes.

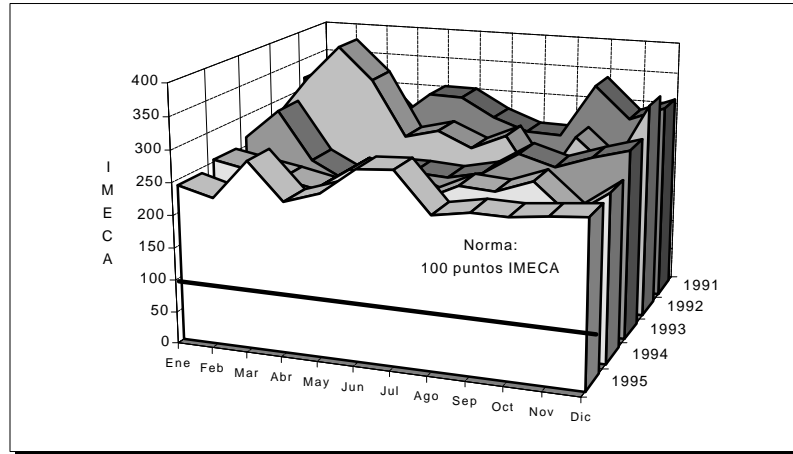
## CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS Y METEOROLÓGICAS



### Ozono

Las altas concentraciones de ozono constituyen hoy en día el principal problema de contaminación atmosférica en el Valle de México. De acuerdo con análisis estadísticos recientes, en los últimos 3 años los niveles de este contaminante han mostrado una cierta tendencia a estabilizarse, situación contraria al incremento generalizado que se registró en la mayor parte de la ciudad entre 1986 y 1991. No obstante, las concentraciones de ozono exceden frecuentemente la norma de calidad del aire, alcanzando niveles que superan en más de un 100% el límite establecido.

### Ozono. Máximos mensuales en la ZMVM

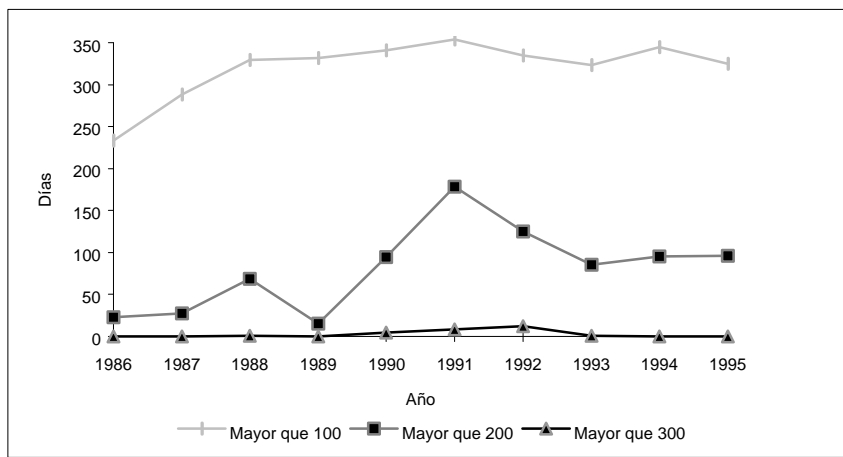


Fuente: DDF.

Como se aprecia en la gráfica siguiente, las concentraciones de ozono alcanzaron en 1992 los niveles más críticos registrados hasta ahora, cuando tuvimos 11 días por encima de los 300 puntos IMECA (más de 3 veces la norma) y se alcanzaron valores de hasta 398 IMECA. A partir de entonces, los niveles máximos de este contaminante han tendido a disminuir; en 1994 y 1995 no se registraron niveles de ozono mayores a 300 IMECA.

La frecuencia y severidad de contingencias atmosféricas ha mostrado también una tendencia a disminuir. Sin embargo, la ciudad y sus habitantes seguimos sufriendo en nuestra salud y en el entorpecimiento de nuestras actividades cotidianas, los efectos indeseables asociados con niveles de ozono superiores a 250 puntos IMECA (que determinan la activación de la Fase I del Programa de Contingencias Ambientales). En 1991 se alcanzó un máximo histórico de 56 días con concentraciones superiores a este nivel. En 1994 y 1995 todavía se alcanzaron 4 y 6 días respectivamente.

**Número de días con lecturas IMECA superiores a los 100, 200 y 300 puntos (1988-1995)**



Fuente: INE, con datos de la RAMA, DDF.

**Número de días con lecturas IMECA superiores a los 100, 200, 250 y 300 puntos (1988-1995) (OZONO)**

	Mayor que 100	Mayor que 200	Mayor que 250	Mayor que 300
1988	329	67	11	1
1989	329	15	3	0
1990	328	84	27	3
1991	353	173	56	8
1992	333	123	37	11
1993	324	80	14	1
1994	344	93	4	0
1995	324	88	6	0

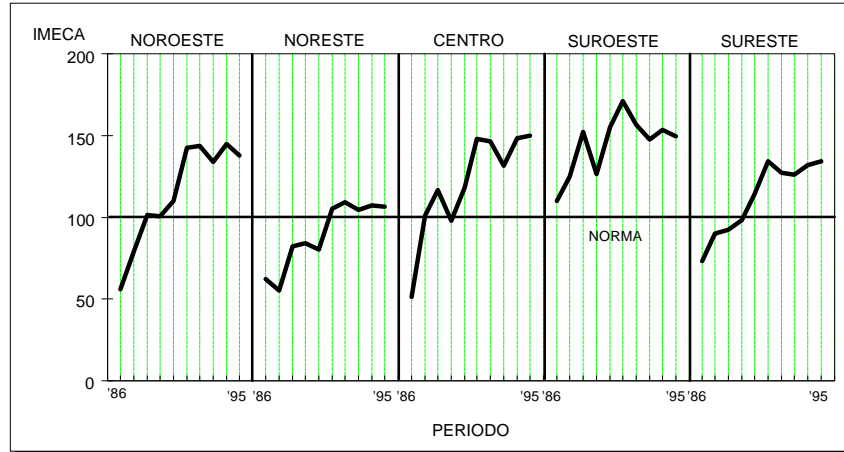
Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico, DDF.

Por otra parte, entre 1986 y 1991 los altos niveles de ozono se generalizaron a prácticamente toda la mancha urbana y zonas aledañas. Durante 1996, sólo una pequeña área de la zona metropolitana rebasaba la norma en más del 60% de los días muestreados. Para cada año, desde 1992 y hasta 1994, se han registrado más de 300 días de excedencias a la norma en las cinco zonas en las que se ha dividido la ciudad, lo que representa más del 80% de los días del año. Actualmente, la norma



de ozono se excede en más de un 90% de los días del año en la mayor parte de la Zona Metropolitana, con 24% de los días por encima de los 200 IMECA.

### Comportamiento promedio de las concentraciones máximas diarias de ozono en la ZMVM (1986-1995)



La zona noroeste de la ciudad mostró una tendencia ascendente en las concentraciones de ozono a partir de 1987, en el que éstas se encontraban cerca de la norma de calidad del aire. En 1992 se presentaron los niveles más elevados de ozono al registrarse 11 días que superaron los 300 IMECA. Comparativamente, durante 1991 el ozono alcanzó en tres ocasiones un nivel mayor a 300 IMECA.

Asimismo, el centro de la ciudad registra altos niveles de ozono en la atmósfera. Desde 1988 ya se presentaban valores superiores a las 200 puntos IMECA siendo 1991 el año más crítico en esta zona.

La estación Pedregal, representativa de la zona suroeste de la zona metropolitana, es la que históricamente ha registrado las concentraciones más elevadas de ozono, con niveles persistentemente altos que presentan un comportamiento relativamente estable<sup>29</sup>.

Los análisis estadísticos demuestran que la frecuencia de las concentraciones de ozono tiende a aproximarse a una distribución normal. Este hecho estadístico es fundamental en el diseño de la estrategia para elevar la calidad del aire de la ZMVM. Con base en ello, el propósito fundamental de la estrategia es reducir la

<sup>29</sup> Cicero Fernández Pablo, *Análisis exploratorio de la influencia meteorológica en las tendencias del ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México*. México, Diciembre de 1995.

media de la distribución hacia valores más bajos (desplazamiento hacia la izquierda) de tal forma que los valores máximos y la frecuencia de incumplimiento de las normas establecidas se reduzca. Consistentemente, se busca incrementar el número de días con bajos niveles de ozono.

La evolución de los niveles de ozono es el resultado de la interacción de un conjunto de factores en donde destacan el comportamiento de sus precursores y la evolución del clima. Parece existir también una relación con la evolución económica de la ZMVM y por tanto con el nivel de actividad económica y con la magnitud y composición del parque vehicular.

El análisis del comportamiento de los niveles de ozono IMECA indica que sus niveles promedio se han modificado a lo largo del período (En el anexo se presenta un análisis estadístico detallado del índice IMECA para varios años).

**Promedio del IMECA anual (valores máximos)**

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
1988	160.95	46.97
1989	141.22	35.27
1990	170.97	50.27
1991	191.77	53.48
1992	180.55	59.32
1993	164.30	49.88
1994	173.06	40.62
1995	170.04	46.72
1996	194.29	47.39

En conjunto, los promedios siguen un comportamiento cíclico alcanzando los puntos más altos en 1991-1992 y con los registros más bajos entre 1988-1989 y 1992-1993. Este comportamiento cíclico se observa en la tabla siguiente, en donde se observa que la media del índice entre 1988 y 1989 fue de 155 mientras que de 1989 a 1992 se elevó a 174 y de 1992 a 1996 se redujo a 170.

**Medias del IMECA**

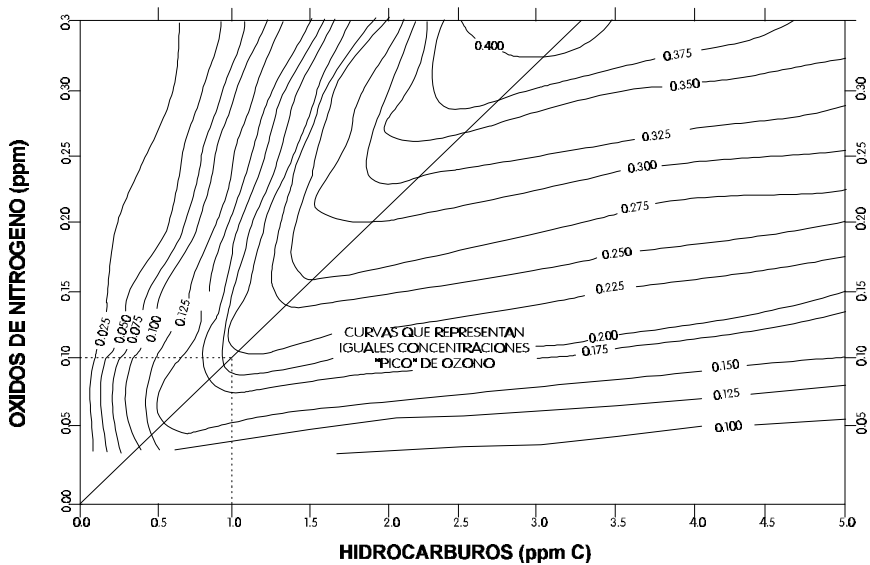
<b>Periodo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
1988-30jun89	155.96	43.18
30jun89-1may92	174.38	55.32
1may92-ene1996	170.81	47.84

Este comportamiento responde a la interacción de un conjunto de factores en donde destacan los precursores de ozono y otros contaminantes, los cambios meteorológicos e incluso factores estacionales, así como en variaciones en la actividad económica. Investigaciones recientes indican que el comportamiento del ozono depende en un 30% de las fluctuaciones meteorológicas y en un 70% de los cambios en el volumen de emisiones contaminantes y de la actividad económica, entre otras variables.

El ozono es un contaminante que no se emite en los escapes o chimeneas, sino que se forma en la atmósfera a partir de reacciones muy complejas. Existen dos ciclos generales de reacciones fotoquímicas en la formación del ozono troposférico, en los que participan el oxígeno molecular y dos de los denominados precursores del ozono: los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC).

La complejidad de estos procesos implica que las concentraciones pico de ozono no sean directamente proporcionales a las de sus precursores (óxidos de nitrógeno e hidrocarburos). Esto puede visualizarse en la gráfica siguiente, en donde se ha representado mediante *isopletas* o *curvas de nivel* la relación existente entre las concentraciones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno con los máximos de ozono.

**Relación entre las concentraciones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno en la atmósfera con las concentraciones "pico" de ozono**



Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo.

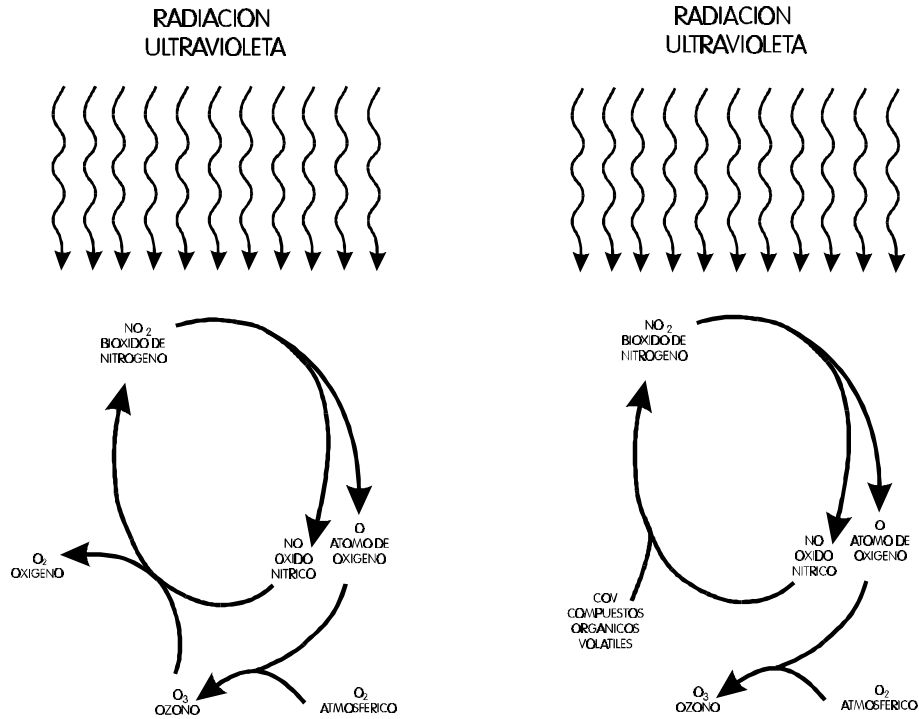
De una primera observación de la forma de las curvas se obtiene información importante: la trayectoria más eficiente para disminuir el nivel de ozono depende críticamente de la razón entre las concentraciones iniciales de los precursores (relación HC/NOx). Si la situación inicial estuviese representada por una alta concentración de óxidos de nitrógeno (NOx), por ejemplo de 0.30 partes por millón y una baja concentración de hidrocarburos (HC), por ejemplo de 1.5 partes por millón, aunque resulte aparentemente paradójico una trayectoria eficiente requeriría disminuir el nivel de HC. Es más, disminuir la concentración de NOx a una tasa mayor que la de HC elevaría la concentración de ozono (O<sub>3</sub>), pudiendo pasar de 0.22 a 0.27 partes por millón de este último contaminante.

La situación del Valle de México se ubica en la zona derecha de la figura presentada. Las estimaciones experimentales de la relación HC/NOx indican que ésta se encuentra en el intervalo que va de 13 a 50, según estudios muy recientes del IMP, cuando en la mayoría de las zonas urbanas de los Estados Unidos la relación HC/NOx es menor a 10.

De la forma de las isopletras en la región del plano que representa la situación del Valle de México, se deduce que una trayectoria eficiente implica reducciones de óxidos de nitrógeno, lo que permitiría disminuir las concentraciones de ozono rápidamente. Lo anterior orienta y determina las acciones dirigidas a disminuir eficazmente los niveles de ozono troposférico, haciendo de la reducción de concentraciones de óxidos de nitrógeno un objetivo altamente prioritario; sin embargo, conviene recordar que siendo algunos de los hidrocarburos compuestos tóxicos, su disminución inmediata es igualmente importante.

Esta situación quedará plasmada en el paquete de políticas que se proponen más adelante, al tomar en cuenta que los vehículos automotores son responsables del 71% de los óxidos de nitrógeno emitidos a la atmósfera. Este esquema servirá también para explicar la magnitud de los costos asociados al mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana.

### Ciclo fotoquímico de la formación de ozono troposférico

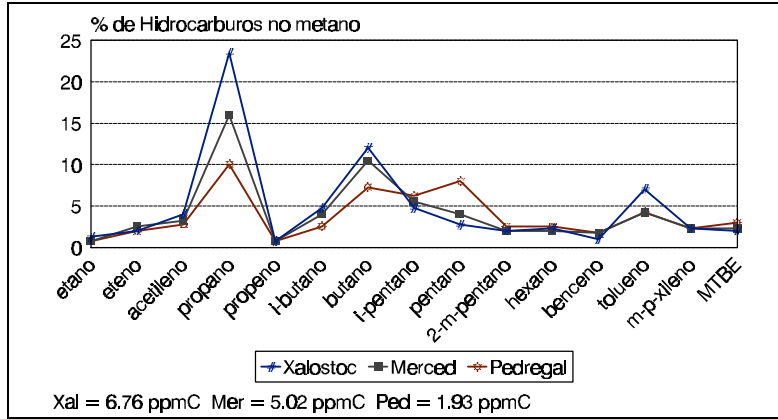


### Hidrocarburos

En estudios recientes se han encontrado elevadas concentraciones de hidrocarburos en la atmósfera de la zona metropolitana, con un origen muy variado. Entre otras causas, son el resultado de las emisiones de un sinnúmero de fuentes distribuidas en toda la ZMVM, incluyendo gases de escape de los automóviles, evaporación de gasolina, procesos industriales, distribución de gas LP, aplicación de disolventes a nivel doméstico y de servicio, e incluso la vegetación.

En promedio, la concentración de hidrocarburos sin metano o compuestos orgánicos reactivos encontrada en las muestras tomadas en el Valle de México, es de 3.5 ppm medido como carbono (ppm C), con picos de hasta 7.1 ppm C. Este último nivel está dos veces por arriba de las concentraciones más elevadas encontradas en el sur de California, donde se presentan los problemas de ozono más severos de los Estados Unidos.

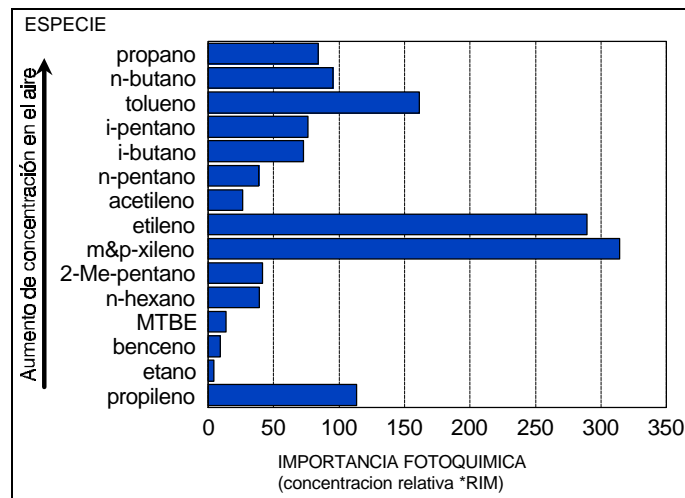
### Hidrocarburos en la atmósfera de la ZMVM



Fuente: D.D.F.

La importancia de los compuestos orgánicos volátiles presentes en la atmósfera radica en su potencial de formación de ozono y en su toxicidad. Información basada en estudios realizados en diversas ciudades de los Estados Unidos indican que el etileno presenta el índice de 100 en la escala de reactividad conocida como RIM (Reactividad Máxima Incremental), con una concentración en la atmósfera de 83 ppbC, y con un potencial fotoquímico de 289.5. En contraste, el propano, que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera (389 ppbC), presenta un potencial fotoquímico menor. Actualmente, se realizan estudios para precisar información bajo las condiciones de la Ciudad de México.

### Importancia fotoquímica de los COV en la ZMVM



Fuente: Laboratorio Química Ambiental, IMP.

En México todavía no se establecen normas oficiales que regulen las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, así como tampoco se han fijado criterios de calidad del aire para estos compuestos, por lo que su regulación futura será muy importante para la estrategia de control de ozono.

Como consecuencia de los trabajos realizados en el Instituto Mexicano del Petróleo y por investigadores de la Universidad de California en los últimos tres años, se han detectado en la zona metropolitana concentraciones relativamente altas de hidrocarburos asociados con fugas en el manejo, distribución y uso de gas doméstico (gas licuado de petróleo).

Actualmente el gas licuado de petróleo es una mezcla de compuestos como propano, butano y, en mucho menor proporción, butilenos; el que predomina es el propano, el butano es ligeramente más fotorreactivo que el propano.

En forma preliminar y con un alto grado de incertidumbre, se estima que las fugas de gas licuado de petróleo son responsables de entre un 20% y 30% del ozono que se forma en el Valle de México. Una respuesta efectiva y factible de realizarse por parte de Petróleos Mexicanos consiste en reformular la composición del mismo, disminuyendo su contenido de butano y butilenos.

### ***Partículas***

Las partículas pueden estar constituidas por una gran diversidad de sustancias. Las partículas de origen natural se componen principalmente de polvo procedente del suelo y ocasionalmente por partículas de origen biológico (restos orgánicos de plantas y animales, esporas, virus, etc.). Las que provienen de la combustión generalmente están integradas por partículas atomizadas y cenizas del combustible. Las partículas son dispersadas y depositadas de nuevo en la superficie de acuerdo con sus propiedades sedimentables y con los patrones meteorológicos que prevalecen en un momento determinado. Su reactividad y participación en los procesos fotoquímicos es poco significativa pero representan el agente antropogénico más relevante en la disminución de la visibilidad.

Entre las partículas suspendidas que representan un mayor interés se encuentran las siguientes:

#### *Partículas menores a 10 micrómetros (PM10)*

Debido a su tamaño, éstas se sedimentan a una velocidad tan lenta que pueden ser inhaladas. Las PM10 se adoptaron en Estados Unidos como parámetros de evaluación y regulación de la calidad del aire en sustitución de las partículas suspendidas totales (PST). La combustión de combustibles fósiles representa el proceso más relevante en la emisión de este tipo de partículas, si

bien una fracción importante procede de la reacción entre contaminantes primarios (principalmente SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>) y de fuentes naturales.

*Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>)*

En esta categoría se incluyen las partículas inhalables de mayor penetración en el sistema respiratorio y, por tanto, las más dañinas a la salud y las que por su tamaño (situado en el rango de longitudes de onda de la luz) interfieren con la dispersión de la luz contribuyendo a la disminución de la visibilidad.

*Partículas aerobiológicas*

Entre las partículas suspendidas en la atmósfera se presentan las que mantienen actividad microbiana; por ejemplo, bacterias, hongos, virus y protozoarios, presentándose como células vegetativas o propágulos reproductivos. Por su pequeño tamaño (aproximadamente de 1 a 100 micrómetros), algunas de estas partículas aerobiológicas pueden quedar suspendidas en el aire durante largos períodos. Su importancia radica en el potencial infeccioso y alérgico que depende a la vez de las características del agente patológico, las condiciones ambientales y la resistencia de los posibles huéspedes.

De acuerdo a su origen, las partículas pueden clasificarse en primarias y secundarias. Como se ilustra en el cuadro siguiente, las partículas primarias mantienen diámetros mayores a 2.5 micrómetros, y están formadas principalmente por polvo arrastrado por el viento. Las partículas secundarias se forman en la atmósfera como resultado de la reacción química de gases o por la aglomeración de partículas finas y la condensación de vapores. Las partículas secundarias tienen diámetros generalmente menores a 2.5 micrómetros y su proceso de remoción es más lento que en el caso de las partículas de mayor diámetro.

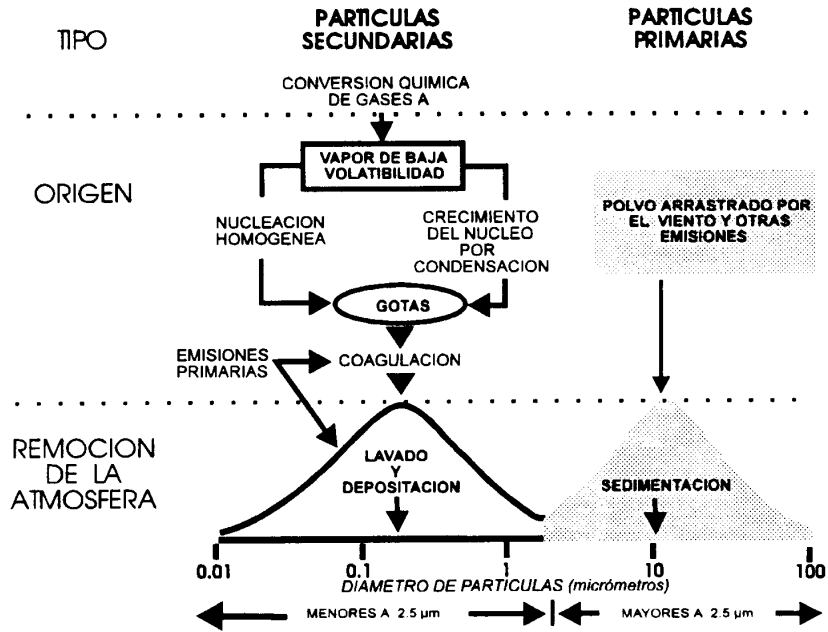
Junto con el ozono, las partículas en suspensión representan la otra vertiente de gravedad en la contaminación atmosférica de la ZMVM. En las siguientes gráficas se describe la evolución de los promedios mensuales de partículas suspendidas totales (PST) y de PM<sub>10</sub> en los últimos siete años<sup>30</sup>.

---

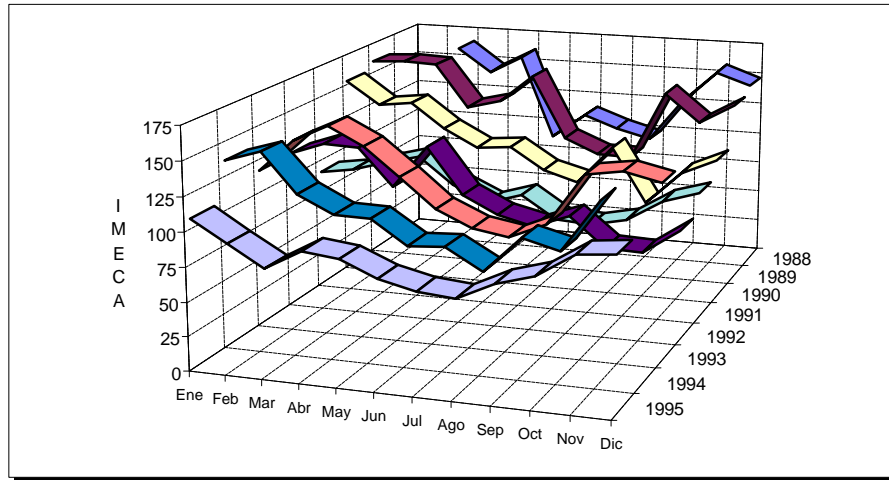
<sup>30</sup> Con el propósito de mantener una base estadística consistente se han considerado solamente las 5 estaciones (una por cada zona de la ciudad) en que se colectan muestras de PST y PM<sub>10</sub>.



### Distribución por tamaño y origen de partículas ambientales

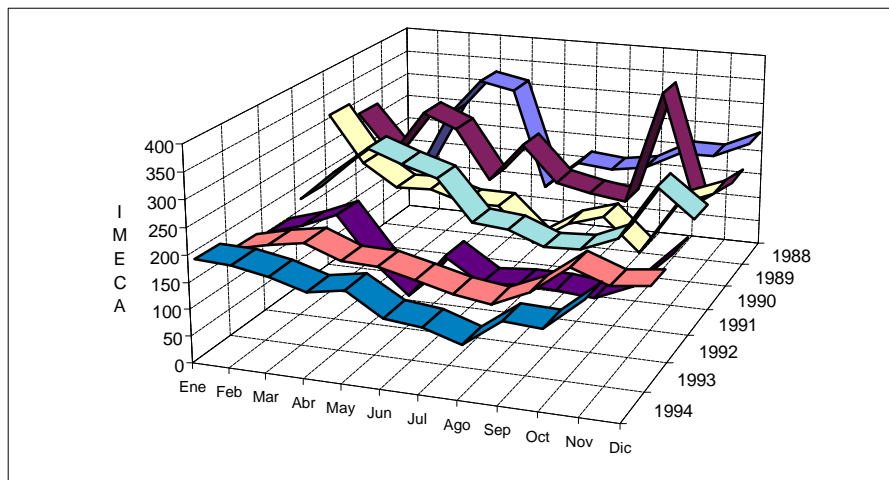


**PM10**  
**IMECA promedio mensual en la ZMVM**  
**(1988-1995)**



Fuente: INE, con datos de la RAMA del DDF.

**PST**  
**IMECA promedio mensual en la ZMVM**  
**(1988-1994)**



Fuente: INE, con datos de la RAMA del DDF.

Si bien en la temporada de lluvias los promedios mensuales disminuyen relativamente, las PM10 registran en dicha época promedios mensuales que fluctúan entre los 100 y 200 IMECA<sup>31</sup>. En el caso de las PST, los promedios mensuales pueden alcanzar los 300 IMECA, aunque es importante notar que en los últimos tres años los datos promedio se encuentran entre los 100 y 200 IMECA. Cabe indicar que estos registros representan exposiciones crónicas a partículas y por lo tanto riesgos significativos sobre la salud<sup>32</sup>. En la Ciudad de México se han identificado diferencias importantes en la relación PM10/PST entre las zonas del Este y del Oeste. En el Oriente, donde las excedencias y los máximos suelen ser superiores, las partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  mantienen la mayor contribución, en tanto que en las zonas del Oeste prevalecen las PM10.

Las diferencias mencionadas reflejan influencias importantes de los procesos fotoquímicos y de formación de aerosoles en las concentraciones de PM10. Esta afirmación coincide con las condiciones meteorológicas prevalecientes en el ciclo diurno, según las cuales las zonas que mantienen las relaciones PM10/PST más bajas (centro y suroeste) se ubican generalmente viento abajo de las zonas en que se generan la mayor parte de las emisiones (sureste, noreste y noroeste). En este contexto es indudable la relevancia que tienen las emisiones de partículas y NOx provenientes de los vehículos. Desde 1987 la contribución de los vehículos de diesel en las emisiones de partículas fue identificada como una de las prioridades de política.<sup>33</sup>

Las partículas suspendidas en el aire ahora representan el segundo problema de contaminación del aire de la Ciudad de México.

De este modo, los porcentajes de excedencias a la norma en los muestreos realizados, alcanzaron los valores más altos en las zonas sureste y noreste. Por otra parte, en el suroeste de la ciudad, desde el año de 1990, ya no se presentaban excedencias a la norma de partículas suspendidas totales (PST).

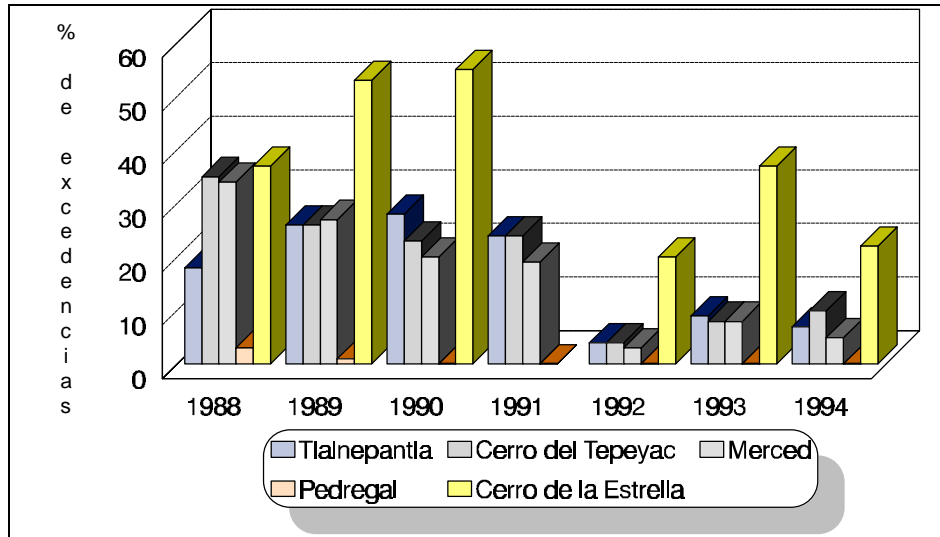
---

<sup>31</sup> En el caso de partículas suspendidas totales, 100 puntos IMECA equivalen a 260 microgramos por metro cúbico, mientras que en el caso de partículas PM10, 100 puntos IMECA equivalen a 150 microgramos por metro cúbico.

<sup>32</sup> La relación PM10/PST es indicativa de la contribución de las partículas de menor diámetro (más tóxicas) al total registrado.

<sup>33</sup> Espinosa M.; Babcock L. (1987) *Impact of Mobile-Source Diesel Emissions on Air Quality in Mexico City: A Beginning*. Presentado en The Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. New York.

Porcentaje de excedencias a la norma de PST



**Comportamiento de las partículas de fracción respirable (menores a 10 micrómetros)**

Los valores más altos de este contaminante se registraron en el noreste y sureste, en los años de 1988 y 1989, con concentraciones cercanas a los 350 µg/m<sup>3</sup>. También en estos dos años, las zonas noroeste y centro de la ciudad presentaron un máximo situado en el intervalo de 200 a 225 µg/m<sup>3</sup>.

Por otra parte, la zona suroeste ha presentado las concentraciones más bajas de partículas de fracción respirable en los últimos siete años.

En el período 1990-1992, los niveles promedio de partículas de fracción respirable, en todo el Valle de México, disminuyeron considerablemente en comparación con el período 1988-1989. En 1993 se tiene un ligero incremento en las concentraciones promedio, en todas las zonas de la ciudad, que nuevamente disminuyen en 1994.

Las partículas de fracción respirable (PM10) mostraron, al igual que las partículas suspendidas totales, que las excedencias al valor de la norma respectiva (150 µg/m<sup>3</sup>) se registraron con mayor frecuencia en las zonas noreste y sureste, y con menor frecuencia en las zonas noroeste, centro y suroeste. Esta última no ha excedido el valor de la norma en los últimos dos años.

El indicador en calidad del aire que se emplea para evaluar las concentraciones de partículas en la atmósfera es el PST y el PM10. En el primer caso, agrupa a todas las partículas que se mantienen suspendidas en la atmósfera. En el segundo caso, es un indicador que representa la fracción respirable de las partículas suspendidas totales susceptibles de causar efectos en la salud, debido a que por su tamaño pueden penetrar a las vías respiratorias.

Existe otra subdivisión y corresponde a las partículas menores a 2.5µm. Este indicador representa en su mayoría a las partículas que no se emiten directamente al aire sino que se forman en la atmósfera como producto de reacciones químicas y procesos físicos.

Las partículas suspendidas totales y las menores de 10 µm se vigilan cotidianamente en la zona metropolitana. En tanto, las partículas menores a 2.5 mm son objeto de investigaciones para determinar su concentración y caracterizarlas fisicoquímicamente en nuestra ciudad.

**Porcentaje de muestreos fuera de la norma (1986-1995)**

Año	Contaminantes (%)	
	PST	PM10
1986	39.8	
1987	37.0	
1988	39.8	39.6
1989	29.9	46.0
1990	45.1	33.6
1991	61.5	5.0
1992	46.9	8.3
1993	16.1	19.0
1994	13.2	16.0
1995	15.6	12.6

**Visibilidad y partículas**

Uno de los efectos más comunes de la contaminación del aire es la reducción de la visibilidad, entendida como la mayor distancia a la cual puede ser conocido un objeto a simple vista durante el día, o a la que una luz cuya intensidad es

conocida puede verse durante la noche. La visibilidad se reduce debido a la absorción y dispersión de la luz por los materiales líquidos y sólidos arrastrados por el aire, y por las partículas que se forman en la atmósfera como consecuencia de diversas reacciones. Aunque no son visibles, el bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), el vapor de agua y el ozono ( $\text{O}_3$ ), aún en pequeñas cantidades cambian las características de absorción y transmisión de la luz por la atmósfera.

La presencia de humedad junto con las partículas (principalmente las constituidas por sulfatos y nitratos), incrementa el efecto de dispersión de la luz con respecto al efecto provocado por las partículas secas. De esta manera, la reducción de la visibilidad es mayor cuando existe en la atmósfera una humedad relativa considerable.

La absorción de la luz es otro fenómeno que reduce la visibilidad, y está determinada por la composición y el tamaño de las partículas. Las partículas muy finas (menores a 2.5 micrómetros) son responsables de una mayor absorción de la luz visible en comparación con partículas de mayor tamaño. En algunos trabajos se ha encontrado que existe una correlación entre la absorción óptica de las partículas finas y la concentración de carbono orgánico en éstas.

Las partículas suspendidas totales se constituyen por smog, ceniza, humo, polvo, metales, alquitrán y neblina, que se generan en los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manejo de materiales pulverizados.

Las industrias que emiten estos contaminantes son las que cuentan con equipamiento de calderas, molinos, incineradores, reactores de oxidación, pulverizadores para minerales y hornos de: calcinación, acero, cubilote, coque y ferroaleación. Las emisiones provenientes de vehículos automotores que utilizan diesel como combustible constituyen una fuente importante de partículas.

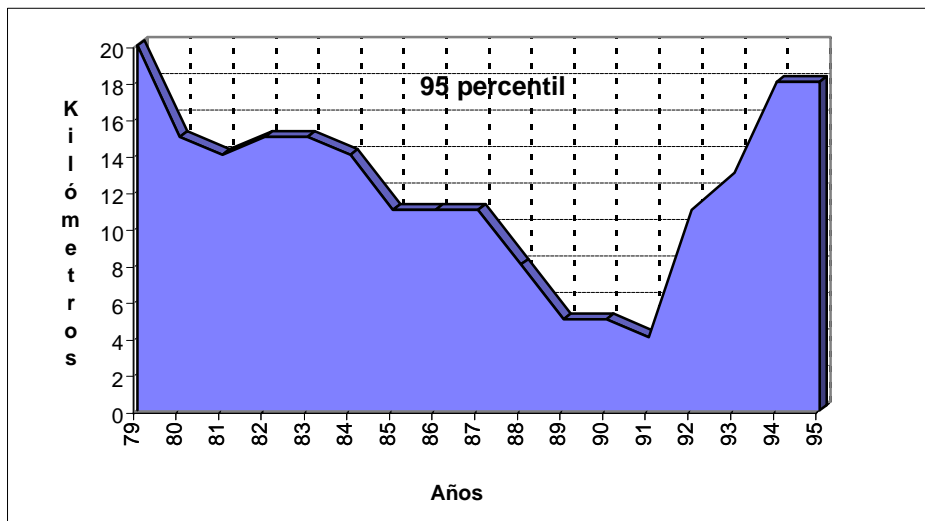
Las fuentes naturales de partículas incluyen las emisiones volcánicas y las áreas carentes de vegetación, pavimentación o que se encuentran en proceso de erosión.

Los aerosoles derivados del ácido sulfúrico y otros sulfatos, que constituyen entre el 5 y el 20 por ciento de las partículas en suspensión en el aire urbano, contribuyen significativamente a la reducción de la visibilidad. Las investigaciones indican que una buena parte de la neblina atmosférica se debe a la formación de aerosoles por las reacciones fotoquímicas entre el bióxido de azufre, las partículas, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos presentes en la atmósfera. Debido a sus características de absorción, el bióxido de nitrógeno hace que el cielo luzca ligeramente pardo además de reducir la visibilidad. Una concentración de 0.1 ppm de  $\text{NO}_2$  probablemente no se notaría, mientras que 1.0 ppm se podría detectar a simple vista. La norma de calidad del aire en el país para la concentración de  $\text{NO}_2$ , es de 0.21 ppm promedio en una hora.

En ciertas condiciones de laboratorio, las mezclas de bióxido de nitrógeno y los hidrocarburos más comunes forman aerosoles cuando se les irradia; sin embargo, la formación de aerosoles es considerable cuando las mezclas de olefinas,  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  son irradiadas por la luz solar. Uno de los principales productos de estas complejas reacciones fotoquímicas son las gotitas de niebla de ácido sulfúrico, que dispersan la luz. Las mediciones muestran que una concentración de 0.10 ppm de  $\text{SO}_2$ , con una humedad relativa de 50 por ciento reduce la visibilidad a cerca de 8 kilómetros<sup>34</sup>.

El comportamiento de la visibilidad en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, de acuerdo a los datos registrados en la Estación Meteorológica de Tacubaya y al análisis estadístico del percentil 95, indica que en los últimos 20 años ésta se redujo significativamente a la par que la ciudad crecía y aumentaba el consumo de combustibles.

Visibilidad en la estación Tacubaya



### Plomo

El plomo es un posible constituyente de las partículas suspendidas en el aire. Su principal fuente de emisión son los automóviles, debido al uso de gasolina con plomo y las fundidoras. La concentración de este elemento en el aire disminuyó notoriamente como consecuencia de sucesivas reformulaciones de la gasolina.

<sup>34</sup> NAPCA, (1970). *Air Quality Criteria For Sulfur Oxides*, AP-50. Washington, D.C., HEW.

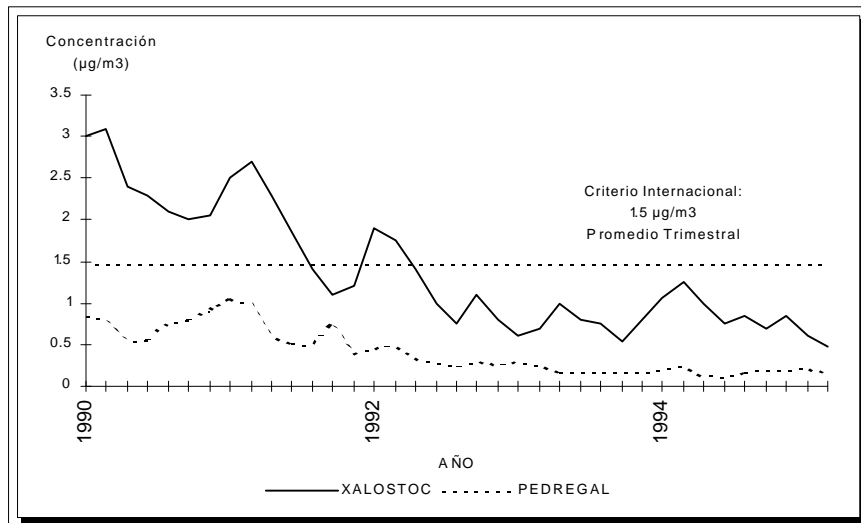
El año de 1988 fue el más crítico en cuanto a los niveles de plomo en las zonas no-roeste, noreste y sureste, con valores en algunos casos mayores a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las zonas centro y suroeste presentaron concentraciones superiores a los  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La tendencia a la baja en los niveles de plomo se observa claramente a partir de 1989 y aun más notoriamente durante 1991. Esta tendencia ha sido similar en todas las zonas de la ciudad, cuyos niveles han ido quedando dentro del intervalo dibujado por las trayectorias de dos estaciones: Xalostoc, que define el límite superior del intervalo, y Pedregal, como límite inferior. La gráfica siguiente ilustra el mencionado intervalo y la manera en la que se ha ido logrando el cumplimiento de la norma.

La exposición al plomo en la atmósfera ha dejado de ser un problema de salud ambiental gracias a la reducción progresiva del contenido de tetraetilo de plomo en la gasolina Nova y a que su consumo se ha ido reduciendo paulatinamente para ser substituido por gasolina sin plomo a partir de 1988.

A principios de los años ochentas, la gasolina contenía en promedio de  $0.9 \text{ g/l}$  de plomo, disminuyendo a tan sólo  $0.09 \text{ g/l}$  a partir de 1986, lo cual significa una reducción del 90%. El consumo de gasolina sin plomo en el Valle de México pasó de un 2% del mercado en 1989 a un 44% en 1995. En términos absolutos, el consumo de gasolina con plomo disminuyó de 93 mil barriles diarios en 1989 a 62 mil en 1995, lo que significa una reducción del 34%.

Niveles de plomo en la ZMVM



Fuente: DDF.



### **Bióxido de azufre**

Con respecto al bióxido de azufre debe señalarse la enorme atención que se le ha prestado y como se ha abatido mediante el mejoramiento y cambio de combustibles realizados por Petróleos Mexicanos. De hecho, únicamente en 1989 se registró un nivel significativo de excedencias, y desde 1993 no se han observado violaciones a la norma.

Las siguientes medidas han probado ser eficaces para mantener el bióxido de azufre dentro del intervalo permisible<sup>35</sup>:

- Sustitución parcial de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México, y en algunas industrias.
- Sustitución parcial de combustóleo por gasóleo industrial de menor contenido de azufre.
- Reducción del contenido de azufre en el diesel.
- Cierre de la Refinería 18 de Marzo.

### **Resumen**

En los últimos años, se han logrado avances significativos en el control del plomo, el bióxido de azufre y el monóxido de carbono, los dos primeros permanentemente dentro de la norma. En partículas suspendidas, sus concentraciones presentan una tendencia a disminuir y en el caso del ozono su tendencia es estable.

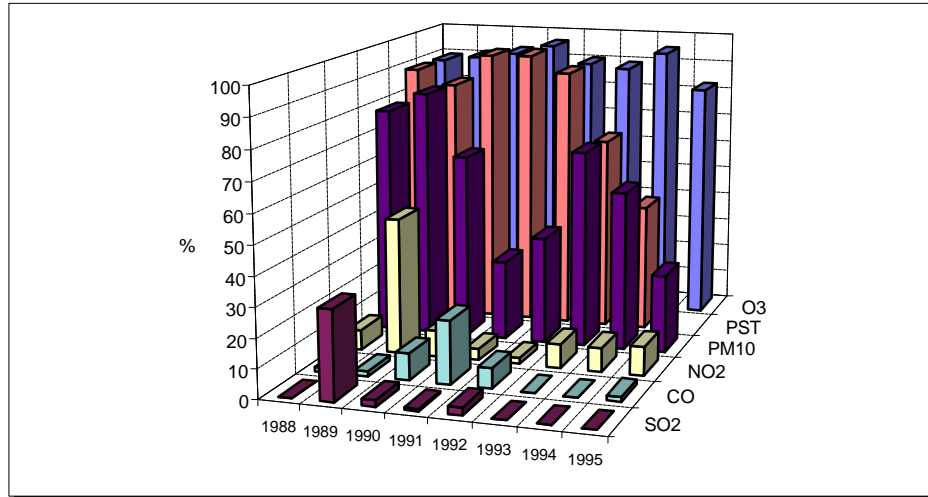
A pesar de lo anterior, el ozono y las partículas suspendidas representan los principales problemas de contaminación atmosférica en el Valle de México. El bióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono también llegan a sobrepasar las normas, aunque en una menor proporción. Esta situación indica claramente que la capacidad de carga<sup>36</sup> de la cuenca atmosférica ya ha sido rebasada. Tal situación se ilustra en la gráfica siguiente, donde se consignan los niveles de excedencias por contaminante entre 1988 y 1994.

---

<sup>35</sup> La atmósfera oxidante que prevalece en la zona metropolitana, propicia igualmente la transformación del bióxido de azufre en sulfatos y ácido sulfúrico.

<sup>36</sup> Por capacidad de carga de la atmósfera se entiende el límite de ésta para transportar y dispersar los contaminantes que se vierten en ella, sin exceder sus posibilidades de autodepuración. Se sobrepasa dicha capacidad cuando los contaminantes superan de forma persistente las normas que protegen la salud.

**Porcentaje de días con violaciones a la norma por contaminante en la ZMVM (1988-1995)**



Fuente: INE, con datos de la RAMA del DDF.

El contraste que existe entre la magnitud de las excedencias registradas para los diferentes contaminantes es una evidencia del ambiente oxidante que prevalece en la cuenca atmosférica y del grave problema que representan las partículas en suspensión. En tanto que las excedencias a la norma de ozono y de partículas suspendidas ocurren respectivamente en alrededor de 90% y 50% de los días del año, las violaciones a las normas de monóxido de carbono, bióxido de azufre y bióxido de nitrógeno ocurren sólo ocasionalmente.

#### **IV. USUARIOS DE LA CUENCA ATMOSFÉRICA**

En la ciudad son muchos los actores o usuarios de la cuenca atmosférica. Fundamentalmente éstos incluyen establecimientos industriales, comerciales y de servicios, automovilistas privados y vehículos de transporte colectivo. Cada uno de ellos accede a los servicios que ofrece la cuenca atmosférica sin más límite que sus propias preferencias y disponibilidades. La situación puede equipararse a una *tragedia de los recursos comunes*<sup>41</sup>, interpretada como una *tragedia del libre acceso* en donde cada agente, en búsqueda de sus propios intereses o tratando de maximizar beneficios personales o utilidades, emplea sin restricciones la capacidad de carga de la cuenca atmosférica; de hecho, lo hace hasta el punto en el que desaparecen los beneficios o la satisfacción adicional de hacerlo.

Sin embargo, los costos inherentes en términos de degradación de la calidad del aire son asumidos por toda la sociedad, esto es, hay una disparidad entre los beneficios, que son privados, y los costos, que son públicos. La racionalidad privada, permite satisfacer necesidades y expectativas en lo individual. Nadie por sí mismo ajusta sus conductas en aras del interés colectivo, debido a que hacerlo conlleva costos individuales muy altos que resultan inaceptables ante la expectativa de que los demás optarán por mantener la misma conducta, y que los beneficios, siendo sólo resultado de uno o de pocos esfuerzos aislados, serán sumamente magros o despreciables. Campea el típico problema de la acción colectiva: muchas personas buscarán la manera de comportarse de manera oportunista, esperando recibir gratuitamente y sin empeñar esfuerzo alguno, los beneficios generados por la mayoría.

##### ***Balance energético de la Cuenca de la ZMVM***

El acceso y el uso de la cuenca atmosférica se manifiestan en el nivel de consumo energético total, específicamente en términos de los combustibles fósiles que se queman. Este concepto constituye un hilo conductor muy eficaz, tanto en el diagnóstico como en el diseño de estrategias de gestión de la calidad del aire. De hecho, la actividad económica de la ciudad se expresa a través de la demanda de energía. En este ámbito existen diversos estudios que consignan una correlación significativa entre el producto interno de una economía y la demanda de energía. La forma en que esta demanda impactará la calidad del aire depende en buena medida del balance energético.

---

<sup>41</sup> Hardin, G. (1973) "The Tragedy of the Commons". Reimpreso en H. Daly (ed.) *Toward a Steady-State Economy*. Freeman, San Francisco.

En el cuadro siguiente se resume el balance energético de la zona metropolitana, considerando los distintos sectores económicos y combustibles:

**Consumo Energético por Sectores de la ZMVM  
(% respecto del consumo total)**

	Transporte	Termo- eléctricas	Industria y servicios	Otros	Total
<b>Gasolina</b>	41				41
<b>Diesel</b>	12		n.s.		12
<b>Combustóleo</b>			n.s.		n.s.
<b>Gasóleo</b>			2		2
<b>Gas LP</b>	3		7	10	20
<b>Gas natural</b>		9	15	1	25
<b>Total</b>	56	9	25	11	100

n.s.: no significativo

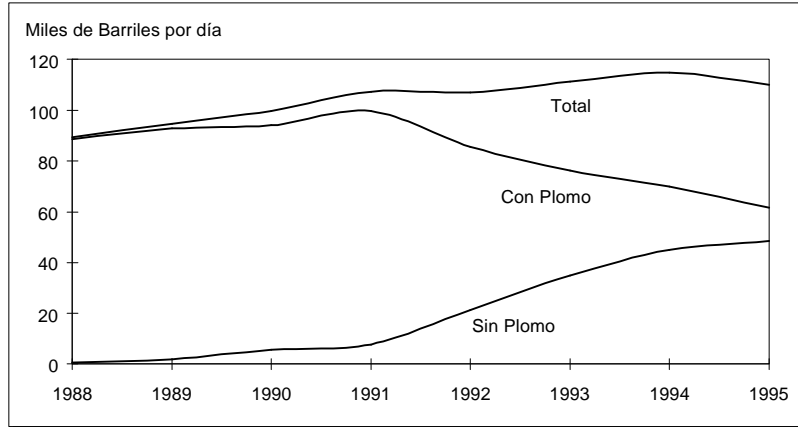
El consumo anual de la ZMVM asciende al equivalente de 16.191 millones de metros cúbicos de gasolina nova (1993). El combustóleo se sustituyó por gasóleo a partir de 1991.

Fuente: SEDESOL, INE (1994) *Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994*. México, D.F.

Dado que la gasolina en usos vehiculares involucra, a la vez, la mayor demanda energética y el porcentaje más significativo de emisiones, es importante prever tendencias más acentuadas de sobrecarga en la cuenca atmosférica a través de la evolución del consumo de gasolina. Este, a su vez, puede ser explicado por la demanda por kilómetros recorridos en vehículo privado, el número de vehículos en circulación, el congestionamiento vehicular, la superficie del área metropolitana ocupada por vialidades y la eficiencia energética de los vehículos, así como por el tipo y calidad de combustibles que se utilizan y las tecnologías de control de emisiones.

Por el momento, cabe decir que el consumo de gasolinas mantiene una tendencia histórica creciente, que pasa de 16 millones de l/día en 1989 a casi 20 millones de l/día en 1994, aunque sujeta desde luego a fluctuaciones cíclicas como resultado de cambios en variables económicas.

### Consumo promedio de gasolinas en la ZMVM



Fuente: Pemex, 1995.

### **Inventario de emisiones**

El balance energético mantiene una asociación estrecha con el inventario de emisiones, lo cual refleja la dependencia de las emisiones respecto del uso de la energía. En efecto, el consumo de gasolina y diesel en el sector transporte representa simultáneamente, el mayor gasto relativo de energía y la mayor aportación de contaminantes con respecto al volumen total (CO, NO<sub>x</sub> y HC; aunque la emisión de partículas puede ser también significativa en algunas zonas). Asimismo, emisiones importantes de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> encuentran su contraparte proporcional en aquellos sectores de actividad cuyos insumos energéticos son el combustóleo, el gasóleo, el gas natural y el gas LP, y que son: la industria, la generación de electricidad y los servicios.

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para el manejo de la cuenca atmosférica. El inventario de emisiones refleja la intensidad con que diferentes usuarios de las capacidades de carga de la atmósfera utilizan este recurso común ambiental. Debe tenerse en cuenta que los usuarios se pueden agrupar en sectores de actividad, lo cual da una idea de la eficiencia ambiental de diferentes procesos urbanos, y también de las prioridades de atención en el diseño de programas y medidas.

El desarrollo de un inventario de emisiones desagregado, preciso y actualizado es una tarea compleja que demanda la integración sistemática de información en un marco de concurrencia institucional entre el gobierno local y la autoridad federal en la materia. Algunas experiencias internacionales señalan años de estudio y una considerable cantidad de recursos necesarios para su definición, por lo que debe subrayarse la necesidad de que en el caso del Valle de México,

el DDF y el gobierno del Estado de México convengan con la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, los flujos de información pertinentes para mantener actualizado el inventario. El que se presenta en este documento ya representa un primer esfuerzo conjunto.

En 1989 se hizo un esfuerzo por elaborar un inventario de emisiones para la ZMVM, según el cual las fuentes industriales y de servicios participaban con sus emisiones en un 8.4% del total y los vehículos con un 77% (24% en NO<sub>x</sub> para fuentes industriales y de servicios y 75% para vehículos; y 13% en HC para fuentes industriales y de servicios y 53% para vehículos). En 1995 se elaboró otro inventario de emisiones con información disponible hasta 1994, que desafortunadamente no puede ser comparado en términos absolutos con el inventario anterior por no aplicar los mismos supuestos y metodologías de cálculo. En base al nuevo inventario (ver tablas y figura a continuación), el total de emisiones es de 4'009,629 ton/año, de las cuales el 12.9% corresponde a la industria y servicios, y un 75% al sector transporte. La contribución de las fuentes industriales es de 50.3% en SO<sub>2</sub> y 25% en NO<sub>x</sub>, mientras que los vehículos automotores emiten el 71% de los NO<sub>x</sub>, el 99% del CO, el 54% de los HC y el 27% del SO<sub>2</sub>. La contribución vehicular en partículas es menor al 5% del total, sin embargo, cabe recalcar que su grado de toxicidad y la exposición de las personas asociada a este sector es mucho más elevado que las partículas provenientes de las fuentes naturales, las cuales representan el 94% del total estimado. Cabe resaltar que la contribución de los servicios representa el 39% del total de HC, sector en el que el mercadeo y distribución de gas LP tienen aportaciones significativas; estimaciones muy preliminares de estas emisiones indican que podrían ser del orden de 250 mil toneladas anuales, esto es, un 24% del total de los hidrocarburos emitidos.

**Inventario de emisiones 1994  
(ton/año)**

Sector	Ton/año						%
	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	Total	
Industria (1)	6,358	26,051	8,696	31,520	33,099	105,724	3
Servicios (2)	1,077	7,217	948	5,339	398,433	413,014	10
Transporte (3)	18,842	12,200	2,348,497	91,787	555,319	3,026,645	75
Vegetacion y suelos (4)	425,337	0	0	0	38,909	464,246	12
<b>Total</b>	<b>451,614</b>	<b>45,468</b>	<b>2,358,141</b>	<b>128,646</b>	<b>1,025,760</b>	<b>4,009,629</b>	<b>100.0</b>

REFERENCIAS:

- (1) Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1994.
- (2) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1994.
- (3) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1994.
- (4) Fuente: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Reporte final de cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México, 1994 y Estudio de Emisión de Partículas Generadas por Fuentes Naturales, 1990.

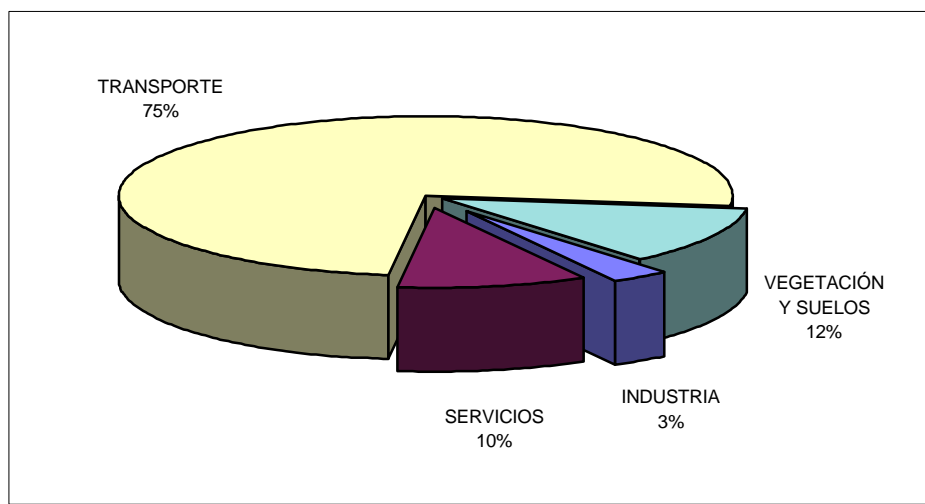
**Inventario de emisiones 1994  
Porcentaje en peso por contaminante**

Sector	%				
	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC
Industria (1)	1.4	57.3	0.4	24.5	3.2
Servicios (2)	0.2	15.9	0.1	4.2	38.9
Transporte (3)	4.2	26.8	99.5	71.3	54.1
Vegetación y suelos (4)	94.2	0.0	0.0	0.0	3.8
<b>Total</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

REFERENCIAS:

- (1) Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1994.
- (2) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1994.
- (3) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1994.
- (4) Fuente: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Reporte final de cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México, 1994 y Estudio de Emisión de Partículas Generadas por Fuentes Naturales, 1990.

**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994  
Contribución a las emisiones totales por sector**



Las tablas a continuación presentan el inventario desagregado en (ton/año) y en contribución por tipo de contaminante.

**Inventario de emisiones 1994  
(ton/año)**

<i>Tipo de Fuente</i>	<i>PST</i>	<i>SO2</i>	<i>CO</i>	<i>NOx</i>	<i>HC</i>	<i>Total</i>
<b>Industria (1)</b>						
Generación de energía eléctrica	162.72	19.32	1,291.08	17,854.92	97.32	19,425.36
Refinación de petróleo/petroquímicas	6.84	84.96	4.68	28.44	157.56	282.48
Industria química	973.68	3,442.92	2,600.64	2,476.68	7,198.37	16,692.29
Minerales metálicos	549.84	621.84	1,458.36	553.44	461.04	3,644.52
Minerales no metálicos	1,675.32	11,710.56	323.28	4,933.56	3,167.64	21,810.36
Productos vegetales y animales	111.36	841.80	40.08	260.16	238.68	1,492.08
Madera y derivados	384.36	3,912.24	463.32	1,821.96	1,442.40	8,024.28
Productos de consumo alimenticio	799.32	2,110.56	405.96	1,069.44	397.08	4,782.36
Industria del vestido	459.96	2,404.80	733.92	1,091.16	605.04	5,294.88
Productos de consumo (varios)	66.60	108.72	74.16	678.36	303.84	1,231.68
Productos de impresión	775.92	19.44	15.00	13.68	5,015.04	5,839.08
Productos metálicos	196.92	559.08	653.40	467.88	1,547.64	3,424.92
Productos de consumo de vida media	98.88	37.80	100.68	69.96	599.40	906.72
Productos de consumo de vida larga	93.36	172.20	523.80	196.20	2,958.60	3,944.16
Artes gráficas (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	8,787.80	8,787.80
Otros	2.64	5.16	7.68	4.08	121.32	140.88
<b>Servicios (2)</b>						
Lavado y desengrase (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	29,044.28	29,044.28
Consumo de solventes (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	42,005.30	42,005.30
Almac. y distribución de gasolina	0.00	0.00	0.00	0.00	20,127.12	20,127.12
Mercadeo y distribución de gas LP (3)	0.00	0.00	0.00	0.00	242,272.03	242,272.03
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	0.00	0.00	0.00	0.00	12,213.40	12,213.40
Superficies arquitectónicas	0.00	0.00	0.00	0.00	21,597.84	21,597.84
Panaderías	0.00	0.00	0.00	0.00	2,290.90	2,290.90
Pintura automotriz	0.00	0.00	0.00	0.00	5,975.50	5,975.50
Pintura de tránsito	0.00	0.00	0.00	0.00	3,381.05	3,381.05
Esterilización en hospitales	0.00	0.00	0.00	0.00	20.12	20.12
Incineración en hospitales	0.00	0.00	0.54	0.51	0.02	1.07



<i>Tipo de Fuente</i>	<i>PST</i>	<i>SO2</i>	<i>CO</i>	<i>NOx</i>	<i>HC</i>	<i>Total</i>
Uso de asfalto	0.00	0.00	0.00	0.00	19,095.32	19,095.32
Plantas de tratmto. de aguas res.	0.00	0.00	0.00	0.00	56.10	56.10
Combustión en hospitales	8.13	20.13	18.43	73.57	2.89	123.15
Combustión residencial	372.10	1,483.23	729.50	3,807.70	289.73	6,682.26
Combustión comercial/institucional	696.54	5,713.44	199.66	1,457.14	61.22	8,128.00
<b>Transporte (4)</b>						
Auto particular	10,321.00	6,061.50	1,044,008.00	31,913.00	253,865.70	1,346,169.20
Pick-up	1,049.00	353.80	73,419.40	2,675.30	19,373.64	96,871.14
Microbús	397.00	827.40	224,077.60	9,395.70	66,472.89	301,170.59
Combi	42.00	650.40	134,954.00	4,918.00	35,108.70	175,673.10
Taxi	612.63	3,072.70	529,530.00	15,982.00	126,574.80	675,772.13
Autobus (R-100)	1,900.00	366.00	5,655.00	6,751.30	2,337.20	17,009.50
Foráneos, suburbanos	120.00	102.20	57,332.70	2,485.60	2,055.10	62,095.60
De carga	360.00	37.00	271,321.10	5,867.60	46,099.68	323,685.38
De carga (más de dos ejes)	1,902.00	266.00	4,735.80	7,204.00	2,079.50	16,187.30
Autobus municipal	2,075.00	400.00	1,777.70	2,591.40	781.60	7,625.70
Locomotoras	38.52	26.28	50.52	414.00	16.84	546.16
Locomotoras de patio	24.91	36.50	52.12	293.96	29.59	437.08
Aeropuerto	0.00	0.00	1,583.23	1,294.89	523.43	3,401.55
<b>Vegetación (5)</b>						
Vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	38,909.00	38,909.00
<b>Suelos (6)</b>						
Suelos	425,337.00	0.00	0.00	0.00	0.00	425,337.00
<b>Total</b>	<b>451,613.55</b>	<b>45,467.98</b>	<b>2,358,141.34</b>	<b>128,645.59</b>	<b>1,025,759.26</b>	<b>4,009,627.72</b>

REFERENCIAS:

- (1) Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1994.
- (2) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1994.
- (3) Fuente: Evaluación realizada por la Subdirección de Inventario de Emisiones, D.D.F. Dirección General de Ecología, 1995.
- (4) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1994.
- (5) Fuente: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Reporte final de cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México, 1994.
- (6) Fuente: UNAM, Manual de inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Estudio de Emisión de Partículas Generadas por Fuentes Naturales, 1990. Esto se verificará con nuevos cálculos.

**NOTA:** En las estimaciones de las emisiones de hidrocarburos en vehículos a gasolina se consideró un factor de 3.3, según apreciaciones de expertos.

**Inventario de emisiones 1994**  
**Porcentaje en peso por contaminante**

<i>Tipo de fuente</i>	<i>PST</i>	<i>SO2</i>	<i>CO</i>	<i>NOx</i>	<i>HC</i>
<b>Industria (1)</b>					
Generación de energía eléctrica	0.04	0.04	0.05	13.88	0.01
Refinación de petróleo/petroquímicas	0.00	0.19	0.00	0.02	0.02
Industria química	0.22	7.57	0.11	1.93	0.70
Minerales metálicos	0.12	1.37	0.06	0.43	0.04
Minerales no metálicos	0.37	25.76	0.01	3.84	0.31
Productos vegetales y animales	0.02	1.85	0.00	0.20	0.02
Madera y derivados	0.09	8.60	0.02	1.42	0.14
Productos de consumo alimenticio	0.18	4.64	0.02	0.83	0.04
Industria del vestido	0.10	5.29	0.03	0.85	0.06
Productos de consumo (varios)	0.01	0.24	0.00	0.53	0.03
Productos de impresión	0.17	0.04	0.00	0.01	0.49
Productos metálicos	0.04	1.23	0.03	0.36	0.15
Productos de consumo de vida media	0.02	0.08	0.00	0.05	0.06
Productos de consumo de vida larga	0.02	0.38	0.02	0.15	0.29
Artes gráficas (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86
Otros	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
<b>Servicios (2)</b>					
Lavado y desengrase (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	2.83
Consumo de solventes (2)	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10
Almac. y distribución de gasolina	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96
Mercadeo y distribución de gas lp	0.00	0.00	0.00	0.00	23.62
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19
Superficies arquitectónicas	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11
Panaderías	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
Pintura automotriz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
Pintura de tránsito	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
Esterilización en hospitales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Incineración en hospitales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso de asfalto	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86
Plantas de tratamiento de aguas res.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Combustión en hospitales	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00
Combustión residencial	0.08	3.26	0.03	2.96	0.03
Combustión comercial/institucional	0.15	12.57	0.01	1.13	0.01

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México

<b>Tipo de fuente</b>	<b>PST</b>	<b>SO2</b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>	<b>HC</b>
<b>Transporte (4)</b>					
Auto particular	2.29	13.33	44.28	24.82	24.75
Pick-up	0.23	0.78	3.11	2.08	1.89
Microbus	0.09	1.82	9.50	7.30	6.48
Combi	0.01	1.43	5.72	3.82	3.42
Taxi	0.14	6.76	22.47	12.42	12.34
Autobús (R-100)	0.42	0.80	0.24	5.25	0.23
Foráneos, suburbanos	0.03	0.22	2.43	1.93	0.20
De carga	0.08	0.08	11.51	4.56	4.49
De carga (más de dos ejes)	0.42	0.59	0.20	5.60	0.20
Autobus municipal	0.46	0.88	0.08	2.01	0.08
Locomotoras	0.01	0.06	0.00	0.32	0.00
Locomotoras de patio	0.01	0.08	0.00	0.23	0.00
Aeropuerto	0.00	0.00	0.07	1.01	0.05
<b>Vegetación (5)</b>					
Vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	3.79
<b>Suelos (6)</b>					
Suelos	94.18	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

REFERENCIAS:

(1) Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1994.

(2) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1994.

(3) Fuente: Evaluación realizada por la Subdirección de Inventario de Emisiones, D.D.F. Dirección General de Ecología, 1995.

(4) Fuente: Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1994.

(5) Fuente: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Reporte final de cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México, 1994.

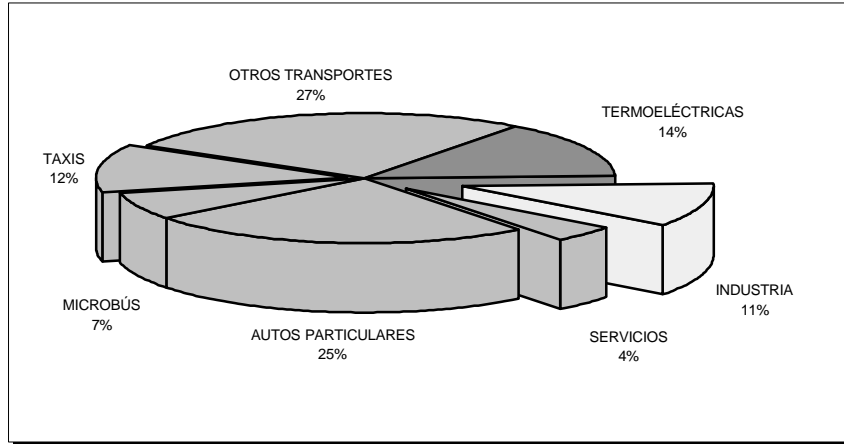
(6) Fuente: UNAM, Manual de inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, Estudio de Emisión de Partículas Generadas por Fuentes Naturales, 1990. Esto se verificará con nuevos cálculos.

NOTA: En las estimaciones de las emisiones de hidrocarburos en vehículos a gasolina se consideró un factor de 3.3, según apreciaciones de expertos.

En relación a los cambios relativos que presenta el inventario de emisiones de 1994 con respecto al de 1989, cabe destacar lo siguiente:

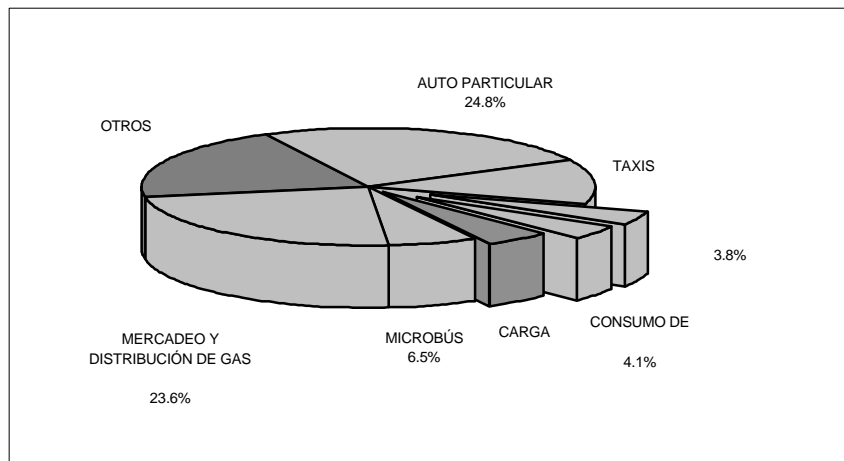
- La contribución de los autos particulares al total de las emisiones de NOx, HC y CO, es la más relevante de todas las fuentes, con 25%, 25% y 44% respectivamente (ver gráfica siguiente). En el renglón de HC la contribución del sector transporte en su conjunto es la más importante.

**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994**  
**Contribución anual en óxidos de nitrógeno por tipo de fuente**



- La industria sigue siendo el sector más trascendente en cuanto a las emisiones de  $\text{SO}_2$  y se mantiene como un importante aportador de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, en cuanto a las emisiones de partículas se estima ahora una menor contribución de la industria que hace seis años, quedando como responsable de menos del 2% de éstas. Las estimaciones de HC presentan una contribución industrial del 3%, la cual es inferior a la de 1989.
- La contribución por erosión a las partículas suspendidas totales prevalece con más del 90% del total.

**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994**  
**Contribución anual en hidrocarburos por tipo de fuente**



- Entre los servicios, los procesos de combustión (residencial, comercial, institucional y en hospitales) son los que aportan emisiones significativas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. Si bien en estos casos la contribución de partículas es insignificante en términos porcentuales, es importante resaltar que pueden imponer riesgos dada su toxicidad y el grado de exposición de la población. Su contribución a los HC es del 39%, por lo que es la segunda en importancia.

Un análisis más detallado de los dos sectores más relevantes, la industria y el transporte, se presenta a continuación.

### Industria

El inventario actual de establecimientos industriales en la ZMVM incluye 4,623 empresas. La ordenación de estas empresas de acuerdo a la magnitud de las emisiones de contaminantes atmosféricos se presenta en la tabla siguiente; la curva de Lorenz respectiva se presenta inmediatamente después.

La tabla presenta seis estratos de empresas de acuerdo al nivel de emisiones indicado en la segunda columna. El estrato A, que incluye a todos los demás, está constituido por las 466 empresas cuyos niveles individuales de emisión son mayores a 6 toneladas anuales; el estrato B, que incluye a los subsecuentes, está formado por 289 establecimientos con emisiones mayores a 12 ton/año, y así sucesivamente.

Esta forma de organizar la información contenida en la tabla, permite observar que las 466 empresas del estrato A representan un volumen de 53,536 ton/año de precursores de ozono, es decir, el 96% de las emisiones totales del sector industrial. Asimismo, y siguiendo con el mismo razonamiento, se puede observar que basta con incluir a las 94 empresas más contaminantes para abarcar el 83% de las emisiones totales de estos compuestos producidos por la industria en su conjunto.

### Ordenación de empresas de la ZMVM según volumen de emisiones de HC y NO<sub>x</sub>

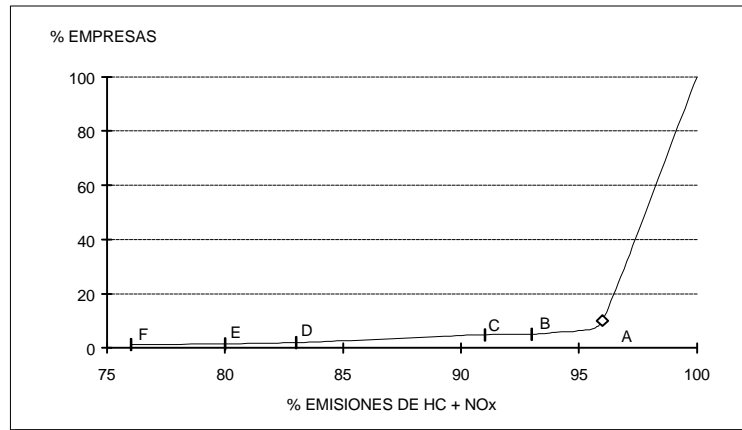
Grupo	Estratos de emisión (ton/año)	No. de empresas	% de empresas respecto al total	Emisión (ton/año)		% de emisión respecto al total del sector
				HC	NO <sub>x</sub>	
A	mayor a 6	466	10.08	23,194	30,342	53,536
B	mayor a 12	289	6.25	22,476	29,473	51,949
C	mayor a 18	228	4.93	21,936	29,045	50,981
D	mayor a 60	94	2.03	19,595	26,546	46,141
E	mayor a 90	74	1.60	19,064	25,768	44,832
F	mayor a 120	56	1.21	17,721	24,954	42,675

Numero total de empresas de la base de datos.....	4,623
Emisión total (HC + NO <sub>x</sub> ): (Ton/Año) .....	55,831
Emisiones totales HC (Ton/año) .....	24,311
Emisiones totales NO <sub>x</sub> (Ton/Año) .....	31,520

Nota: Sólo se incluyen las empresas sujetas a la jurisdicción federal; no se consideró la industria de artes gráficas.

El sesgo en la distribución de emisiones de precursores de ozono del sector industrial, puede observarse claramente en la siguiente curva de Lorenz. El punto A representa a las 466 empresas que generan el 96% de los precursores de ozono en el sector industrial. El otro 4% de los precursores, corresponde a las emisiones producidas por el otro 90% de las empresas, es decir, por 4,157 establecimientos.

### Contribución de las industrias a las emisiones de HC y NOx



Si ampliamos el análisis anterior e incorporamos las emisiones de SO<sub>2</sub>, CO y PST, se mantiene el mismo comportamiento, ya que incluidas las 94 empresas más contaminantes se abarca el 83% de las emisiones totales de la industria. Estos análisis proporcionan elementos para el establecimiento de programas adecuados de reducción de emisiones industriales, como en el caso de contingencias ambientales.

### Servicios

En la zona metropolitana, las fuentes o procesos que generan contaminación atmosférica incluyen los denominados giros menores o de servicios, que se definen como "los lugares donde un establecimiento o comercio es dedicado a la prestación o venta de un servicio"; con base en la definición anterior, los giros menores se clasifican en: baños públicos, hoteles, centros deportivos, hospitales, lavanderías, tintorerías, restaurantes, panificadoras y tortillerías.

Estudios realizados por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal señalan la existencia de 13,269 establecimientos de servicios, de los cuales el 79% (10,434 establecimientos) se encuentran en el Distrito Federal y el restante 21% (2,835 establecimientos) se encuentran en el Estado de México.

La emisión de los contaminantes en los establecimientos de servicio tiene su origen en los procesos de combustión empleados para brindar bienestar a la población. Como resultado de la quema de los distintos combustibles, tales como gas LP, die-

sel, gasóleo, gas natural y petróleo diáfano, se estima que estos giros menores emiten diariamente 467,786 kilogramos de contaminantes a la atmósfera.

La atmósfera de la Zona metropolitana registra una concentración relativamente elevada de hidrocarburos, en lo cual el sector de servicios tiene una responsabilidad importante. Los hidrocarburos atmosféricos provienen de las emisiones evaporativas de la gasolina, así como de emisiones vehiculares en forma de hidrocarburos sin quemar, pero existe otra fuente considerable de hidrocarburos detectada recientemente tanto por el Instituto Mexicano del Petróleo como por investigadores de la Universidad de California, la cual se atribuye a fugas de gas licuado de petróleo.

El gas LP, en los países altamente industrializados, está constituido por propano (95% mínimo). En México se comercia una mezcla en la que predomina el propano (70%) pero que contiene una proporción apreciable de butano, isobutano, propileno y butilenos. El problema con nuestro gas LP es su fotorreactividad, ya que los butanos y las olefinas son más fotorreactivos que el propano. Cabe destacar que la ZMVM es el mercado más grande del mundo en gas LP y que su consumo, de 70,000 barriles diarios, se aproxima al de las gasolinas. Esto hace que aquí los márgenes de maniobra sean interesantes, ya que se puede actuar eficientemente sobre dos aspectos: la eliminación de una parte importante de las fugas en instalaciones domiciliarias y comerciales, y el enriquecimiento del gas con propano.

Hay que aclarar sin embargo que la reformulación del gas LP conlleva algunos riesgos dado el estado actual de los cilindros y la tanquería, pues la presión de envasado del propano, de 14 kg/cm<sup>2</sup>, es mayor que la utilizada actualmente. Si se deseara cambiar la composición del gas LP para aumentar el contenido de propano, sería necesario verificar que los recipientes se encuentren en buen estado y que resistan la presión de la nueva formulación.

El gas licuado goza a la fecha de un fuerte subsidio del 55%. El bajo precio no estimula una política de conservación y ahorro del recurso energético, además de que el gas LP es un producto que está incluido en la "canasta básica", por lo que su precio está sujeto a controles especiales. Por otra parte, hay que decir que Petróleos Mexicanos podría obtener un mayor beneficio de comerciar el butano y las olefinas como materia prima petroquímica, en lugar de destinarlo a gas licuado.

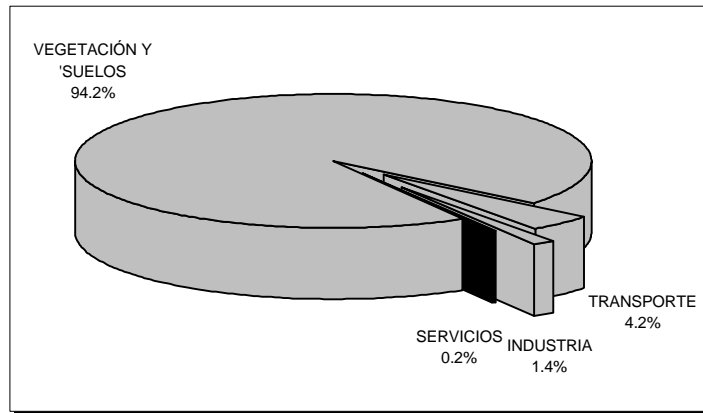
No se cuenta con estudios detallados sobre la eficiencia de los equipos de combustión que usan gas LP, pero en general ésta es baja. En algunos casos liberan hasta 20% de hidrocarburos sin quemar, además de que suelen trabajar con un gran exceso de aire, lo que reduce aún más la eficiencia térmica.

### ***Suelos y vegetación***

Las principales fuentes de emisión de partículas a la atmósfera son la erosión del suelo, así como la suspensión de polvos provenientes de áreas pavimentadas y sin pavimentar, y, especialmente, de las zonas lacustres desecadas en la parte oriental

de la cuenca. Como se mencionó, los suelos contribuyen con más del 90% de las emisiones de partículas y se estima que la vegetación aporta el 5% de HC.

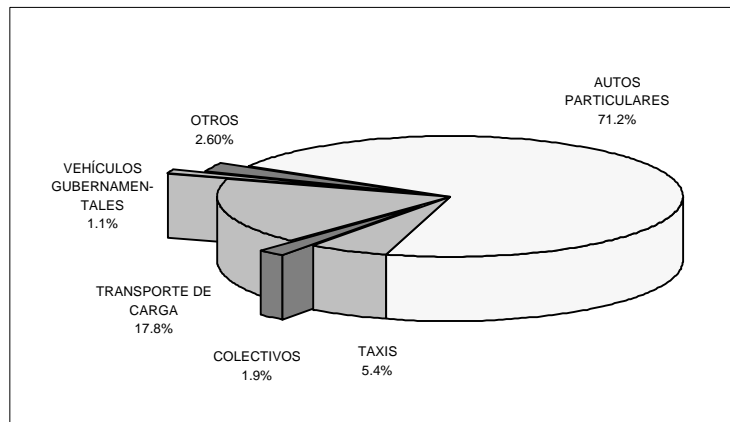
**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994**  
**Contribución anual en partículas suspendidas por tipo de fuente**



**Transporte**

El inmenso consumo de combustibles por parte de los vehículos automotores constituye, aunado a todas sus implicaciones, la principal fuente de emisiones contaminantes del Valle de México. El parque vehicular de la zona metropolitana ha crecido de manera persistente durante los últimos años, a tasas cercanas al 10% anual. Se estima que actualmente circulan entre 2.5 y 3 millones de automotores.

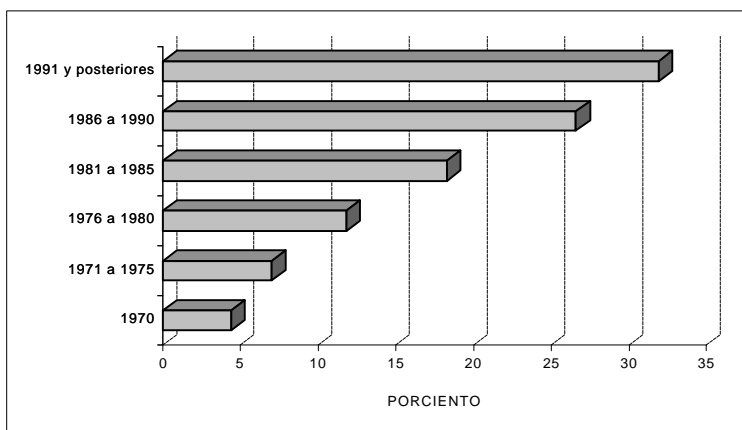
**Distribución del parque vehicular en circulación en la ciudad de México**





Aproximadamente un 45% de los vehículos tiene más de 10 años de uso, situación que complica la búsqueda de soluciones al problema de la contaminación.

**Distribución de los vehículos por edades en la ZMVM**



Dentro del sector transporte, la variabilidad de las contribuciones contaminantes por pasajero kilómetro es muy alta, como se puede constatar en la tabla siguiente:

**Emisiones contaminantes por pasajero transportado (g/pasajero-kilómetro)**

Tipo de vehículo	Contaminante		
	NOx	HC	CO
VEHÍCULOS privados sin convertidor catalítico	1.00	4.47	45.20
VEHÍCULOS privados con convertidor catalítico	0.40 *	0.47	4.70
TAXI sin convertidor catalítico	2.14	9.57	96.85
TAXI con convertidor catalítico	0.86 *	1.00	10.00
COMBI sin convertidor catalítico	0.20	1.30	13.40
COMBI con convertidor catalítico	0.08 *	0.144	1.11
MICROBÚS de gasolina	0.16	0.09	0.79
MICROBÚS con convertidor catalítico	0.06 *	0.018	0.0348
MICROBÚS de GLP sin convertidor catalítico	0.0725	0.06	0.907
MICROBÚS de GLP con convertidor catalítico	0.029	0.011	0.11
Autobuses Urbanos	0.60	0.20	0.70

\* con convertidor catalítico de 3 vías

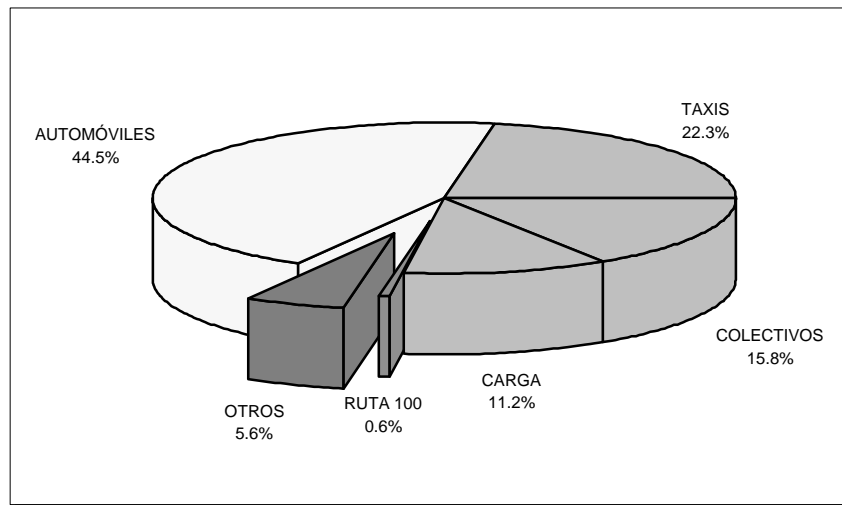
Fuente: D.D.F

A pesar de la recesión económica por la que el país atraviesa en este momento, es previsible que la actividad económica se reactive en el mediano plazo. Esto reinstalaría las tendencias de crecimiento del parque vehicular, de un mayor congestionamiento y, como resultado de estos dos factores, de un aumento en el consumo de combustibles, generando con ello más contaminación.

Los problemas causados por el aumento del parque vehicular están íntimamente ligados entre sí, provocando mayor consumo de combustibles y por lo tanto mayor contaminación. El inventario de emisiones de 1994 indica que el sector transporte emite anualmente 3,026,645 toneladas de contaminantes, de los cuales 2,348,497 toneladas corresponden a monóxido de carbono, 555,319 toneladas a hidrocarburos y 91,787 toneladas a óxidos de nitrógeno.

La figura siguiente indica la contribución porcentual a las emisiones totales del sector por tipo de transporte:

**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994. Contribución anual a las emisiones del sector transporte por tipo de vehículos**



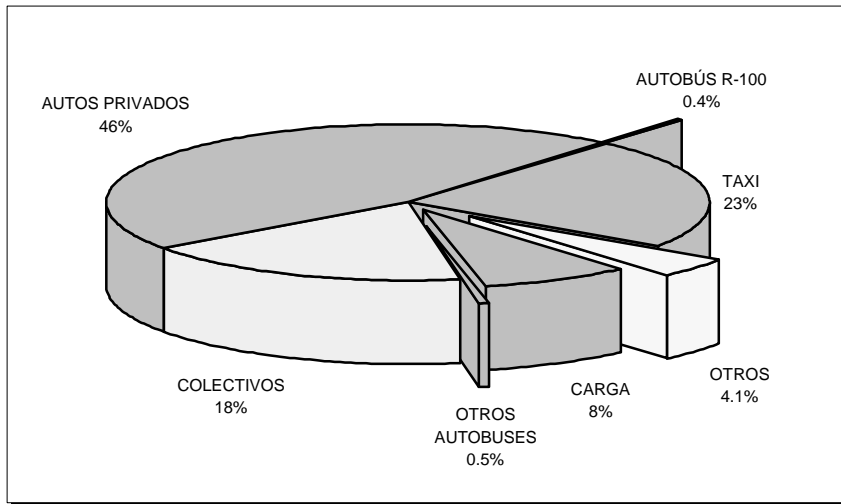
La gran incertidumbre que existe en la estimación de las emisiones de HC en los vehículos de gasolina ha sido un tema de discusión recurrente en los últimos años a nivel internacional, por la dificultad que implica el tomar en cuenta las emisiones evaporativas. Las cifras que aquí se presentan para el inventario 1994 partieron de la aplicación de un modelo que considera principalmente a las emisiones por el escape de los vehículos. Sin embargo, diversos estudios de reconciliación de inventarios con datos de calidad del aire y de modelación

urbana han mostrado que existe una subestimación importante en las emisiones de HC, que se calcula en un factor de 2 o más según Calvert *et al*<sup>42</sup>.

Por otra parte, un estudio comparativo de emisiones evaporativas con 20 vehículos<sup>43</sup>, arroja resultados en donde la relación promedio de éstas con respecto a las emisiones del escape está en el intervalo 0.47 a 0.57, siendo sólo para dos de los vehículos superior a uno. Por otro lado, recientemente se ha estimado que el 70% de las emisiones vehiculares de HC son evaporativas y que el 30% restante proviene del escape<sup>44</sup>. Resulta evidente el hecho de que, entre los diferentes estudios técnicos, no se mantiene una consistencia en los resultados.

Con base en lo anterior, y considerando la alta relación existente de HC/NOx en la atmósfera de la zona metropolitana, las emisiones aquí reportadas resultaron de tomar las proporcionadas por el modelo y ajustarlas de acuerdo con los resultados de Riveros y sus colaboradores.

**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994. Contribución anual en hidrocarburos del sector transporte por tipo de vehículo**

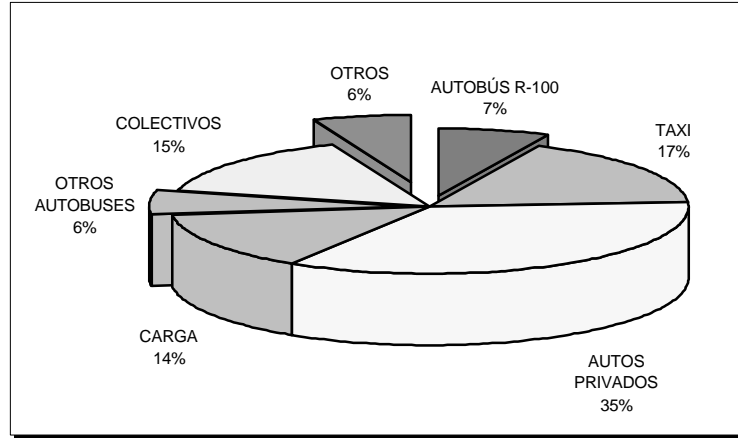


<sup>42</sup> Calvert, J.G., Heywood, J.B., Sawyer, R.F., Seinfeld, J.H., (1993). *Science*, vol. 261, p. 37.

<sup>43</sup> DDF-IMP, *Estudio para la determinación de factores de emisiones evaporativas en vehículos automotores representativos de la ZMCM*, noviembre de 1994.

<sup>44</sup> Riveros H. *et al.*; "Hidrocarbons and Carbon Monoxide in the Atmosphere of Mexico City", aceptado para publicación en *J. Air Waste Management Assoc.*, agosto de 1995.

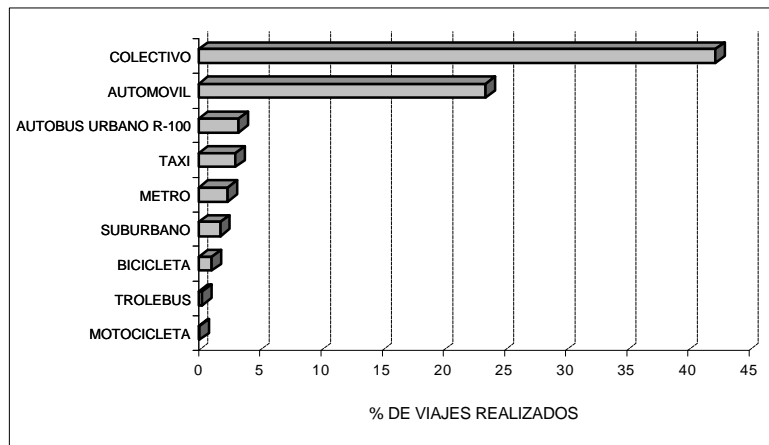
**Inventario de emisiones de la ZMVM. 1994**  
**Contribución anual en óxidos de nitrógeno del sector**  
**transporte por tipo de vehículo**



**Movilidad urbana**

La anarquía subyacente al patrón de movimientos y a la generación de viajes en la zona metropolitana, obedece a la organización espacial de esta última, a la distribución locacional de sus principales centros de actividades, a los horarios escolares y laborales y en general a los hábitos y costumbres de los habitantes de la mancha urbana del Valle de México.

**Estructura porcentual de los viajes realizados en la ZMVM,**  
**según modo de transporte \***



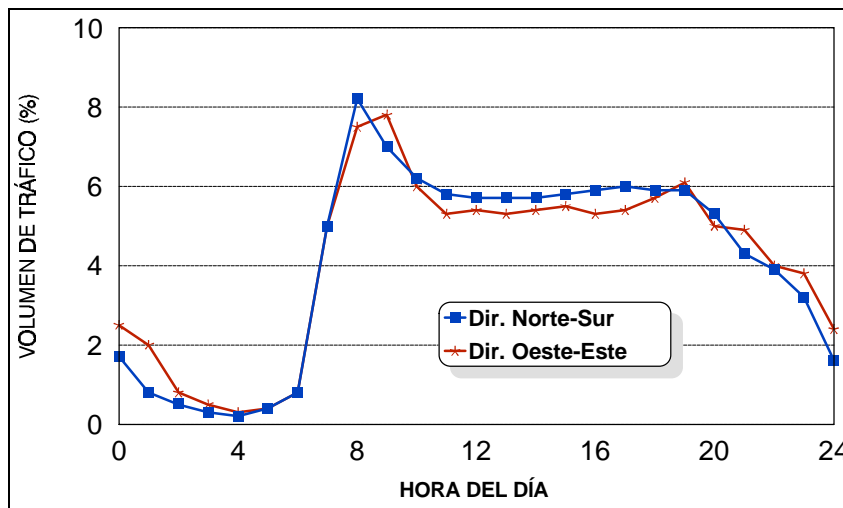
\* No incluye viajes realizados por menores de 6 años. La suma de los componentes no es igual a 100% ya que sólo se consideran viajes unimodales.  
 Fuente: INEGI, *Encuesta de Origen y Destino de los Viajes de los Residentes del Área Metropolitana de la Zona Metropolitana*, 1994.

Se estima que actualmente se realizan alrededor de 36 millones de viajes-persona-día en la zona metropolitana, correspondiéndole al automóvil particular satisfacer el 21.4% de los mismos.

La gráfica anterior muestra un problema de distribución modal de los viajes persona ambientalmente ineficiente, porque la gran mayoría de ellos se realizan en vehículos de combustión interna y no en medios más limpios de transporte.

La afluencia vehicular en las principales vías de comunicación se mantiene casi constante durante nueve horas (10:00 a 19:00 horas), presentando sólo una hora pico. De esta manera, las horas "valle" y "pico" durante el horario productivo de la ciudad, son prácticamente inexistentes, apreciándose una alta afluencia vehicular homogénea.

**Comportamiento del tránsito vehicular para vehículos particulares**

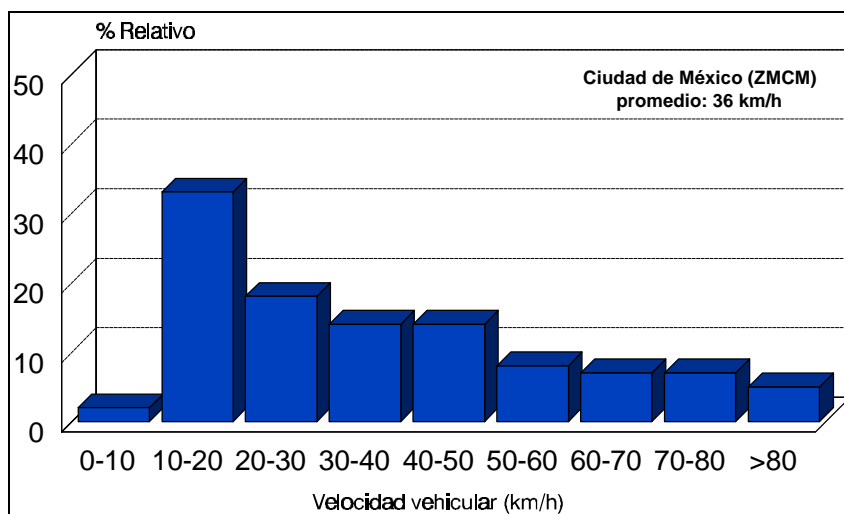


Fuente: Aforos vehiculares, TÜV.

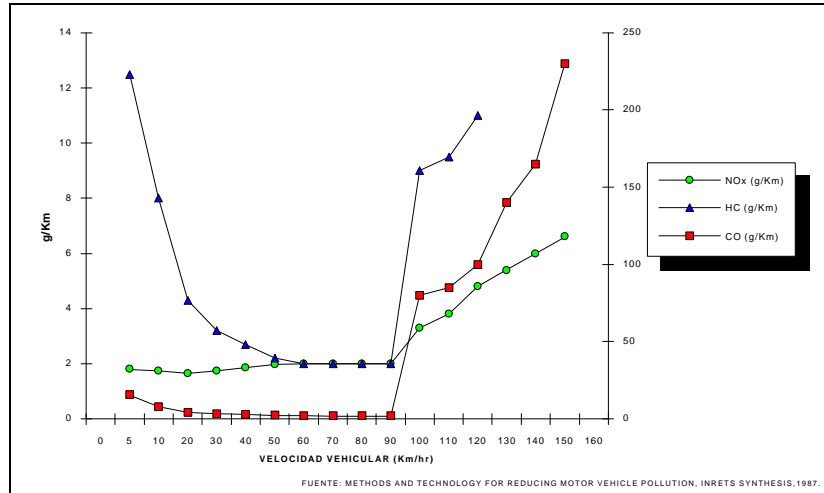
**Cargas vehiculares en avenidas del Distrito Federal**

Avenida	Vehículos diario (entre 30,000 y 50,000)	Vehículos diario (más de 50,000)
Calzada de Tlalpan.		X
Boulevard Miguel Alemán.		X
Calz. Ignacio Zaragoza.		X
Av. Insurgentes Sur.		X
Xola		X
Eje Central Lázaro Cárdenas.		X
Avenida Tlahuac.	X	
Calzada Ermita Iztapalapa.	X	
Paseo de la Reforma.	X	
Río Consulado.		X
Eje 7 Sur (Municipio Libre).		X
Eje 8 Sur (A. Popocatepetl).	X	
Avenida Churubusco	X	
Calzada México - Xochimilco.	X	

**Distribución de velocidades en la ZMCM**



### Emisiones de vehículos particulares en relación con la velocidad



La velocidad promedio vehicular en la zona metropolitana es de 36 kilómetros por hora. Esta velocidad, sumamente baja, se ve reducida aún más cuando la ciudad sufre de marchas y plantones. Aunque es difícil cuantificar el impacto ambiental de las marchas, debido a que éste depende de la magnitud de la manifestación (número de integrantes), la hora en que se realiza, la vialidad que se afecta, el número de carriles obstaculizados y la duración de la misma, es una realidad que al disminuir significativamente la velocidad de cruce se incrementan las emisiones vehiculares de HC y CO.

### Costos externos del automóvil

Además de su responsabilidad en las emisiones a la atmósfera, los vehículos automotores plantean costos e impactos adicionales al medio, que directa o indirectamente deben ser ponderados con el objeto de configurar escenarios más integrados de política ambiental urbana. Entre tales costos externos sociales ambientales atribuibles a la utilización irrestricta de los vehículos automotores, además de la contaminación atmosférica, se cuentan el congestionamiento vial, la pérdida de horas hombre, la baja productividad, los accidentes, la ocupación ineficiente de recursos territoriales, suburbanización horizontal, los patrones extensivos de inversión y la ocupación territorial (vialidades, redes de comunicación, electrificación, pavimentos y guardiones, agua potable, alcantarillado, redes de transporte), las reducciones en las áreas verdes y reservas disponibles, la emisión de gases con efecto invernadero, los cambios climáticos

locales, el uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico, etc. Estos costos no los paga quien los provoca, sino que se transfieren a toda la sociedad, al no existir un sistema de precios relevante ni un marco de incentivos que lo impida.

Los autos privados se asocian con muchas de las ineficiencias de la estructura y del funcionamiento urbano, así como con tendencias claramente alejadas de perspectivas de sustentabilidad. Los procesos de circulación de vehículos automotores en la ciudad imponen considerables costos a la economía urbana y al bienestar de sus habitantes.

Varios estudios llevados a cabo en diversos países han demostrado que a lo largo de los años han ido aumentando no sólo el número de viajes en automóvil, sino también la longitud de los mismos. Por ejemplo, en los Estados Unidos (en donde el automóvil es uno de los pilares del *sueño americano* y por lo tanto casi un fin en sí mismo), el automovilista promedio manejó 16% más kilómetros para ir al trabajo en 1990 que en 1969, 88% más kilómetros para ir de compras y 137% más kilómetros para realizar otras actividades (escuela, iglesia, médicos, etc.)<sup>45</sup>. Estas estadísticas van más allá de reflejar un hecho particular de la sociedad norteamericana; indican lo sucedido en la mayoría de los países y que va generalmente acompañado por un fenómeno de urbanización extensiva altamente costoso e ineficiente: cada vez más vialidades y redes de agua potable, drenaje y electrificación más largas y con costos marginales crecientes; también menos áreas verdes y centros de convivencia vecinal, lo cual propicia una inevitable desintegración comunitaria.

Otros estudios arrojan datos poco alentadores. Por ejemplo, John Whitelegg<sup>46</sup> cita evidencias de que en muchos casos el tiempo ahorrado en trayectos de automóvil, se gasta simplemente en recorrer más distancias. Por otro lado, un estudio realizado por las autoridades metropolitanas de Bangkok estima que la fuerza de trabajo en Thailandia pierde en promedio 44 días laborables al año por problemas de tráfico<sup>47</sup>.

Estas tendencias resaltan cada vez más dramáticamente los costos externos del automóvil. Por ejemplo, los problemas de congestionamiento son comunes a todas las grandes ciudades, tanto en aquellas que tienen una buena infraestructura vial,

---

<sup>45</sup> U.S. Federal Highway Administration, (1992). *1990 Nationwide Personal Transportation Survey: Summary of Travel Trends*, Washington, D.C.

<sup>46</sup> Jefe del Departamento de Geografía de la Universidad de Lancaster, Inglaterra, citado en Marcia Lowe, (1994). "Reinventing Transport", en *State of the World*, Worldwatch Institute, W.W. Norton & Company.

<sup>47</sup> Mia Layne Birk y P. Christopher Zegras, (1993). *Moving Toward Integrated Transport Planning: Energy, Environment and Mobility in Four Asian Cities*, Institute for Energy Conservation, Washington D.C.



v.gr. en los EUA, como en las que pertenecen a países como Polonia y Turquía que tienen niveles bajos de posesión de autos. Independientemente del caso, los costos del congestionamiento son tremendamente altos: se calcula que en la OCDE el costo del tiempo gastado en desplazamientos se aproxima al 7% del PIB<sup>48</sup>.

El transporte automotor de carga por carretera también tiende a aumentar, al permanecer estancada la actividad ferrocarrilera; y, dado que todo viaje de carga comienza y termina generalmente en alguna área urbana, éste se adiciona a las presiones ambientales de las ciudades y a los problemas de congestión. Igualmente, nuevos esquemas de distribución de mercancías más intensos requieren de envíos más frecuentes, mientras que la distribución al mayoreo en grandes bodegas o almacenes centrales implica viajes más largos.

Del mismo estudio se desprende que el costo en vidas humanas es notable: en la Unión Europea cada año mueren 55,000 personas en las carreteras, 1.7 millones son heridas y 150,000 quedan incapacitadas de por vida. Pero más allá del dolor que todo esto pueda producir, están los costos pecuniarios de los percances del transporte: se calcula que éstos alcanzan el 2% del PIB en los países de la OCDE. Ahora bien, en lo que se refiere a los costos ambientales, cabe decir que éstos son difíciles de medir y que todas las estimaciones deben de tomarse con cuidado. Un grupo de investigadores de la Universidad de California, estimó los costos de la contaminación atmosférica relacionados con el transporte en los EUA entre 10 y 200 mil millones de dólares anuales. En Suiza, el costo relativo al daño de los edificios en el año de 1988 se estimó en 278 millones de dólares y los impactos en la salud en 333 millones de dólares. En la Unión Europea los costos de la contaminación atmosférica (90% de ellos se atribuyen al transporte) equivalen a 0.3 ó 0.4% del PIB, misma cifra que se encontró para los países de la OCDE.

El tránsito de vehículos automotores provoca en Suecia cerca de 2,000 nuevos casos de cáncer anualmente, como consecuencia de las emisiones tóxicas que desprenden. Se estima que, en general, más del 70% de los tóxicos a que está expuesta la población urbana se asocia a los vehículos automotores privados. En Inglaterra y Gales, más de 10000 personas mueren al año como resultado de las emisiones tóxicas de los automóviles, sin contar los problemas cardiovasculares provocados por partículas inhalables también provenientes de los autos privados.

Es necesario añadir que la inseguridad por el riesgo de accidentes en grandes vialidades y en calles congestionadas, tiende a reducir los viajes a pie (a la escuela, al trabajo o de compras) y, consecuentemente, a incrementar los viajes en automóvil, lo cual realimenta el proceso de congestión e inseguridad. Ade-

---

<sup>48</sup> OCDE, (1994). Reporte *Urban Travel*.

más de la congestión, recordemos que el riesgo de accidentes por atropellamientos a peatones es directamente proporcional a la anchura o amplitud de las vialidades.

El caso de México no es menos dramático. En un trabajo publicado por el Banco Mundial<sup>49</sup>, se incluyen estimaciones que indican los siguientes costos anuales de acuerdo a sus efectos potenciales, en miles de millones de dólares para la zona metropolitana:

#### Costos ambientales estimados para México

Efectos de los contaminantes	Miles de millones de dólares
partículas suspendidas en la morbilidad	0.36
partículas suspendidas en la mortalidad	0.48
ozono en la morbilidad	0.10
plomo en la sangre de los niños	0.06
plomo en educación asistida para niños	0.02
plomo en hipertensión de adultos	0.01
plomo en infartos de miocardio	0.04

En los Estados Unidos los costos externos anuales del transporte son también extraordinariamente altos. Komanoff<sup>50</sup> realizó los cálculos y presenta sus estimaciones de la manera siguiente:

#### Costos externos del transporte para los Estados Unidos

Concepto	Miles de millones de dólares/año
accidentes	49
congestionamientos	25
contaminación atmosférica (incluye enfermedades, mortalidad, daños agrícolas)	63
uso del suelo para pavimentación (ingresos fiscales perdidos)	65
energía	60
ruido (estrés, pérdida de sueño, daños por vibración a edificios)	26

<sup>49</sup> Margulis, S., (1992). *Back-of-the-Envelope Estimates of Environmental Damage Costs in Mexico*, WPS824, World Bank.

<sup>50</sup> Komanoff, Ch. Edición en preparación: "Pollution Taxes for Roadway Transportation", *Pace Environmental Law Review*, Pace University, New York.

Con base en los análisis presentados en este capítulo podemos afirmar que el papel preponderante que juegan los automóviles en la dinámica diaria de la vida de la ZMVM contradice elementales criterios sociales, energéticos, de planeación urbana, ambientales y económicos:

- Desde el punto de vista social, la preeminencia del automóvil privado no es justificable: sólo la quinta parte de la población viaja habitualmente en dicho medio, realizando tan sólo el 25% del total de viajes-persona-día (vpd) ; en tanto que los taxis (igual o más contaminantes que los autos privados) representan el 5% del parque vehicular y contribuyen con sólo el 3% de los viajes y el transporte público (colectivos, metro, suburbanos, autobuses y trolebuses) absorbe el 50% de los vpd.
- El balance energético de la ciudad indica que el consumo de gasolina por parte de usuarios de vehículos automotores privados representa el mayor gasto relativo de la energía usada por el sector transporte. Por cada vpd los vehículos privados consumen alrededor de diecinueve veces más energía que R-100, nueve veces más que el transporte colectivo de ruta fija (peseros), sesenta y dos veces más que el metro y noventa y cuatro veces más que los trolebuses.
- En relación con los criterios urbanos se puede considerar que el uso del automóvil es causa y resultado a la vez de la creciente expansión de la mancha urbana. Este proceso de expansión produce la necesidad de viajar cada vez distancias más largas para ir a trabajar, desde áreas suburbanas con densidades relativamente bajas de población, en las cuales resulta sumamente difícil y costosa la dotación de un transporte público adecuado. Adicionalmente, las vialidades ocupan una superficie cada vez mayor del espacio urbano disponible, estimándose que hoy en día casi el 30% del área metropolitana está cubierta por vialidades.
- La inequidad social del automóvil se acentúa al considerar aspectos ambientales, pues además de su limitada contribución en términos de viajes-persona-día, los autos son responsables de más del 50% de las emisiones contaminantes producidas por el sector transporte. En cuanto a la carga contaminante expresada en Unidades de Toxicidad Equivalente (UTE), por cada vpd, los autos privados emiten cinco y media veces más que los colectivos, siete veces más que los autobuses suburbanos y trece veces más que los autobuses de la Ruta-100 (ver tabla a continuación).<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Quadri G. y L. Sánchez Cataño,(1992) *La zona metropolitana y la contaminación atmosférica*. Limusa Noriega Editores, México, D.F.

**Consumo energético y carga contaminante por tipo de transporte (Datos de 1989)**

Medio de transporte	Viaje persona día	Consumo energético Kcal x 10 <sup>10</sup> /día	Consumo de energía Kcal/VP	Emisiones por contaminante Ton/día UTE	Carga contaminante UTEx10 <sup>6</sup> /VPD
Autos privados	4 400 000	8.00	18.200.0	1 1809.9	411.34
Transporte colectivo, ruta fija y libres	10 020 000	2.30	2.295.0	759.33	75.78
R-100	4 200 000	0.45	1071.0	124.62	30.86
Autobuses suburbanos y líneas privadas "chimecos"	5 500 000	1.03	1873.0	304.20	55.31
Metro	4 800 000	0.15	319.0	41.17	8.57
Trolebús y tren ligero	535 000	0.01	187.0	3.46	6.4
Totales	2 9 450 000	11.94	4.054.0*	3 047.68	588.26*

\* Resultado promedio para todo el sistema de transporte.

FUENTE: Departamento del Distrito Federal (1990) *Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica*, Departamento del Distrito Federal (1989) *Programa Integral de Transporte* y Quadri G. y Sánchez Caetano L.(1992) *La Zona metropolitana y la Contaminación Atmosférica*. Limusa Noriega Editores. México, D.F.

- Finalmente, la perspectiva económica nos indica que existe una gran cantidad de costos externos asociados al uso del automóvil que son asumidos por toda la sociedad y no sólo por los propietarios de vehículos. Entre estos costos destacan los gastos por enfermedades causadas por la contaminación (hospitalización, medicinas, etc.), la disminución y pérdida de productividad, la pérdida de horas-hombre por congestión, la pérdida de vidas humanas por accidentes, y el daño a bosques y cultivos causados por los oxidantes fotoquímicos.

De todas las estimaciones anteriores, queda claro que independientemente de las metodologías seguidas para el cálculo de los costos externos del automóvil, éstos son exageradamente altos. Las implicaciones ambientales de la automovilización rebasan los problemas estrictamente catalogados como "al final del tubo" y conducen hacia una tendencia centrífuga de derrame urbano sobre importantes recursos territoriales y sistemas biofísicos que suministran bienes y servicios ambientales de carácter estratégico. Esto se manifiesta claramente en el uso excesivo y no sustentable de las capacidades de carga de la cuenca atmosférica del Valle de México para recibir, dispersar, diluir y neutralizar contaminantes.

### **Calidad de los combustibles**

Con el propósito de hacer un análisis objetivo del efecto que tienen las diferentes propiedades de una gasolina en los niveles de ozono atmosférico, conviene citar antes algunas de las conclusiones alcanzadas por el Consejo Nacional Estadounidense de la Investigación (NRC por su nombre en inglés). En efecto, Calvert et al.<sup>52</sup> señalan que “*se ha fracasado en alcanzar las normas de calidad, a pesar de los programas de control de la contaminación de los últimos 20 años*”. Indican que de 1982 a 1991, tan sólo disminuyeron en 8% las concentraciones de ozono y comentan que el problema no es fácil de resolver.

Los autores antes mencionados advierten que el control de la contaminación es un ejercicio costoso y que por ello es importante determinar la efectividad en costo de las diferentes opciones de control. Los cambios más promisorios que se pueden dar en la calidad de la gasolina desde el punto de vista ambiental consisten en disminuir el contenido de azufre y la presión de vapor. La reducción de azufre mejora la eficiencia del convertidor catalítico y la aminoración de la presión de vapor tiene un efecto directo en la disminución de las emisiones evaporativas. También recomiendan disminuir  $T_{90}$ , esto es, la temperatura a la cual destila el 90% de la gasolina y el contenido de olefinas. La adición de oxigenados es benéfica cuando se pretende mantener el octano y reducir el nivel de monóxido de carbono, pero esta acción parece no ofrecer beneficios con respecto a la reducción de ozono. Mencionan que no vale la pena abatir la concentración de aromáticos.

En EE.UU. se prohibió la fabricación y venta de gasolina con plomo a partir de 1990. Por ello, sólo se comparan en la siguiente tabla las especificaciones mexicanas y norteamericanas de gasolina sin plomo. Se detallan las especificaciones federales norteamericanas de la gasolina Regular, las actuales de California, y las que regirán en California a partir de junio de 1996. En la tabla se incluyen los valores promedio que durante 1995 alcanzaron las diversas propiedades que caracterizan a la gasolina Magna Sin.

---

<sup>52</sup> Calvert, J. (1993). *Science*, 261, 37.

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

	Magna sin		Regular		Magna sin
	México Nom-086* 1995	EE.UU. Astm D4814 1993	CARB 1996	CARB Junio 1996	Valor típico en 1995
Presión de vapor, lb/pulg <sup>2</sup>	6.5 - 8.5	7.8 máximo en Denver	7.0 máx.	6.8 máx.	8.1
Temperatura de destilación, °C:					
10% destila a °C (máximo)	65	70			53
50% destila a °C:	77-118	77 - 121	99 máx.	93 máx	100
90% destila a °C (máximo):	190	190	165	143	174
Temperatura final ebullición:	221	225			216
Azufre, % peso máximo	0.10	0.10	0.013	0.003	0.048
Plomo, kg/m <sup>3</sup> , máximo	0.0026	0.013			0.00017
Número de octano carretero, (R+M)/2, mínimo	87.0	87.0	87.0	87.0	87.3
Aromáticos, % volumen máximo	30	-	27	22	27.2
Olefinas, % volumen máximo	15**	-	8.5	4	10.3
Benceno, % volumen máximo	2	-	0.8	0.8	1
Oxígeno, % en peso	1-2		2 mín	2 mín	1.06

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

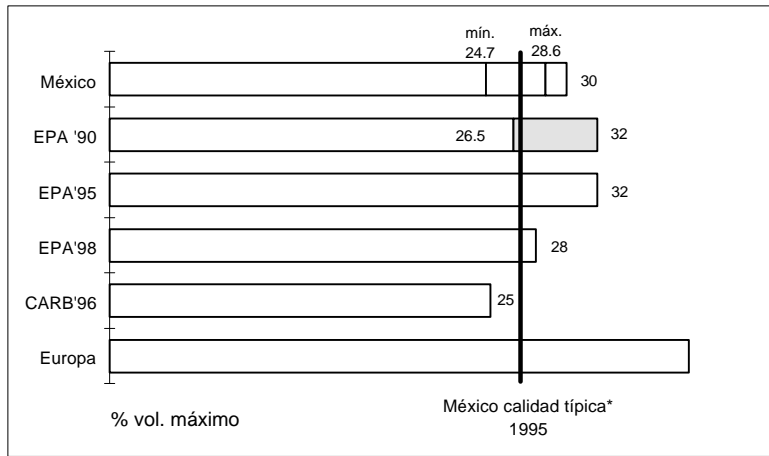
\*\* A partir de enero de 1998 el valor máximo permisible será de 12.5%

Se puede inferir de la tabla anterior que la gasolina Magna Sin satisfizo las especificaciones mexicanas durante 1995 y que tiene características similares a la Regular norteamericana. La gasolina californiana tiene parámetros más estrictos que la Regular norteamericana y que la mexicana, en lo que respecta a presión de vapor, destilación, contenido de azufre, aromáticos, olefinas y benceno. La diferencia se hará notoria a partir de junio de 1996, cuando en California entren en vigor nuevas especificaciones. El grupo intersecretarial de política de combustibles estimó que Petróleos Mexicanos requiere de una inversión de 2,300 millones de dólares para que la gasolina que se destina a la ZMVM satisfaga las especificaciones de la gasolina californiana. Pemex está considerando alternativas para reducir la presión de vapor y el contenido de azufre en la Magna Sin.

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

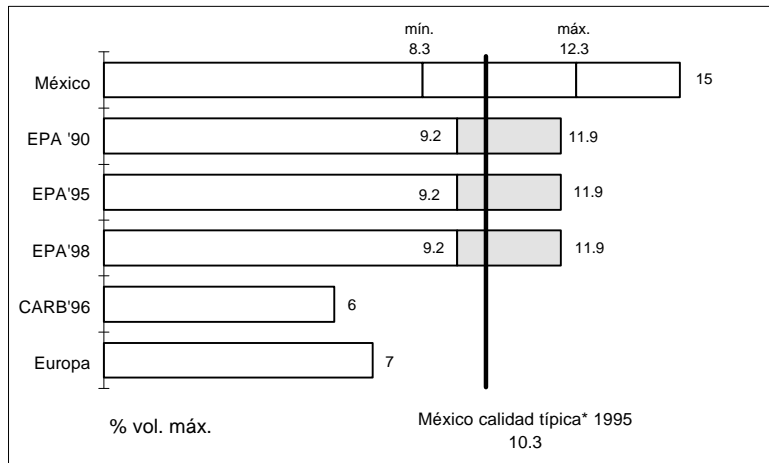
Conviene ilustrar gráficamente cómo se compara la calidad típica de la gasolina sin plomo mexicana con la de otros países, en lo que respecta al contenido de aromáticos, olefinas y benceno. Puede observarse en la siguiente gráfica, que el valor típico de la Magna Sin de 27.2% es muy inferior al europeo (38%) e inferior aún al valor federal norteamericano que se pronostica para 1998.

**Comparación de la calidad típica de la gasolina sin plomo mexicana con estándares internacionales, 1995.**  
**Aromáticos**



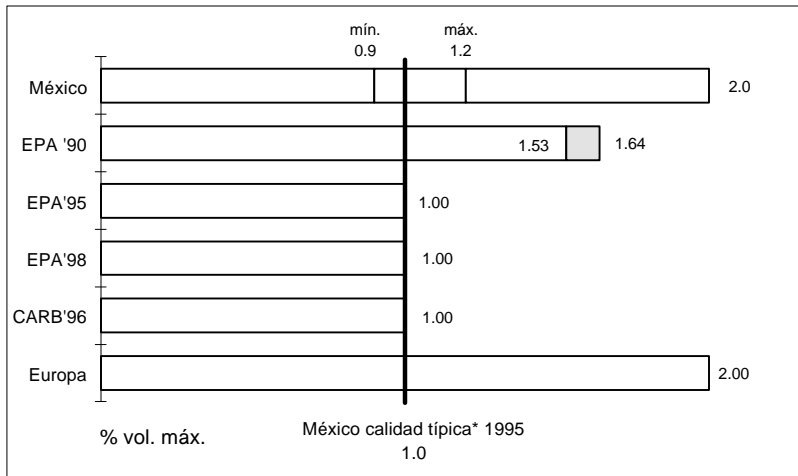
\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México  
Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

**Olefinas**



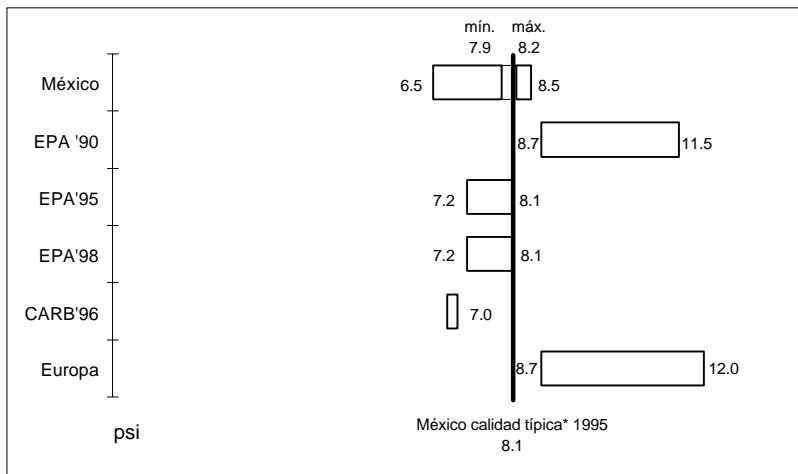
\* Calidad típica en la Zona Metropolitana del Valle de México  
Fuente: PEMEX Refinación, EPA, CARB.

**Benceno**



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

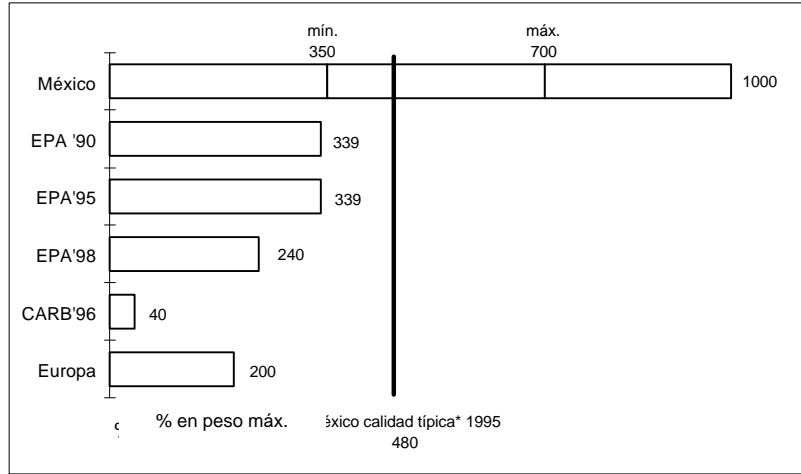
**RVP**



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

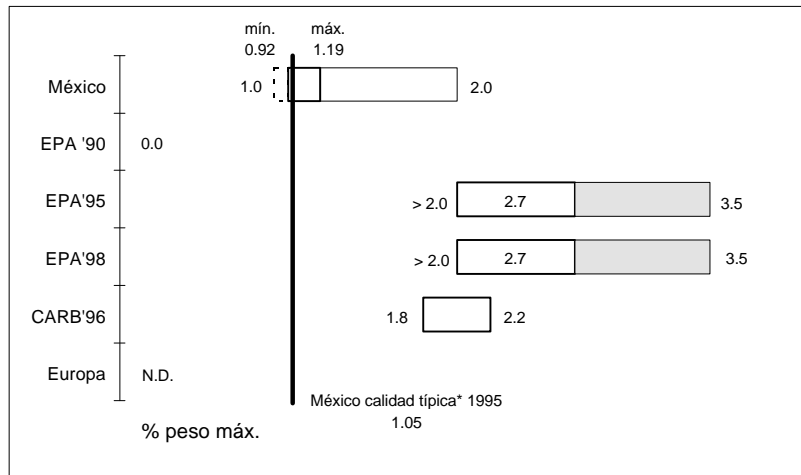


### Azufre



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

### Oxígeno



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

La calidad en aromáticos de la Magna Sin está garantizada al variar su contenido dentro del intervalo 24.7-28.6%, siendo este último valor inferior al especificado en la norma. En olefinas, la gasolina Magna Sin oscila entre 8.3 a 12.3%, con un valor típico de 10.3%. Al analizar la gráfica puede inferirse que nuestra gasolina contiene ligeramente más olefinas que la gasolina federal nor-

teamericana. Tanto la gasolina de California como la europea acusan un mucho menor contenido de olefinas que la mexicana. El hecho anterior puede explicarse por la configuración de las refinerías europeas en las que prevalece el equipo de reformación para incrementar el octano, mientras que las refinerías mexicanas y las norteamericanas, para alcanzar el mismo fin, cuentan generalmente con dos procesos: el de reformación y el de desintegración catalítica de gasóleos de vacío en lecho fluido. No es de extrañar entonces, que la gasolina europea tenga elevados índices de aromáticos y benceno y bajos de olefinas.

En benceno, la gasolina Magna Sin presentó en 1995 un nivel acotado por el intervalo 0.9-1.2, con un valor típico de 1.0%. Este último valor es similar al federal norteamericano y al actual de California. La Magna Sin tiene la mitad del benceno de una gasolina europea.

Cuando se introdujo la gasolina Magna Sin en 1990, Petróleos Mexicanos contrató a las empresas Saybolt y Caleb Brett para que certificaran su calidad. Al no encontrar violaciones a las especificaciones imperantes en la época, Petróleos Mexicanos canceló los contratos a mediados de 1993. A partir de esa fecha Pemex-Refinación y la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz realizan pruebas de calidad en forma independiente. Fue en 1995 cuando la CMPCCAVM le encargó a la UNAM verificar la calidad de las gasolinas que se expenden en el Valle de México.

Respecto a la gasolina con plomo, la nova cumplió en 1995 con las especificaciones de número de octano, presión de vapor, contenido de plomo, azufre, aromáticos, olefinas y benceno y con los cortes de destilación.

#### Especificaciones de la gasolina mexicana con plomo

Propiedad	Nova Norma-086* 1994	Valor típico en 1995
Presión de vapor, lb/pulg <sup>2</sup>	6.5 - 8.5	8.1
Temperatura de destilación, oC:		
10% destila a °C (máximo):	70	52
50% destila a °C:	77 - 121	89
90% destila a °C (máximo):	190	169
Temperatura final de ebullición:	225	217
Azufre, % peso máximo	0.15	0.07
Plomo, kg/m <sup>3</sup> , máximo	0.06 - 0.08	0.03
Número de octano Research, mínimo	81	82.7
Aromáticos, % volumen máximo	30	22.4
Olefinas, % volumen máximo	15	8.5
Benceno, % volumen máximo	2	1.2
Oxígeno, % en peso	1 - 2	0.78

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

En cuanto al Diesel Sin, éste satisface ampliamente las especificaciones mexicanas. Cabe mencionar que en California y Alemania se están dañando los motores, al parecer por usar diesel de muy bajo contenido de aromáticos (los aromáticos lubrican la máquina). El Diesel Sin promedió 26.6% de aromáticos en México durante 1995.

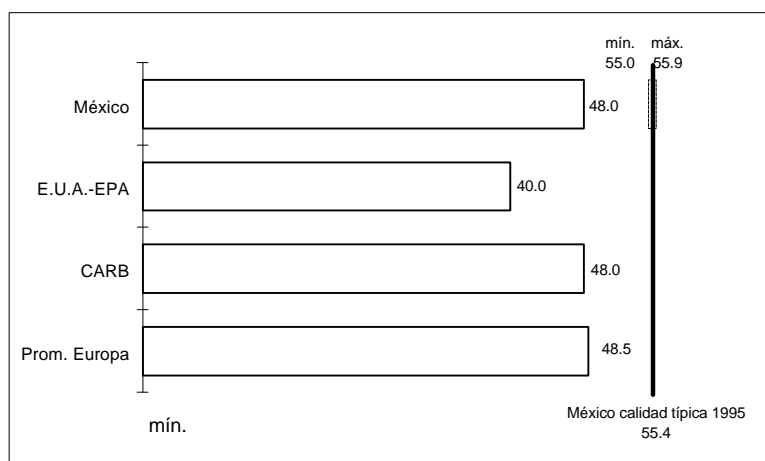
### Especificaciones de diesel mexicano de bajo azufre

Propiedad	Diesel sin	
	México NOM-086* 1995	Valor típico en 1995
Temperatura de destilación, °C:		
10% destila a °C (máximo):	275	239
90% destila a °C (máximo):	345	339
Agua y sedimento, % volumen (máximo):	0.05	0.010
Cenizas, % en peso (máximo):	0.01	0.001
Carbón Ramsbotton, % peso (máximo):	0.25	0.081
Azufre, % peso (máximo):	0.05	0.041
Índice de cetano (mínimo):	48	55.4
Viscosidad, SSU, segundos	32 - 40	38.6
Aromáticos, % volumen	30	26.6

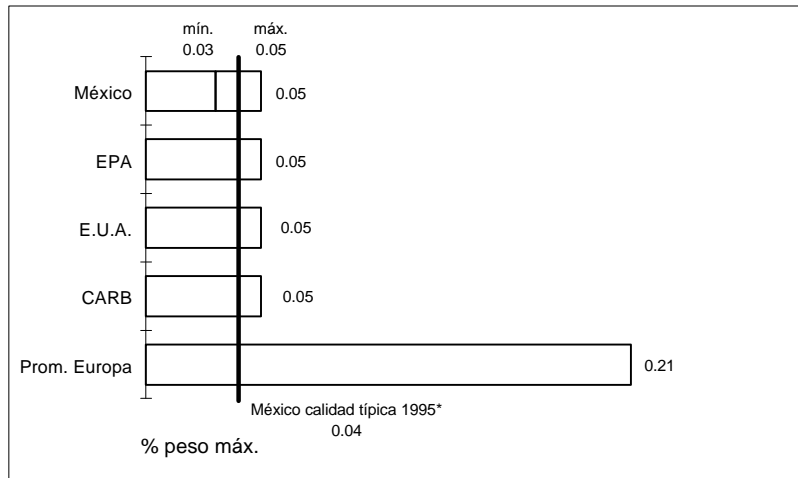
Nota: \* Norma publicada por el INE en el Diario Oficial del 2 de diciembre de 1994

En la siguiente gráfica se comparan tres parámetros fundamentales que hablan de la calidad de un diesel, a saber, índice de cetano, azufre y aromáticos.

### Especificación y calidad típica del Diesel Sin, 1995. Índice de cetano

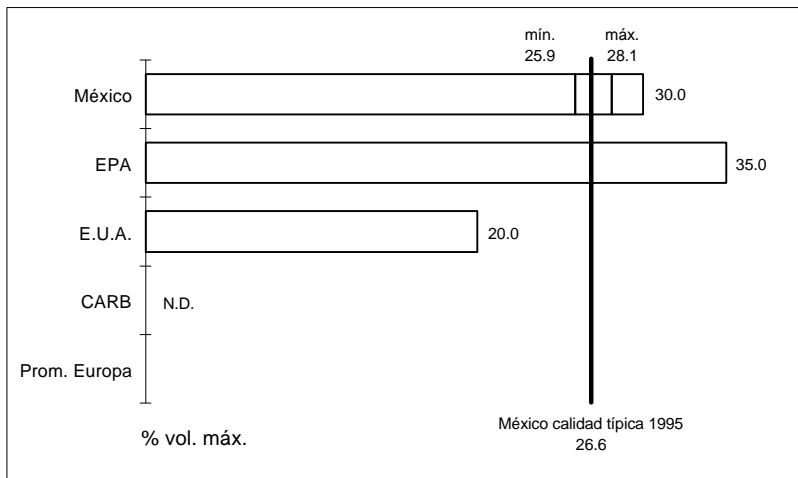


**Azufre**



\* Incluye diesel desulfurado

**Aromáticos**



Puede apreciarse en la gráfica que el índice de cetano, con un valor típico de 55.4, muestra que el Diesel Sin es de mucho mejor calidad que el norteamericano y europeo. Además de tener un excelente índice de cetano, su número fluctúa muy poco, manteniéndose en el intervalo 55.0-55.9%.

En azufre el Diesel Sin presentó en 1995 un valor típico de 0.04%, con un intervalo de variación de 0.03-0.05%. La calidad del diesel automotriz mexicano,

en cuanto a su contenido de azufre, es muy similar al norteamericano y californiano, pero mucho mejor al europeo.

El diesel federal norteamericano tiene un mucho mayor contenido de aromáticos que el Diesel Sin. Únicamente el diesel californiano registra un valor bajo de 20% en aromáticos, menor al valor típico de 26.6% registrado en la ZMCM durante 1995.

La calidad del Diesel Sin fue certificada de octubre de 1993 a diciembre de 1994 por las empresas SGS, SAYBOLT y CALEB BRETT, más Petróleos Mexicanos suspendió la certificación externa al no detectarse anomalías. En la actualidad Pemex-Refinación certifica la calidad del Diesel Sin. Cabe resaltar que la calidad del Diesel Sin ha sido reconocida por Exxon Chemical y por Ethyl Petroleum Additives. Entre muestras de diesel automotriz procedentes de 32 países, Por ejemplo, Exxon clasifica al Diesel Sin en cuarto lugar entre muestras procedentes de 32 países, por su elevado índice de cetano y en cuarto lugar por su bajo contenido de azufre. Por otra parte, Ethyl Petroleum Additives señala que el Diesel Sin es de tan alta calidad que no requiere de aditivos como otros.

Investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo y de la Universidad de California detectaron la presencia de concentraciones elevadas de componentes de gas licuado en la atmósfera. Se han hecho esfuerzos para disminuir las fugas durante la recarga de tanques. Puede observarse en las tablas siguientes, que Petróleos Mexicanos reformuló el gas licuado en 1995, con el objeto de enriquecerlo en propano y disminuir el contenido de olefinas y butanos, de manera de reducir su reactividad atmosférica. Próximamente, el Instituto Nacional de Ecología emitirá una norma que limite la concentración de olefinas y butanos y que fije un mínimo de propano en el gas licuado.

#### Análisis comparativo de gas licuado de petróleo

	Promedio 1995	Promedio de dos muestras de noviembre de 1991
Metano	0.01	0.02
Etano	2.14	0.43
Propileno	0.00	0.05
Propano	69.28	45.32
Isobutano	9.91	14.40
n-Butano	17.27	37.02
1 buteno	0.31	0.20
Isobuteno	0.00	0.01
2 trans-buteno	0.42	0.20
2 Cis-buteno	0.28	0.00
iso-pentano	-	1.90
n-pentano	-	0.45

**Análisis comparativo de gas licuado por familias**

<b>Familia</b>	<b>Promedio 1995</b>	<b>Promedio de dos muestras de noviembre de 1991</b>
Propano y más ligeros	71.43	45.77
Butanos	27.18	51.42
Olefinas	1.01	0.46
Pentano y más pesados	-	2.35

## **V. ANTECEDENTES Y ESFUERZOS INSTITUCIONALES EN LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

### ➤ *Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la ZMCM (PICCA)*

En 1990, el Departamento del Distrito Federal, Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo, el gobierno del Estado de México y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, conjuntaron una serie de medidas para ser aplicadas tanto en el transporte como en la industria, en los servicios y en las actividades de producción de energéticos.

Su alcance preveía las siguientes *áreas prioritarias de acción*:<sup>53</sup>

- La industria petrolera, en sus aspectos de refinación, distribución y calidad de combustibles.
- El transporte, en sus modalidades de carga y de pasajeros, colectivo e individual, tanto en su eficiencia urbana y ambiental, como en su avance tecnológico, racional aprovechamiento energético y control de emisiones contaminantes.
- 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.
- Las termoeléctricas, por ser los mayores consumidores de combustibles en la ciudad, en el uso continuo de energéticos limpios.
- Reforestación y restauración ecológica de los suelos deforestados, zonas sin drenaje, reservas ecológicas ocupadas y tiraderos de basura a cielo abierto.
- Investigación, educación ecológica y comunicación social, por las entidades a cargo del análisis continuo de la calidad del aire, de la investigación y de la comunicación social.

El PICCA conjuntó una serie de medidas, escogidas de acuerdo a criterios como:

- Medidas ya experimentadas en otros países, y algunas en México, sobre cuya efectividad había certidumbre.
- Tecnologías comercialmente disponibles en lo inmediato.
- Insumos energéticos disponibles a costos razonables.

---

<sup>53</sup> DDF, (1990). *Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica. Un compromiso común*. Zona Metropolitana. México, D.F.

- Ajustes mínimos en la vida urbana y en las actividades institucionales.
- Efecto potencial significativo sobre la reducción de emisiones totales de uno o varios contaminantes, *buscando que cada quien contribuyera según las emisiones que generaba y a su grado de toxicidad.*<sup>54</sup>

Si se evalúa el PICCA agrupando sus medidas de acuerdo a la siguiente clasificación: información, transporte y tecnologías, puede constatarse que la mayor cantidad de recursos se concentraron en la esfera del mejoramiento y cambio de combustibles.

En las tablas siguientes se presentan las medidas e inversiones del PICCA, para el período 1990-1995.

**Proyectos e inversiones del Programa Integral Contra  
la Contaminación Atmosférica (PICCA)  
(Octubre de 1990 a diciembre de 1995)**

Medida	Ejecutor	Inversiones a diciembre de '95 (millones de dólares)
1. Elaboración de gasolina de calidad ecológica internacional.	PEMEX	810.81
2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre.	PEMEX	118.33
3. Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre.	PEMEX	
4. Elaboración de compuestos oxigenados TAME y MTBE. (4)	PEMEX	
5. Suministro de gasolina sin plomo. MAGNA SIN para los vehículos 1991 con convertidor catalítico.	PEMEX	345
6. Continuación de suministro de gasolina oxigenada con MTBE.	PEMEX	118.75
7. Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo. (Rescindido) (5)	PEMEX	
8. Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la refinería 18 de Marzo. (Rescindido) (5)	PEMEX	
9. Instalación de medidores de emisiones en las chimeneas de la refinería. (Rescindido) (5)	IMP PEMEX	
Clausura definitiva de la refinería 18 de Marzo.	SEDESOL	500
10. Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento.	PEMEX	0.63

<sup>54</sup> *Idem.*



*Antecedentes y esfuerzos institucionales en la lucha  
contra la contaminación atmosférica*

Medida	Ejecutor	Inversiones a diciembre de '95 (millones de dólares)
11. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolineras.	PEMEX SECTOR PRIVADO	4.225
12. Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991.	SECTOR PRIVADO	
13. Ampliación del Metro.	DDF	
14. Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión contaminante.	DDF	137.03
15. Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico.	DDF	
16. Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte.	DDF EDO MEX	
17. Autorización de rutas de autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional de escolares y empleados.	SECTOR PRIVADO	
18. Continuación del programa HOY NO CIRCULA.	DDF EDO MEX	0.18
19. Ampliación del Programa de Verificación obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas L.P.	EDO MEX SCT, DDF SEDESOL	4.41
20. Reconversión de flotillas de camiones de carga a gas LP incorporando convertidores catalíticos.	PEMEX SEDUE EDO MEX DDF	42.6
21. Introducción de convertidores catalíticos en taxis, combis y minibuses y transporte de carga.	EDO MEX DDF	121.15
22. Cambio de combustóleo por gas natural en industrias.	SEDESOL SECTOR PRIVADO	1.8
23. Convenios con la industria para control de emisiones.	DDF, SEDESOL SECTOR PRIVADO	
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	1.0
26. Control de emisiones y reubicación de fundidoras.	SEDESOL SECTOR PRIVADO	0.5
27. Realización de monitoreo continuo en las industrias más contaminantes.	SEDESOL SECTOR PRIVADO	1.5

Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México

Medida	Ejecutor	Inversiones a diciembre de '95 (millones de dólares)
28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicios.	SECTOR PRIVADO	0.5
29. Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de azufre.	CFE PEMEX	33.3
30. Suspensión invernal en la operación de unidades de generación.	CFE	
31. Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas.	CFE	2.0
32. Programa "Cada familia un árbol". Programa de Reforestación Urbana.	DDF DDF-BID	0.5 47.1
33. Reforestación rural del Valle de México y su área ecológica de influencia.	DDF EDO MEX MORELOS	20.219
34. Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores.	IMP PEMEX	0.2
35. Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles.	PEMEX SECTOR PRIVADO	4.6
36. Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).	DDF	2.92
37. Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA).	SEDESOL IMP	10.07
38. Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM.	SSA SEDESOL	1.0
39. Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación.	SEDESOL DDF IMP	2
40. Capacitación de maestros y formación de los niños.	SECTOR EDUCACIONAL	0.5
41. Programas de formación profesional y capacitación.	SECTOR EDUCACIONAL	0.5
<b>TOTAL</b>		<b>2,333.315</b>

Con el PICCA se consiguieron reducciones significativas en las emisiones de bióxido de azufre, plomo, partículas y monóxido de carbono, mientras que en el caso del ozono se freno su tendencia ascendente.

En lo que se refiere a proyectos de investigación y de formación educativa (ver cuadro anterior) se pudo ampliar la base científica del conocimiento del problema e informar a la comunidad educativa.

En el terreno del transporte, el PICCA se centró en la ampliación de la infraestructura de algunos medios masivos.

Entre las medidas tecnológicas destacan por su envergadura en costos y reducción de emisiones potenciales, las relativas a la sustitución del combustóleo por gas natural, a la elaboración de diesel y combustóleo con bajo contenido de azufre, al suministro de gasolina Magna Sin y a la introducción de convertidores catalíticos en vehículos nuevos.

➤ *El Programa Hoy No Circula*

El PICCA incluyó la continuación del Programa Hoy No Circula (HNC). El Hoy No Circula fue concebido como una medida regulatoria para controlar la demanda de gasolinas y reducir las emisiones vehiculares. Fue presentado como un programa temporal buscando que la gente se desplazara en transporte público o compartiendo el auto con vecinos o compañeros de trabajo.

Durante los primeros meses de aplicación los resultados fueron satisfactorios, sin embargo, en cuanto se decidió convertirlo en programa permanente los habitantes de la zona metropolitana se enfrentaron a un muy diferente esquema de incentivos que modificó radicalmente sus decisiones.

La disponibilidad de los automovilistas para cambiar de modo de transporte ante la aplicación de esta medida regulatoria, es muy baja debido a su percepción del sistema de transporte público como un mal sustituto para el auto privado. La percepción de un servicio de mala calidad en los vehículos de transporte público, orientaron las decisiones de las familias hacia las opciones más costosas desde el punto de vista social y ambiental: aparte de la adquisición de autos de repuesto (generalmente más viejos y más contaminantes), recurrieron al traslado de sus recorridos a otros días de la semana incrementando con ello los kilómetros recorridos y por lo tanto el volumen de emisiones a la atmósfera.

Hay sin embargo elementos del HNC que son de capital importancia en el diseño de políticas de gestión de la calidad del aire metropolitano. Se debe reconocer que su concepción constituyó un importante avance cualitativo al abrir una hasta entonces inédita perspectiva de política pública local, al instrumentar una medida de regulación dirigida a la demanda de combustibles y de kilómetros recorridos del sector que más contribuye a la contaminación atmosférica de la zona metropolitana. Esto no es un logro menor, y sin duda representa un activo de política muy valioso que debe ser adecuadamente aprovechado, para inducir a una reducción de emisiones en los vehículos automotores.

## **VI. MARCO CONCEPTUAL PARA LA INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES URBANAS**

### **Conceptos fundamentales**

El proceso de megalopolización de la región centro del país conlleva algunos de los retos más grandes y serios que deben enfrentar impostergablemente la sociedad y el Gobierno de la República. La magnitud del desafío incluye encontrar soluciones reales y duraderas a los problemas ambientales, para lo cual resulta imprescindible repensar, renovar y enriquecer el marco conceptual que nutre el debate sobre las políticas públicas correspondientes. La argumentación que ha servido de base a las acciones hasta ahora emprendidas va resultando cada vez más limitada y menos productiva; por ello es preciso explorar un nuevo marco conceptual fundado en una reflexión que busque no sólo las verdaderas causas estructurales de los problemas ambientales, sino que vaya más allá en la identificación tanto de los elementos como de los mecanismos que definen y operan los complejos sistemas urbanos.

De ese nuevo marco conceptual puede surgir un lenguaje más rico e integrado en sus ideas, con mayor capacidad de comunicación, de movilización de intereses y mucho más cercano a las realidades que configuran los retos ambientales metropolitanos. En primer lugar, es insoslayable la fusión de una multiplicidad de conceptos que actualmente se encuentran dispersos principalmente en los ámbitos de las ciencias ambientales y la economía. Ello requiere comenzar por una actitud abierta al cambio, dejando de lado prejuicios hoy en día altamente generalizados respecto al tipo y al alcance de las medidas aplicables. Sólo así se podrá tener éxito en la introducción y en la aceptación del concepto básico de este nuevo enfoque: el desarrollo urbano sustentable. Concepto éste mucho más robusto que el normalmente utilizado como desarrollo urbano, y que se perfila como una idea de gran poder de convocatoria intelectual y política, al compatibilizar la vitalidad económica y social de la metrópolis con su viabilidad a largo plazo, asegurando el mantenimiento de los equilibrios biofísicos fundamentales.

No está por demás recordar que la idea de la sustentabilidad del fenómeno urbano surge de la introducción explícita de conceptos ambientales a la gestión de las ciudades, en un enfoque que destaca el impacto del deterioro ambiental en el bienestar social de las comunidades urbanas. Así, el desarrollo urbano no podrá dissociarse en adelante de los costos sociales y económicos (incluyendo por supuesto a los ambientales) producidos por los esquemas actuales de urbanización en donde muchas de las ventajas ofrecidas por las economías de aglomeración han sido anuladas por los efectos de un crecimiento ambientalmente distorsionado.

### **Recursos comunes ambientales, umbrales y costos**

La sustentabilidad del desarrollo urbano depende críticamente de una gestión correcta de los recursos comunes ambientales de la ciudad, los cuales están representados, entre otros, por su cuenca atmosférica, la cuenca hidrológica que la abastece, y por los recursos territoriales que ofrecen servicios de localización espacial, de recarga de acuíferos, de reserva ecológica y territorial, de recreación y de conservación de recursos naturales.

Se sugiere que el deterioro ambiental urbano se debe a la sobreexplotación o sobrecarga de los recursos comunes ambientales de la ciudad. Bajo una óptica de sustentabilidad, estos recursos requieren ser manejados de tal manera que no se transgredan sistemáticamente ciertos umbrales críticos, después de los cuales se generan costos socioambientales excesivos. En este sentido, los umbrales no necesariamente representan límites absolutos de este tipo de costos, sino saltos o puntos de inflexión significativos, dado un cierto estado de la tecnología existente.

La idea de umbral puede basarse en observaciones empíricas, en datos científicos o tecnológicos, en experiencias cotidianas e incluso en preferencias subjetivas, que revelen la existencia de limitaciones físicas, funcionales, ecológicas o sociales a la expansión de ciertos procesos urbanos en las condiciones vigentes. Asumir umbrales significa enfrentar límites y escasez, lo cual implica interpretar como bienes económicos a los recursos comunes ambientales y, en consecuencia, tener que reconocer la inescapable necesidad de llevar a cabo una gestión eficiente y socialmente equitativa.

Hablar de umbrales implica forzosamente hablar de costos de utilización, acceso o sobreuso de los recursos comunes ambientales, y lleva también a preguntarse acerca de cómo se perciben, se asumen, se financian y se distribuyen estos costos entre diferentes grupos sociales. En la medida en que los costos no se esclarezcan, la forma en la que son asumidos por los diferentes sectores urbanos (incluidas las generaciones futuras) no resultará transparente, lo que seguirá provocando distorsiones en la información que desactivan o bloquean muchos resortes sociales de participación y corresponsabilidad. En este orden de ideas, es absolutamente relevante preguntarse por los costos del mantenimiento del status quo ambiental urbano, esto es, de la vigencia de las condiciones institucionales y tecnológicas prevalecientes que permiten a los problemas persistir y acrecentarse.

Los costos totales generados por los fenómenos actuales de urbanización, se reparten a grosso modo en dos grandes grupos: aquéllos que son producidos por las distorsiones de la organización espaciofuncional de la ciudad (costos fijos) y aquéllos que resultan de las exigencias inherentes al crecimiento desmedido del área urbana (costos variables).

Los primeros, son los costos económicos y sociales generados por una estructura urbana ineficiente en donde la distribución espacial de los usos del suelo, el sistema vigente de transporte, los métodos y procedimientos administrativos de los organismos públicos y de las empresas, y los hábitos laborales, sociales y culturales de sus habitantes, no sólo no ayudan a que la ciudad funcione adecuadamente sino que entorpecen las actividades de la misma, manteniendo la productividad urbana en niveles bajos y reduciendo con ello su competitividad en el sistema de ciudades correspondiente.

En cuanto a los costos variables, éstos son una función creciente del tamaño de la urbe. Cabe mencionar que cuando se trata de un fenómeno de urbanización extensiva o de un caso de metropolización, los costos marginales son cada vez mayores, provocando que la curva de costos económicos y sociales variables crezca a una tasa creciente.

Ahora bien, en el esclarecimiento de costos para la asunción de responsabilidades privadas y públicas la información es un prerrequisito. La información ambiental debe nutrir un proceso de entendimiento y conocimiento de variables y procesos relevantes, para coadyuvar a modificar conductas en el sentido correcto. En otras palabras, es preciso ofrecer a la sociedad recursos de información para inducir los cambios necesarios y aprovechar las oportunidades existentes. La sociedad urbana tiende a ser un sistema altamente descentralizado y plural, gobernado por infinidad de decisiones individuales y empresariales en mercados que definen patrones de localización, así como la modalidad e intensidad de las actividades metropolitanas. Dado que éstas se nutren de una caudalosa iniciativa y libertad individual, con buena información y con mecanismos para diseminarla y discutirla públicamente, las peculiaridades de la sociedad urbana pueden constituirse en un motor eficaz de viabilidad ecológica. La información soporta en los sistemas urbanos, intrincados mecanismos de ajuste y autorregulación, a través de cambios y adaptaciones en el desempeño económico de grupos, empresas e individuos.

La cuenca atmosférica es un sistema fisiográfico entendido como *recurso común ambiental*, del cual por ahora nos interesa saber que presta una serie de servicios a la sociedad, entre los cuales destaca la asimilación, dilución y dispersión de las emisiones contaminantes descargadas en ella por diferentes usuarios en la industria, en el transporte y en los servicios. Como recurso común ambiental, la cuenca atmosférica se encuentra bajo circunstancias de libre acceso, en las cuales cualquier usuario puede utilizar su capacidad de carga de manera virtualmente ilimitada y a un costo muy bajo, y con frecuencia, nulo.

### La ciudad: una nueva perspectiva

La ciudad es hoy en día la forma más compleja y acabada de organización humana. En ella podemos convivir millones de seres vivos (incluidas la fauna y la flora urbanas), realizar simultáneamente un número incontable de actividades cotidianas, interactuar, comunicarnos, producir y consumir bienes y servicios, todo sin que la ciudad se colapse; el fenómeno urbano, si bien complejo y multidimensional, es algo que funciona.

Sin embargo, la dinámica de nuestras ciudades ha rebasado en muchos casos los límites de lo saludable: la capacidad de respuesta de los tres órdenes de gobierno y de los sectores social y privado no ha podido operar al ritmo exigido por las necesidades de la población en lo que a calidad de vida se refiere. Las exigencias de la sociedad mexicana en materia de cuidado ecológico, se unen a los reclamos políticos y a las implicaciones de las nuevas relaciones económicas internacionales, para definir conjuntamente el marco de la nueva planeación del desarrollo.

En este marco de ideas, las premisas y los fundamentos de la nueva planeación ambiental urbana y regional se circunscriben al entorno que forman, por un lado, una economía abierta, expuesta a los avatares del libre comercio internacional y a un acelerado proceso de globalización de los mercados, y por otro, las nuevas restricciones e incentivos impuestos por los criterios de sustentabilidad ecológica.

En este contexto se puede ver a la ciudad de varias maneras:

- Como una concentración de actividades humanas orientada al aprovechamiento de las *economías de aglomeración* y de las *economías de escala*. Las primeras son de dos tipos: las de *urbanización*, que se refieren a las ventajas que aparecen con el crecimiento económico de la ciudad, y las de *localización*, que se refieren a las ventajas que las industrias adquieren con su propio crecimiento; por *economías de escala*, se entienden las ventajas obtenidas por la empresa como una función creciente de su tamaño. En estos términos, el propósito de las concentraciones humanas es principalmente incrementar su nivel de vida aprovechando las bondades de la aglomeración, como por ejemplo, mejores oportunidades de empleo y mejores salarios, abaratamiento relativo de productos y servicios, y más y mejor equipamiento en servicios de salud, educación y cultura. Sin embargo, el crecimiento irrestricto de las ciudades también genera *deseconomías de aglomeración*, como las relativas al congestionamiento producido por la sobredemanda de servicios urbanos, de vialidades y en general de recursos comunes ambientales.
- La ciudad también puede verse como un *sistema de bienes públicos* (entre los que se encuentran aire limpio y agua de buena calidad) cuya producción y nuevas modalidades de gestión sientan sus bases institucionales. En una

situación en la que los apremios económicos no fuesen la razón de mayor peso específico en las decisiones de localización residencial de las personas, las diferencias en la calidad de los bienes públicos ofrecidos en distintas ciudades comparables, serían razón suficiente para escoger el lugar de residencia. Por ejemplo, si se les presentara la posibilidad de elegir, más personas escogerían la ciudad que ofreciera el aire más limpio.

La tercera aproximación a la ciudad es verla como un denso tejido de *externalidades* (positivas y negativas) donde prácticamente cada acción privada tiene consecuencias sobre el estado del bienestar general y donde las iniciativas y proyectos públicos muchas veces se mueven en una ruta conflictiva con intereses privados bien establecidos. En una gran aglomeración urbana las decisiones cotidianas de sus habitantes se cuentan por millones, de ahí que la única manera de lograr que sus efectos no generen inmensos costos sociales es contar con la presencia del Estado para diseñar y mantener un marco legal y normativo adecuado. En materia ambiental, ese marco debe incluir esquemas transparentes de incentivos para que los individuos tomen decisiones ambientalmente atractivas, liberando al Estado de la indeseable tarea de decidir por cada uno de ellos.

Destaca sobre todas las cosas la necesidad de comprender el orden espacial de la ciudad, plasmado en los usos del suelo, y de interpretar correctamente las formas urbanas de las cuales dependen los patrones de convivencia cotidiana y las relaciones intersectoriales entre un vasto abanico de actividades y conductas. Sin ello se pierden de vista las rutas para una política ambiental eficiente que asegure un desarrollo urbano sustentable. Es importante subrayarlo: la política ambiental debe ser expresada a través de la política urbana y operada a través de la dinámica espacial y territorial de la ciudad, haciendo que confluyan eficientemente mercados, consumidores, productores, vecinos y sistemas de información.

La organización espacial de la ciudad surge de las formas en que la actividad cotidiana de los individuos se coordina e interactúa con la actividad de las industrias, los servicios y las entidades públicas; esa organización espacial y territorial explica buena parte de sus potencialidades, pero también de sus problemas. En este contexto, los mercados en la ciudad tienen una expresión territorial claramente definida, lo que determina el orden y la organización física de la estructura urbana; es esta geografía económica un factor determinante y que moldea los patrones de convivencia, consumo, demanda de energía y uso de los recursos comunes ambientales; de esto dependen, finalmente, las condiciones para asegurar la sustentabilidad de la ciudad a través de una política ambiental urbana eficaz e integral. La estructura espacio-territorial de la ciudad es algo crítico para comprender las relaciones intersectoriales entre la industria,



los servicios, la vivienda, el transporte de personas y mercancías, y entre ellas y el medio ambiente.

El *mercado* es inherente a la ciudad; en ella se nutren y se sustentan demandas, ofertas y transacciones de bienes, servicios y de información en las que participan individuos, entidades públicas y empresas. La actividad intensa en un enorme número de mercados es un rasgo sobresaliente de la ciudad; éstos ofrecen opciones y dan a los ciudadanos mayores posibilidades de elección, son tremendamente diversos y tan extensos que incluso la trascienden, desplegándose mucho más allá de sus límites físicos y de las fronteras nacionales. En los mercados inherentes a la ciudad radican sus distintivas capacidades de innovación, adaptación y pluralismo.

Para encauzar a la metrópolis hacia un futuro sustentable, es preciso promover su productividad y fortalecer sus *ventajas competitivas*. Se debe asegurar su dinamismo económico a través de la creación y organización de las condiciones locales que permitan aprovechar cabalmente los atributos locales de la urbe, conjurando de paso los peligros de la obsolescencia de su infraestructura para evitar el abandono y la ineficiencia que la misma significaría. Estas condiciones, que hoy conocemos como *ventajas competitivas*, residen en la diversidad y riqueza de los factores locales que permiten a las empresas e industrias alcanzar y mantener altas tasas de productividad, y son producidas por la actualidad, la calidad y la accesibilidad de todos los insumos requeridos. Su creación y permanencia son de la mayor importancia, porque sólo el mantenimiento de altas tasas de productividad puede asegurar el mejoramiento continuo del nivel de vida de todos los habitantes.

Ello significa, por ejemplo; contar con mano de obra altamente calificada en los lugares en donde se le necesita, tener acceso a nuevas tecnologías y procesos de producción más limpios y eficientes, contar con la información requerida acerca de las necesidades específicas de los consumidores de diferentes lugares, contar con una infraestructura de buena calidad y amplia cobertura, poseer un marco regulatorio que facilite la creación y operación de las empresas y un sistema fiscal internacionalmente competitivo, contar con gobiernos que gocen de credibilidad y que por lo tanto, inspiren confianza y fomenten la certidumbre, tener recursos naturales fácilmente asequibles y buscar la posibilidad de aprovechar la globalización de los mercados, distribuyendo espacialmente las actividades de diseño, producción y distribución de todo tipo de productos y servicios.

Las ciudades se encuentran inmersas en un entorno constituido por nuevas reglas económicas y ambientales. En lo económico, dicho entorno se caracteriza por el libre comercio y por la globalización de los mercados internacionales, construyendo escenarios que se avizoran difíciles pero prometedores. En lo

ambiental, la observancia de la sustentabilidad de los procesos de desarrollo definirá, orientará y acotará las acciones deseables para la sociedad pero permisibles por la salud de la ecología.

Garantizar la fortaleza y el dinamismo económico de la metrópolis es además prerrequisito para generar los recursos y las preferencias sociales que fundamenten una activa política ecológica. Poco o nada se puede hacer en la indigencia o ante los apremios, mientras que, en la pobreza, las prioridades y las expectativas sociales se vuelcan al corto plazo, prevaleciendo tasas de descuento relativamente altas en la estructura de preferencias, lo que invalida y descarta los proyectos a futuro como los de sustentabilidad ambiental.

No debe soslayarse la creciente dependencia de la ciudad abierta y de los procesos urbanos a las condiciones macroeconómicas generales del país, lo que obliga a una gestión urbana atenta al devenir de los mercados nacionales y globales en los que la metrópoli participa. La apertura económica lanza nuevos incentivos de localización industrial, hace fenecer ramas completas de actividades manufactureras y genera oportunidades en diversos sectores. Al mismo tiempo, la política fiscal y las reglas de coordinación federal en materia tributaria abren o cierran oportunidades de financiamiento a la metrópolis; mientras que la política de precios para bienes y servicios clave ofrecidos por el gobierno federal, incide directamente en patrones estratégicos de conducta metropolitana, como es el caso de los combustibles en relación al transporte, la contaminación atmosférica y los usos del suelo.

La innovación tecnológica es un proceso indispensable en la búsqueda de horizontes de sustentabilidad para la ciudad. Recordemos que las condiciones de sustentabilidad están definidas por la población, la tecnología y los patrones de consumo. Sin embargo, siendo indispensable el avance tecnológico también es cierto que algunas de las tecnologías utilizadas presentan ya rendimientos marginales decrecientes, en tanto instrumentos para resolver los problemas ambientales de la urbe. Por ello puede ser cada vez más difícil y costoso abatir volúmenes adicionales de contaminación, y mitigar otros impactos sobre el ambiente sólo por la vía tecnológica de *al final del tubo* (convertidores catalíticos, vialidades, mejores combustibles, recuperadores de vapores, etc.), dejando intacta la estructura de organización espacial de la ciudad, e ignorando las posibilidades de interacción sectorial de las políticas.

De la consideración de los aspectos presentados en el diagnóstico, se deduce que la Zona Metropolitana del Valle de México tenderá a la sustentabilidad sólo en la medida en que cuente con un proyecto estratégico y de largo plazo para enfrentar sus graves y diversos problemas ambientales. El horizonte de planeación debe ser al menos de 15 ó 20 años, con metas, estrategias y acciones calendarizadas anualmente para ir cumpliendo de manera continua con objeti-

vos de corto y mediano plazos. La asunción de un compromiso como éste representa una señal inequívoca de que las autoridades ambientales federales, así como los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, se mueven por un legítimo compromiso de búsqueda de bienestar permanente para los habitantes de la zona metropolitana.

Es tal la complejidad e intensidad de los problemas ambientales metropolitanos, que los costos de instrumentación y control de las medidas necesarias para su mitigación son necesariamente altos. Las bases de una política pública dirigida a la sustentabilidad del desarrollo urbano, deben por lo tanto considerar una distribución justa de los costos entre todos los usuarios de la cuenca atmosférica, incluido el sector público. Con esa idea, la integración de un paquete de estrategias e instrumentos de combate a los problemas ambientales del Valle de México, debe de mezclar acciones convencionales con acciones innovadoras, así como con amplias y eficaces medidas compensatorias.

En otros países ha comenzado a experimentarse con diversas acciones que han producido algunas experiencias interesantes y novedosas de política pública. Algunas tienen que ver con la acelerada innovación tecnológica de los últimos años, y otras con instrumentos económicos. De acuerdo a estudios recientes<sup>55</sup>, se observó que las políticas más recurrentes en las ciudades grandes han sido, en las últimas décadas, las del mejoramiento del transporte público, con énfasis en la construcción de trenes; en las ciudades medianas la norma ha sido el mejoramiento de los servicios urbanos. La creencia de que la solución a los problemas de congestión vial y su consiguiente volumen de emisiones contaminantes era la construcción indiscriminada de más vialidades urbanas, desapareció hace algunos años ante la evidencia de no haber obtenido resultados positivos. En todas las ciudades estudiadas se han practicado diversas medidas sobre gestión de tránsito, conexiones intermodales y prioridades a autobuses y tranvías. Dentro de las acciones de regulación del uso del automóvil, la más común ha sido la del control de estacionamientos.

Pero, de los conceptos presentados en la primera parte de este documento así como del conocimiento de las experiencias de otros países, se deduce que un manejo eficaz de la cuenca atmosférica de una megalópolis como la que nos ocupa, no se logra sólo con medidas tecnológicas convencionales. Esto nos lleva a incorporar las experiencias y el aprendizaje acumulado en un paquete de criterios ambientales para el desarrollo urbano que coadyuve en la elaboración de la nueva política urbana y regional. No sólo se requiere de la integración de las políticas urbanas y ambientales, sino del diseño de políticas que refuercen mutuamente con un horizonte de sustentabilidad. Esto implica que además de establecer nuevas políticas de uso del suelo, es necesario actuar directamente

---

<sup>55</sup> OCDE, (1994). *Urban Travel Report*. Ginebra.

directamente sobre procesos de demanda de viajes en auto privado y de combustibles, y de establecer una estricta normatividad tecnológica que tienda a incrementar la calidad ambiental de los vehículos.

La complementariedad de las estrategias es igualmente fundamental desde el punto de vista de su viabilidad política y de su indispensable reforzamiento mutuo. Tal es el caso de la adopción de medidas que incidan sobre la demanda de viajes y de combustibles y sobre la oferta de un transporte público eficaz, junto con nuevas políticas de desarrollo urbano en favor de la densificación y la diversidad de los usos del suelo, de reorganización espacial de algunas actividades importantes, de revitalización de las áreas centrales, de defensa efectiva de las áreas verdes y de las zonas de conservación ecológica, y de promoción del desarrollo urbano sólo en áreas bien atendidas por sistemas de transporte colectivo.

### **Industria, competitividad y medio ambiente**

La evidencia internacional demuestra que la protección ambiental en la industria no está reñida con la competitividad. Múltiples casos observados en los últimos años, confirman el hecho de que las empresas y ramas industriales sujetas a estrictas regulaciones ambientales pueden lograr un desempeño sobresaliente en los mercados domésticos e internacionales. A nivel de países, es muy claro que naciones con una estricta política ambiental no sólo mantienen sino que amplían su capacidad de competir y de expandir sus mercados. Los países que permiten una externalización indiscriminada de costos ambientales, en realidad, están subsidiando a los consumidores tal vez de naciones ricas, a expensas de su propia población, recursos naturales y economía.

En muchas ocasiones la protección ambiental requiere de inversiones considerables, que pueden tener importantes costos de oportunidad a nivel de empresa. Sin embargo, a nivel social esto significa en realidad la expresión de una preferencia en favor de la calidad ambiental, la cual también forma parte de los objetivos de bienestar de la población. En este sentido hay una transferencia de empleos a un nuevo y creciente sector ambiental en la economía, que frecuentemente tiene una mayor capacidad de generación de empleos por unidad de gasto. La disyuntiva entre protección ambiental y empleos es solo aparente; en realidad se trata de una decisión social sobre el tipo de economía y sobre los niveles de bienestar que prefiera la sociedad. Se ha estimado en 1994, que el tamaño del sector ambiental de la economía ascendió a casi 2,000 millones de dólares, incluyendo sistemas de control de la contaminación del agua, manejo de residuos sólidos y peligrosos, eficiencia energética y energéticos renovables, control de emisiones a la atmósfera en fuentes industriales, consultoría y reparación.

La política ambiental hoy debe edificarse a partir de nuevos principios, en donde la regulación ecológica entre en sinergia con un desarrollo industrial competitivo. Industriales y autoridades ambientales deben dejar de verse unos a otros como adversarios en un juego de suma cero, donde lo que uno cosecha para sus propios fines otro lo pierde. Ahora sabemos que la regulación ambiental puede y debe ser un eficaz impulsor de la posición competitiva de la industria, a través de nuevos esquemas de cooperación, entre el gobierno y las empresas.

En vez de imponer obstáculos en la senda del desarrollo industrial, la nueva política ambiental para la industria debe ofrecer incentivos a las empresas para innovar de manera permanente en sus tecnologías y procesos en favor de la protección ambiental.

En otros países esta asociación de medios y fines entre la promoción del desarrollo industrial y la protección del medio ambiente ha resultado en poderosos círculos virtuosos. Hoy sabemos que los problemas ambientales no sólo pueden y deben atacarse por la vía correctiva de la reparación o al *final del tubo*, sino que es posible resolver problemas ambientales a través de un uso más eficiente de materiales e insumos, un mejor control de procesos; una mayor creatividad en el diseño organizacional; minimización de riesgos y de primas de seguros; reducción de costos de disposición y manejo de efluentes, residuos y emisiones; incremento en la productividad; identificación y aprovechamiento de mercados para materiales secundarios; eficiencia energética; mejor mantenimiento de equipos y recuperación de desechos; entre otros aspectos que de manera conjunta, tienden a promover la innovación y el progreso tecnológico. Así, los resultados de la regulación ambiental no son sólo públicos, sino que también se traducen en ventajas para las empresas que mejoran su productividad y su posición competitiva.

Una gestión ambiental eficiente no es responsabilidad exclusiva de las áreas de ingeniería. Es fundamentalmente una responsabilidad de gestión microeconómica, tendiente a utilizar con una alta racionalidad los recursos ambientales que ingresan, se transforman o se utilizan en el proceso productivo.

La política ambiental debe ser construida sobre un amplio cimiento y enfocarse en el desempeño ambiental de ramas completas de actividad industrial, más que en el desempeño de cada empresa en lo individual; permitiendo de esta forma una competencia sana y leal, entre iguales, para lograr resultados ambientales globales de manera más eficiente.

## **VII. PROPÓSITO GENERAL**

Tal y como se esbozó en la presentación de este documento, el problema de política pública a largo plazo se plantea aquí en términos de cómo escoger, con criterios de eficiencia y de viabilidad social, una combinación de estrategias e instrumentos que desplacen la media de la distribución de probabilidad de los índices de calidad del aire hacia la izquierda, de tal forma que cada vez se tengan menores niveles de contaminantes por día y menos contingencias por año. Sin embargo, en última instancia el propósito general es sin duda el de cuidar la salud de los habitantes del Valle de México y salvaguardar la de las generaciones futuras.

Planteado en estos términos y considerando la extrema complejidad del problema de la contaminación atmosférica, el propósito que se persigue sólo puede ser alcanzado a través de la aplicación de un paquete consistente de medidas a lo largo de un período que puede llegar hasta bien entrado el siglo XXI. En su horizonte más cercano, la planeación puede estar sujeta sin embargo a una calendarización que permita ir alcanzando objetivos y metas importantes en el corto y mediano plazos.

Del análisis estadístico de la serie del IMECA, presentado en el tercer capítulo, se desprende que su comportamiento se parece a un proceso estocástico constituido por una parte sistemática y otra aleatoria. Puede argumentarse que la parte sistemática corresponde a una media que tiende a modificarse con el tiempo, sobre la cual se sobreimponen las variaciones estacionales.

Se ha dicho que el propósito fundamental es desplazar la media de la distribución hacia la izquierda, de tal forma que la frecuencia de incumplimiento de las normas establecidas se reduzca, lo que parece factible si se observan las variaciones que ha sufrido la media del IMECA a lo largo de los últimos años. Más aún, atendiendo a que la variación del índice tiende a ser estacionaria en torno a la media, se puede esperar que el conjunto de ocurrencia de los eventos tenderá a desplazarse igualmente hacia la izquierda. De este modo, la media del índice puede utilizarse como una línea de base para disminuir uniformemente la frecuencia de las distribuciones. En otras palabras, si se logra recorrer la media hacia la izquierda, se disminuirá con ello la ocurrencia de eventos por encima del nivel de contingencia.

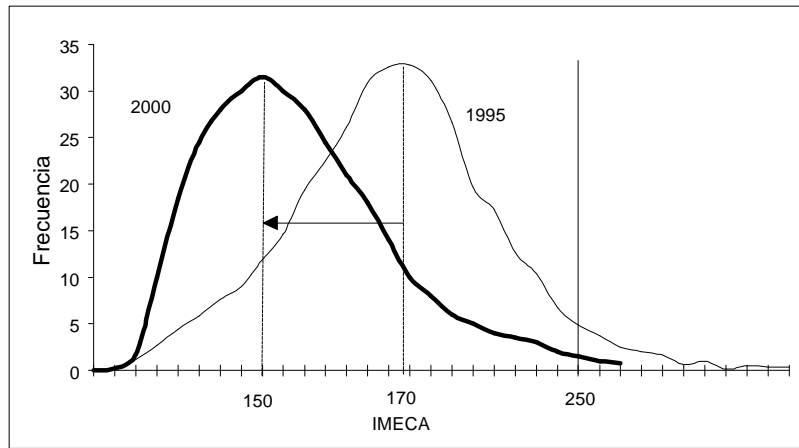
No es realista, sin embargo, plantear para el corto plazo la eliminación total de las excedencias a la norma de calidad del aire, ya que eso implicaría costos exorbitantes y, en el fondo, una estructura de preferencias sociales difícilmen-

te asequible. Además y como se sabe, estas excedencias están sujetas al comportamiento probabilístico de las condiciones atmosféricas que determinan la dispersión de los contaminantes, tales como las tasas de radiación solar, la nubosidad y los gradientes de temperatura.

### Objetivos

- Se busca lograr gradualmente menores niveles de contaminación durante el día y tener menos contingencias al año, como resultado de un abatimiento del 50% de las emisiones de hidrocarburos, 40% de óxidos de nitrógeno y 45% de partículas suspendidas de origen antropogénico, para el año 2000.
- Esto se traduce en desplazar hacia la izquierda la distribución de frecuencias del IMECA, logrando que la media de esta distribución se reduzca de 170 puntos en la actualidad a un nivel de entre 140 y 150 puntos; y que se abata en un 75% la probabilidad de ocurrencia de contingencias por encima de los 250 puntos, para el año 2000. Evidentemente, el mantenimiento del Programa de Contingencias Ambientales permitirá minimizar el número de días en que efectivamente el índice IMECA supere los 250 puntos al reducir las emisiones de contaminantes durante episodios de estancamiento atmosférico.
- De la misma forma, prácticamente, se duplicará el número de días en que se cumple la norma (100 IMECA)
- En forma consecuente, se lograrán importantes beneficios para la salud de la población de la ZMVM, especialmente la de niños y grupos sensibles. Tan sólo en épocas invernales se espera, para el año 2000, una disminución de más de 300,000 casos de enfermedades respiratorias agudas.

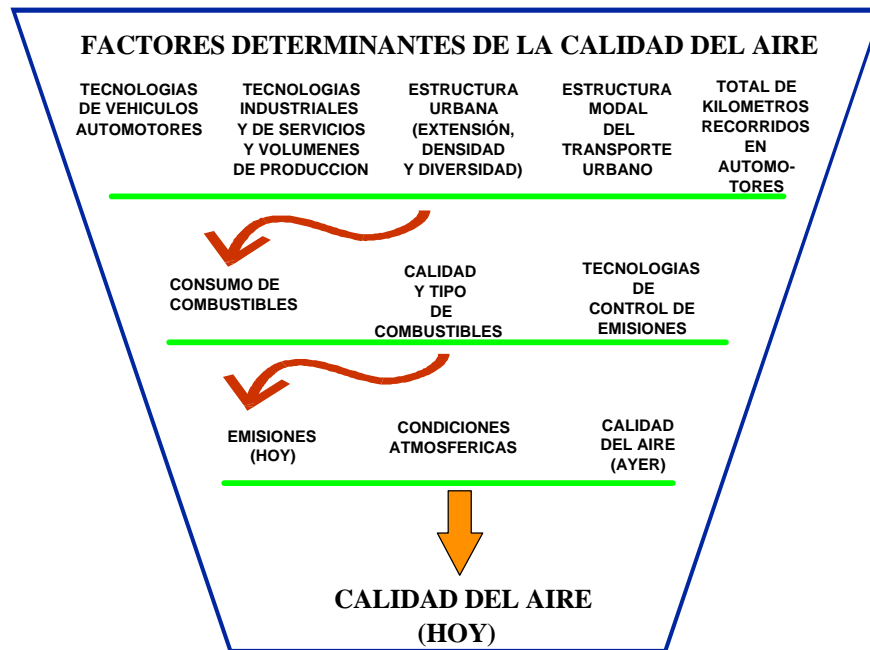
**Distribución de frecuencias IMECA 1995-2000**



Fuente: INE, 1995. Con datos de la RAMA del DDF.

## VIII. METAS

Las cuatro metas generales del programa fueron determinadas a partir de la asimilación de dos aspectos fundamentales: las causas de fondo de la contaminación atmosférica y el inventario de emisiones. En este sentido, las metas cubren de manera general todos aquellos aspectos sobre los cuales hay posibilidad de incidir para modificar el estado de la calidad del aire. Como puede observarse en el diagrama retomado del capítulo tercero, sólo quedan fuera de nuestras posibilidades de acción las variables exógenas, a saber, las condiciones atmosféricas.



Como se mencionó anteriormente, la lógica estructural del inventario de emisiones también queda plasmada en las siguientes cuatro metas generales:



- 
- I. INDUSTRIA LIMPIA:** *Reducción de Emisiones en la Industria y Servicios*
- II. VEHÍCULOS LIMPIOS:** *Disminución de las Emisiones por Kilómetro*
- III. TRANSPORTE EFICIENTE Y NUEVO ORDEN URBANO:** *Regulación del Total de Kilómetros Recorridos por Vehículos Automotores*
- IV. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA:** *Abatimiento de la Erosión*
-

## **IX. ESTRATEGIAS**

El diseño de las estrategias propuestas se fundamenta, primero, en el marco conceptual desarrollado; segundo, en el inventario de emisiones y tercero, en el conocimiento que tenemos hasta ahora de los problemas ambientales, de las tecnologías relevantes y de las experiencias propias e internacionales.

Cabe subrayar que las estrategias están constituidas por una serie de instrumentos diversos y complementarios, pertenecientes principalmente a dos grandes ámbitos: el de la regulación y el de los marcos de incentivos. El ámbito de la regulación incluye mecanismos reglamentarios que deben ser respetados, sin distinción, por las personas y las empresas. Sin embargo, los parámetros que determinan los niveles de exigencia de cada mecanismo dependen del estado y de la accesibilidad de las tecnologías relevantes, lo cual define a su vez la velocidad con la que los mecanismos regulatorios pueden actualizarse.

Por su parte, los marcos de incentivos se definen a partir de instrumentos cuya flexibilidad permite que los agentes involucrados mantengan y utilicen varios grados de libertad en la toma de sus decisiones. Así, un marco de incentivos diseñado correctamente puede inducir un cambio de conductas que oriente una parte importante de millones de decisiones individuales hacia los objetivos ambientales deseados; esto implica que los individuos y las empresas tomen, por sí mismos, decisiones que conlleven un beneficio social, liberando al Estado de la carga de tomar las decisiones por ellos. Los instrumentos regulatorios considerados son las normas y las restricciones cuantitativas, en cuanto al segundo de los ámbitos, el instrumento natural es el de los incentivos económicos.

Las estrategias propuestas son las siguientes:

- Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria y los servicios
- Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores
- Mejoramiento y sustitución de energéticos en la industria y los servicios
- Mejoramiento y sustitución de energéticos automotrices
- Oferta amplia de transporte público seguro y eficiente
- Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y medio ambiente)
- Incentivos económicos
- Inspección y vigilancia industrial y vehicular
- Información y educación ambientales y participación social

El propósito de la política ambiental urbana, en lo que a calidad del aire se refiere, es muy claro: se trata de avanzar de tal manera que cada vez estemos más cerca de cumplir con las normas de calidad del aire, en un período de tiempo razonable. Ello implica enfrentar un costo que bajo cualquier escenario será alto y por lo tanto sujeto a las más variadas objeciones. Sin embargo, soslayar hoy la importancia de avanzar hacia el cumplimiento de las normas significaría el abandono de los intentos reales por mantener la salud pública a salvo de los graves efectos de la contaminación atmosférica; aún más, los beneficios presentes y futuros que se obtendrían con la instrumentación de las medidas propuestas en este programa podrían ser indudablemente superiores a los costos. En el caso particular de la Zona Metropolitana del Valle de México, el reto es convencer a la opinión pública de que las posibilidades de alcanzar esos beneficios son indudablemente reales.

El problema que enfrenta la autoridad es el de escoger una combinación de instrumentos que minimice el costo social de lograr tales objetivos, sujeta a una restricción sobre las emisiones totales permisibles. La reducción en las emisiones puede establecerse como una función de la capacidad (escasa y variable) de carga de la cuenca atmosférica del Valle de México, lo cual se determina exógenamente. La definición de costo se asocia con *costos de oportunidad* (lo cual implica la minimización del costo en todas sus expresiones) entre las que se encuentran por ejemplo la reducción en el bienestar como resultado de los hábitos actuales de transporte, y el costo de los recursos tecnológicos asignados al abatimiento de las emisiones. La dualidad del problema consiste en la maximización del bienestar con sujeción a restricciones sobre las emisiones contaminantes.

## **X. CONSTRUCCIÓN, FINANCIAMIENTO Y ALCANCE DEL PROGRAMA**

A lo largo de este documento se ha reiterado la importancia de una participación amplia, informada y corresponsable de todos los sectores de la sociedad, para enfrentar y dar soluciones de fondo a los problemas de calidad del aire de la zona metropolitana. Este es el espíritu que ha guiado el diseño y concertación del paquete de medidas del Programa.

En cada una de las líneas de acción comprometidas, se han incorporado acciones o medidas organizadas de acuerdo a las estrategias y metas presentadas en los capítulos anteriores.

En la definición de las acciones y la identificación de los compromisos se ha buscado maximizar los beneficios ambientales de las inversiones requeridas, a la vez que se ha dado preferencia a las medidas con mayor costo-efectividad. La evaluación de la factibilidad técnica, económica y social ha sido uno de los principios rectores en la selección de las medidas.

Para garantizar esta viabilidad, se ha realizado un amplio proceso de concertación con todas las instituciones públicas y privadas que tendrán la responsabilidad directa o indirecta de poner en marcha este programa, así como su supervisión, vigilancia, retroalimentación y ajustes.

Conjugando estrategias y metas se genera un juego de más de 95 instrumentos, acciones y proyectos, entre los cuales destacan, en forma muy agregada, los siguientes:

1. Nueva normatividad de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles para la industria y los servicios (incluyendo distribución y uso de gas LP y recuperación de vapores en gasolineras).
2. Reingeniería para el control de óxidos de nitrógeno en la termoeléctrica Valle de México y sustitución paulatina de la termoeléctrica Jorge Luque con sistemas de generación más eficientes.
3. Normatividad de calidad más estricta para combustibles industriales y de servicios (gas LP, gasóleo y combustóleo).
4. Nueva estructura de precios y reordenamiento de mercados de combustibles industriales y de servicios, para favorecer aquellos de mayor calidad ambiental (como el gas natural).
5. Utilización de incentivos fiscales vigentes, exenciones arancelarias y nuevos créditos internacionales para financiar la reconversión tecnológica.

6. Utilización del Hoy No Circula y Doble No Circula como instrumento de modernización tecnológica del parque vehicular con base en nueva normatividad. Se exentará de ambas restricciones a los vehículos que cumplan con normas muy estrictas de emisión de contaminantes.
7. Normas crecientemente estrictas para vehículos nuevos y en circulación.
8. Extensión y operación eficiente de los sistemas de verificación vehicular.
9. Revisión progresiva de la normatividad para gasolineras.
10. Incorporación a mediano y largo plazo de costos ambientales en precios de combustibles automotrices.
11. Reestructuración y ampliación del transporte público de superficie.
12. Ampliación de los sistemas de transporte colectivo no contaminante: metro, trolebuses y trenes elevados.
13. Reorganización de los sistemas de tránsito y de operación del transporte público.
14. Nuevas políticas de desarrollo urbano tendientes a la eficiencia ambiental, promoviendo la diversificación de los usos del suelo, el reciclaje urbano, la protección de las zonas de conservación ecológica y la revitalización de las áreas centrales.
15. Recuperación lacustre en el oriente del Valle de México, reforestación y restauración ecológica en zonas suburbanas.

Igualmente el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México* incluye importantes acciones de vigilancia e información epidemiológica a cargo de la Secretaría de Salud.

Se contemplan también sistemas de vigilancia vial, industrial y de servicios y del parque vehicular.

Como parte esencial del programa, se ha incluido un mecanismo de retroalimentación mediante el cual la sociedad podrá contribuir a su enriquecimiento. Ello le confiere flexibilidad y apertura, elementos fundamentales para asegurar la efectividad del Programa y la inserción de nuevos elementos que surjan durante su instrumentación. En este sentido se establecerán mecanismos de evaluación, información y auditoría pública, con la participación de universidades, organizaciones sociales, sector privado y cuerpos legislativos del DDF y el Estado de México.

El Programa estará soportado por un amplio esfuerzo de educación ambiental y de comunicación social.

Es muy importante destacar que por primera vez este programa se inscribe en un esquema de integración de políticas metropolitanas, en términos de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire, lo que configura los primeros elementos claros para una metrópolis sustentable.

El financiamiento de este programa incluye recursos tanto públicos como privados. En el caso del sector privado, se trata de las inversiones necesarias en la reconversión industrial y de servicios, en las nuevas tecnologías automotrices y en transporte colectivo de superficie. Se contempla en este ámbito, la transferencia hacia el transporte colectivo de recursos del fideicomiso ambiental de la ZMVM, financiado con un sobreprecio a la gasolina nova. El monto de estas inversiones asciende a más de 2,800 millones de dólares.

En lo que respecta al sector público, el financiamiento proviene de presupuestos ambientales propiamente dichos, tanto del Departamento del Distrito Federal como del Estado de México y de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Incluye también inversiones de Petróleos Mexicanos para producir combustibles de alta calidad, y del sector eléctrico para la rehabilitación ambiental y/o sustitución de termoeléctricas. Destacan también aquí inversiones en sistemas de transporte público. En este caso, las inversiones se cuantifican en cerca de 10,500 millones de dólares entre 1996 y el año 2000, especialmente por mejoramiento de combustibles, extensión del metro y otros sistemas de transporte público y reordenamiento urbano.

Resulta pertinente aclarar con respecto a las estimaciones de costos e inversiones necesarias para lograr las metas del Programa, que éstas incluyen, por una parte, erogaciones directamente imputables a las acciones del mismo, esto es, gastos que no se llevarían a cabo en ausencia del Programa. Por otra parte, se incluyen también estimaciones de costos y de inversiones que corresponden a otros programas cuyo objetivo principal no es mejorar la calidad del aire en el Valle de México. Tal es el caso, por ejemplo, de las inversiones en materia de transporte público, cuyo objetivo primordial es facilitar el traslado de los habitantes de la zona metropolitana, pero sin las cuales el propósito de este Programa no podría ser alcanzado. Las diferencias entre uno y otro tipo de inversiones resultan, en ocasiones, muy difíciles cuando no imposibles de establecer con precisión, por lo que se ha preferido mantenerlas agregadas, y presentar al mismo tiempo esta aclaración. Así se tiene una idea más clara de la magnitud de los esfuerzos que habrán de hacerse, para mejorar la calidad del aire, en una diversidad de campos interrelacionados.

Se ha insistido en que las numerosas instancias y sectores que han coadyuvado al deterioro de la calidad del aire, deben internalizar los efectos ambientales de sus actividades en sus programas de inversión. Las medidas descritas en este Programa constituyen un paso muy importante en esa dirección. En consecuencia, dichas inversiones deben hacerse explícitas en el entendido de que no se trata de inflar artificialmente el costo del programa sino, como ya se dijo, de cobrar conciencia de la magnitud y diversidad de esfuerzos que se requieren para mejorar significativamente la calidad el aire.

El seguimiento a la ejecución y la coordinación del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México* recaerá en un grupo ejecutivo de trabajo que será integrado por los miembros de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.

En última instancia, todos los habitantes de la ZMVM estaremos atentos a participar, a impulsar y a vigilar el cumplimiento de los proyectos, acciones y medidas que contempla el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México.

A continuación se presentan las acciones descritas en forma sucinta, destacando su propósito y los beneficios ambientales asociados a su instrumentación, así como los compromisos específicos de los distintos sectores involucrados. Se incluyen tiempos de instrumentación y estimaciones preliminares de las inversiones y los efectos ambientales esperados.

## **I. INDUSTRIA LIMPIA: Reducción de Emisiones en la Industria y Servicios**

### **Estrategia de mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria y los servicios**

1. *Aplicación de niveles de emisión más estrictos, para óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas en la industria.*

#### *Objetivo*

Reducir, a partir de 1998, las emisiones del sector industrial aplicando la NOM-085-ECOL-1994. Para lograrlo, se utilizará la mejor tecnología práctica disponible, es decir, aquella que reúna la posibilidad de alcance económico de la industria y que garantice el cumplimiento de la norma antes citada.

#### *Descripción*

El Instituto Nacional de Ecología, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, el Departamento del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México vigilarán, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento y aplicación de las medidas pertinentes para lograr las reducciones conforme a lo señalado en la NOM-085-ECOL-1994.

La norma establece límites máximos de emisión de contaminantes para los procesos de combustión de la industria y los servicios. La disminución progresiva de las emisiones de SO<sub>x</sub>, PST y NO<sub>x</sub> se alcanzará en función de la capacidad del equipo de combustión y del tipo de combustible utilizado. El proceso de aplicación contempla dos etapas: la primera de 1994 al 31 de diciembre de 1997 y la segunda a partir del 1 de enero de 1998, estableciendo en esta segunda etapa límites mucho más estrictos de emisión que en la primera.

#### *Meta*

Reducir para el año 2000, aproximadamente 4,500 ton. de NO<sub>x</sub>, 1,800 ton. de PST y 14,500 ton. de SO<sub>x</sub> provenientes de los sectores industrial y de servicios.



2. Sistema regional de topes máximos de emisión de NOx en el sector industrial.

*Objetivo*

Crear un sistema regional, que estimule el control de emisiones de NOx en el sector industrial, estableciendo límites o topes de emisión por región determinada, a lo que se le conoce como un "sistema de tipo burbuja".

*Descripción*

Mediante la aplicación de topes regionales para la emisión de NOx proveniente de la industria, se pretende fomentar el desarrollo e integración de tecnología de punta que permita la disminución de emisiones de NOx, con el fin de que en una región determinada no se rebasen los límites que se le señalen, de acuerdo al número de usuarios de la Cuenca Atmosférica que se demarque y a su potencial de emisiones.

En el caso de que una industria logre, mediante el empleo de tecnología, disminución de emisiones a niveles significativamente inferiores a los marcados en las normas señaladas para una determinada región, este volumen adicional de contaminantes que dejan de emitirse podrá ser transformado en créditos de emisión, que la citada industria podrá comercializar con otras que por alguna causa les sea tecnológicamente complicado o extremadamente costoso el cumplir con las normas correspondientes.

*Meta*

Constituir las bases para lograr reducciones significativas de emisiones de NOx en la industria, en el mediano y largo plazo, mediante el establecimiento de un sistema de burbuja. El alcance de las reducciones de esta medida será definido en la primera parte de la meta, en función del potencial de comercialización de créditos de emisión.

3. Nueva normatividad para el almacenamiento, la elaboración y el uso de Compuestos Orgánicos Volátiles.

*Objetivo*

Reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) tomando en cuenta la elaboración, el uso y el almacenamiento de los mismos en la industria y los servicios.

*Descripción*

El Instituto Nacional de Ecología publicará nuevas normas para la reformulación y aplicación de pinturas y tintas y para el uso de solventes en la industria y los servicios. Estas normas establecerán reducciones del orden del 70% en las emisiones.

El INE, junto con la PROFEPA, el DDF y el Gobierno del Estado de México vigilarán, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento y la aplicación de las medidas pertinentes para lograr las reducciones conforme a las nuevas normas y el control en el uso de solventes.

*Meta*

Expedir las nuevas normas para el almacenamiento, la elaboración y el uso de compuestos orgánicos volátiles en 1996, con lo que se estima alcanzar una reducción para el año 2000, de 134,000 ton. de compuestos orgánicos volátiles.

*4. Normatividad y simplificación administrativa para promover y regular las instalaciones de distribución y uso de gas natural en establecimientos industriales y de servicio.*

*Objetivo*

Estimular el cambio de algunos combustibles líquidos actualmente usados en la industria y los servicios por el gas natural que es un combustible más limpio al tener un mínimo contenido de azufre y al producir mucho menos partículas suspendidas en el momento de su combustión.

*Descripción*

Promover la ampliación de la red de distribución de gas natural en la ZMVM, realizando los estudios de factibilidad económica y de diseño, así como la construcción de ramales distribuidores a zonas de alto nivel de industrialización y consumo, que actualmente no cuentan con sistemas de distribución de gas natural.

Además, se deberán realizar los estudios de factibilidad técnica y económica de instalación de casetas de distribución de gas natural para áreas con servicios múltiples (medianos y pequeños), como hoteles, hospitales, baños públicos, panaderías, etc., mismos que tienen una significativa demanda de combustible para justificar dicha instalación.

*Meta*

Promover el incremento en el consumo de gas natural en la industria y los servicios, a través del reforzamiento y ampliación de la infraestructura y la agilización de la tramitación de licencias o permisos para el uso y distribución de gas natural.

*5. Sistema normativo y de reconversión tecnológica para distribución y uso comercial y doméstico de gas licuado de petróleo.*

*Objetivos*

Reducir las emisiones generadas por el manejo, almacenamiento y distribución de gas L.P., tanto en el sector comercial como en el doméstico, utilizando para ello una reconversión tecnológica en dichos rubros.

*Descripción*

Esta categoría incluye actividades tales como carga de tanques estacionarios, cambio de cilindros, operación de estufas y calentadores, gas quemado, fugas en transvasado, mantenimiento y purgas de líneas.

Las reducciones estimadas de hidrocarburos serán del 40 al 80%, mientras que las acciones de control incluyen, entre otras, la optimización de la combustión, la modificación de espreas, la modificación y/o mejora en el diseño de quemadores y de cámaras cerradas para el llenado de tanques estacionarios.

Las acciones se llevarán a cabo de acuerdo a las disposiciones tomadas por la SEMARNAP, PROFECO, la Secretaría de Energía, el DDF y el Gobierno del Estado de México, con la participación de los distribuidores de gas.

*Meta*

Con esta medida se estima lograr una reducción de aproximadamente 95,670 ton/año de hidrocarburos provenientes exclusivamente del Gas L.P.

*6. Programa de autorregulación industrial acoplado al Plan de Contingencias para alcanzar reducciones de emisiones mayores a las de las normativas obligatorias.*

*Objetivo*

Emitir normas de observancia voluntaria que establezcan límites de emisión de NOx y COV mucho más estrictos que los establecidos por la normatividad obligatoria. Las industrias que no cumplan con esta normatividad permanecerán dentro del Programa de Contingencias Ambientales.

### *Descripción*

El INE elaborará la nueva normatividad voluntaria para promover la aplicación de las mejores tecnologías disponibles para el sector industrial.

Con esta normatividad acoplada al Plan de Contingencias se estima una reducción aproximada del 80% para NOx (aplicando reducción catalítica con recirculación de gases) y del 90% para COV (con incineración catalítica y recuperación de vapores). El total de toneladas reducidas dependerá de la emisión y del número de empresas participantes.

### *Meta*

Reducir, a partir de 1996, aproximadamente 6,600 ton/año de NOx y 6,900 ton/año de COV mediante el control de las principales industrias emisoras.

7. *Durante una contingencia ambiental: a) suspender la operación de la termoeléctrica Jorge Luque, a partir de la entrada en operación de la Subestación La Quebrada. b) reducción de hasta 50% la generación en la termoeléctrica Valle de México.*

### *Objetivo*

Reducir las emisiones de NOx durante contingencia ambiental.

### *Descripción*

Las dos termoeléctricas generan en promedio el 14% de los NOx generados en el Valle de México, por lo que la medida de sustituir la operación de la termoeléctrica "Jorge Luque" con la puesta en marcha de la "Subestación La Quebrada", así como la reducción en las operaciones de la "Valle de México" en un 50%, indudablemente que tendrá un gran impacto sobre la generación de NOx en periodos de contingencia ambiental.

### *Metas*

Disminuir la generación de NOx en situaciones de contingencia ambiental.

8. *Instalación en la Termoeléctrica Valle de México de quemadores con baja emisión de NOx: Unidad 4 en 1996 y Unidades 1, 2 y 3 en 1997. Sustitución de la capacidad de la termoeléctrica Jorge Luque con unidades de generación que cumplan con la normatividad ambiental que entrará en vigor en 1998.*

*Objetivo*

Modernizar los sistemas de generación de energía eléctrica e instalar equipos anticontaminantes para la reducción de sus emisiones de NOx.

*Descripción*

Se pretende disminuir las emisiones de NOx en un 50%, lo que equivale a 6,600 ton/año de este contaminante con tecnologías como: instalación de quemadores bajos en NOx con recirculación de gases y considerar la modernización de la central termoeléctrica "Jorge Luque", reemplazando la planta actual cuando entre en operación la Subestación La Quebrada. Para el efecto se iniciará de inmediato un estudio que permita fijar las condiciones de operación de esta central en el periodo de reconversión y con ello establecer la tasa máxima de emisión.

*Meta*

Reducir 6,600 ton/año de NOx.

*9. Consolidación del sistema de recuperación de vapores en las Terminales de distribución de gasolinas (Fase 0) y llenaderos de autotransporte*

*Objetivos*

Reducir las emisiones contaminantes provenientes de los vapores de gasolinas mediante el cierre del ciclo de recuperación en las terminales de distribución.

*Descripción*

La recuperación de vapores ha probado ser una medida efectiva en relación a la inversión. Estudios técnicos y experiencias en sitio han mostrado las ventajas ambientales en la instalación de esos sistemas y sus efectos sobre precursores de ozono. A la fecha se ha iniciado un programa metropolitano para que todas las estaciones de servicio cuenten con la instalación correspondiente. La instalación del sistema de recuperación de vapores en gasolineras debe ir acompañada de la puesta en marcha de la fase 0 en las terminales de PEMEX para completar el ciclo de emisiones evaporativas.

*Meta*

Instalar la fase cero del Sistema de recuperación de vapores en las Terminales Azcapotzalco, Barranca del Muerto y Añil de Petróleos Mexicanos para 1997.

### **Estrategia de mejoramiento y sustitución de energéticos**

10. *Aplicación de normatividad más estricta para combustibles industriales y de servicios (Gas Natural, Gas LP, Diesel, Gasóleo y Combustóleo).*

#### *Objetivo*

Reducir el total de emisiones contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana del Valle de México, mediante la sustitución o mejoramiento de combustibles usados en industria y los servicios.

#### *Descripción*

El Instituto Nacional de Ecología, en coordinación con Petróleos Mexicanos, elaborará normas para mejorar la calidad de los combustibles empleados en la Zona Metropolitana del Valle de México. En el caso de combustibles líquidos, se contemplará la disminución gradual en el contenido de azufre y nitrógeno para reducir así la emisión potencial de PST, SOx y NOx. En cuanto a los combustibles gaseosos, los sectores industrial y de servicios privilegiarán el uso de gas natural respecto al uso de gas L.P., según lo permita su demanda; además, se promoverá el incremento en la proporción de propano respecto al butano en la formación del gas L.P.

#### *Meta*

Elaborar y expedir la nueva normatividad referente a combustibles industriales y de servicios durante el período 1997 - 1998.

### **Estrategia de incentivos económicos**

11. *Diseño e Integración de una nueva estructura de precios relativos de gasóleo y gas natural para favorecer el uso de combustibles industriales y de servicios de mejor calidad ambiental.*

#### *Objetivo*

Inducir en los establecimientos industriales el uso de combustibles más limpios que contribuyan a disminuir el potencial de emisiones contaminantes de ese sector.

#### *Descripción*

Para fomentar el uso de combustibles más limpios, es necesario establecer una política de precios más bajos para este tipo de combustibles y un precio mayor para los combustibles con mayor potencial contaminante.

*Meta*

Establecer en el primer semestre de 1997, la estructura de precios de combustibles para alentar el uso de los que son más convenientes ambientalmente.

12. *Reordenamiento y regulación del mercado de gas LP que permita la modernización de los equipos de suministro y almacenamiento y contribuya a una mayor eficiencia en su uso.*

*Objetivos*

Modernizar el mercado de Gas LP para reducir las emisiones contaminantes de hidrocarburos en los sectores industrial, comercial y doméstico, promoviendo para ello una reconversión tecnológica en dichos rubros.

*Descripción*

Una revisión y actualización permanente de las políticas de precios de gas LP permitirá generar recursos adicionales que podrán utilizarse en la modernización de los equipos de almacenamiento y distribución de gas LP.

Las acciones se llevarán a cabo de acuerdo a las disposiciones tomadas por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Energía, el DDF y el Gobierno del Estado de México.

*Meta*

Elaborar un programa de reordenamiento y regulación del mercado de Gas LP para el segundo semestre de 1996. Instrumentar el programa y aplicar nuevas disposiciones a partir de 1997.

13. *Mayor claridad en las definiciones para la aplicación de incentivos fiscales al uso de tecnologías de control de emisiones en la industria, así como una mayor difusión de los mismos para que su uso sea más efectivo.*

*Objetivo*

Fomentar, mediante incentivos fiscales, el uso de tecnologías de control de emisiones en la industria, que permitan una disminución significativa y comprobable en las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes industriales.

*Descripción*

En coordinación con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, es necesario elaborar un programa que permita la integración de paquetes de incentivos fiscales a fin de adoptar técnicas y equipos de control de emisiones, principalmente de precursores de ozono y de partículas suspendidas totales, con líneas de amortización más atractivas para la industria.

*Meta*

Diseñar y ofertar paquetes de incentivos fiscales para la renovación y modernización de la planta industrial y la adquisición de bienes de capital ambiental.

**Estrategia de inspección y vigilancia**

*14. Exención arancelaria a equipos y tecnologías ambientales que no se fabrican en México*

*Objetivo*

Fomentar el uso de tecnologías de control de emisiones mediante incentivos fiscales.

*Descripción*

Elaborar un programa por parte de la SHCP, el DDF, el Gobierno del Estado de México y la SEMARNAP, que permita la integración de paquetes e incentivos fiscales que promuevan la adopción de técnicas y equipos de control de emisiones.

*Metas*

Instrumentar apoyos a otras medidas de control.

*15. Nuevos créditos para financiar la modernización ambiental de los procesos industriales.*

*Objetivos*

Promover la asignación de créditos blandos destinados a la adquisición de equipo anticontaminante por parte de la industria.



*Descripción*

Se promoverá ante instituciones nacionales de crédito, la constitución de un fondo especial de crédito destinado a los establecimientos industriales y de servicios para la adquisición de equipo anticontaminante y de nuevas tecnologías.

*Metas*

Constituir líneas de crédito especiales para el control de contaminación en bancas de primer piso

**Estrategia de inspección y vigilancia**

16. *Programa de inspección y vigilancia para el cumplimiento estricto de la normatividad ambiental en la industria y los servicios.*

*Objetivo*

Reforzar la aplicación de la NOM-085-ECOL-1994 para reducir las emisiones contaminantes generadas en establecimientos industriales y de servicios.

*Descripción*

La regulación ambiental en los sectores industrial y de servicios, se realizará a través de la aplicación estricta de las normas ambientales.

*Meta*

Establecer un programa continuo de observancia de las normas.

17. *Estricto cumplimiento de la normatividad y sanciones para reducir emisiones evaporativas en estaciones de servicio (recuperación de vapores en gasolineras).*

*Objetivo*

Reducir emisiones evaporativas en estaciones de servicio, con gran impacto en la formación de ozono.

*Descripción*

Se ha comprobado que los sistemas de recuperación de vapores son una medida muy efectiva para la reducción de precursores de ozono. El programa iniciado en 1995 requiere de un mayor impulso para que las reducciones sean efectivas y a la vez se requiere de un estricto programa de supervisión y vigilancia de los procedimientos de instalación y operación de los sistemas.

Se requiere a la vez un programa de seguimiento a los equipos instalados a fin de asegurar su efectividad y de imponer sanciones en los casos en que no se cumpla con la norma.

#### *Metas*

Establecer un programa constante de observancia del cumplimiento a la normatividad para reducir las emisiones.

### **Estrategia de información y educación ambientales y participación social**

#### *18. Registro de emisiones y transferencias de contaminantes para la Zona Metropolitana del Valle de México (RETC).*

##### *Objetivo*

Aplicar el registro de emisiones y transferencias de contaminantes como una medida de autorregulación industrial para reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

##### *Descripción*

Esta estrategia permite la autoevaluación ambiental de los establecimientos industriales; incluye a todos los contaminantes, identifica las emisiones y las oportunidades de reducción de las mismas a través de eficientar los procesos en donde muchas de las emisiones son fugitivas; dentro de éstas sobresalen los compuestos orgánicos volátiles.

##### *Meta*

Reducir hasta en un 30% este tipo de emisiones.

#### *19. Desarrollo del Centro de Producción Limpia para promover la capacitación y transferencia tecnológica orientada a la autorregulación y la prevención.*

##### *Objetivo*

Establecer un centro orientado al desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías para la planta industrial, capacitación de técnicos y profesionales para la im-

plementación de medidas de control, la aplicación de tecnologías prácticas y de punta y el mantenimiento de equipos que contribuyan a mejorar el ambiente.

*Descripción*

El desarrollo de la industria mexicana ha incluido, entre otros aspectos, la adopción de esquemas tecnológicos de diversos tipos, la capacitación de técnicos y, en gran medida, se ha orientado a lograr incrementos de la productividad, pues ha sido hasta la última década, que la preocupación ambiental forma parte de las agendas de establecimientos industriales y de servicios.

El establecimiento de un centro de este tipo pretende aportar elementos para que la planta industrial mexicana disponga de tecnología adaptada y probada a las condiciones locales, diseñe los mecanismos de instrumentación y capacitación a trabajadores y difunda ante la comunidad industrial las nuevas tecnologías y equipos de producción limpia.

*Meta*

Establecer las bases para el Centro de Tecnología Limpia durante el primer semestre de 1997 y abrirlo el primer semestre de 1998.

*20. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas*

*Objetivos*

Constituir una instancia de comunicación y evaluación de la comunidad para las actividades de este programa relacionadas con la industria limpia.

*Descripción*

El desarrollo de proyectos y programas ambientales, como los de cualquier otro tipo requieren de la retroalimentación constante no sólo de quienes han estado involucrados en la elaboración, ejecución y seguimiento del mismo, sino de la sociedad, ya que es la mejor manera de involucrar al público en la formulación de nuevas propuestas y adecuación de los esquemas del programa.

*Meta*

Conformar, en el primer semestre de 1997 una ventanilla única de la Comisión Metropolitana para que los interesados en el programa presenten propuestas de nuevas iniciativas y participen en la evaluación y retroalimentación del programa.

## **II. VEHÍCULOS LIMPIOS: Disminución de las emisiones por kilómetro**

### **Estrategia de mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores**

#### *1. Actualización de los programas "Hoy No Circula" y "Doble Hoy No Circula".*

Exención a todos los vehículos de baja emisión de contaminantes (incluyendo taxis), de acuerdo a la normatividad aplicable.

Exenciones solo válidas para vehículos verificados en Verificentros.

#### *Objetivos*

Estimular la renovación y el mantenimiento de la flota vehicular, priorizando la circulación de vehículos de baja emisión de contaminantes, e incluir dentro de las restricciones del programa "Hoy No Circula" a los vehículos que generan más contaminantes por pasajero transportado, como los taxis libres, y a los que contaminan ostensiblemente, como los camiones de carga.

#### *Descripción*

El Instituto Nacional de Ecología emitirá un conjunto de normas que se aplicarán al programa de verificación vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México, para los automovilistas que voluntariamente deseen obtener la exención al programa "Hoy No Circula". Las normas se diseñarán con base en un procedimiento que garantice el control de los tres contaminantes criterio de origen vehicular, a saber: monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Asimismo, este procedimiento deberá indicar el adecuado funcionamiento de los dispositivos de control de contaminantes.

El primer paquete de normas se pondrá en aplicación a partir de julio de 1996 y el segundo en enero de 1997. Las normas deberán aplicarse a través del Programa Metropolitano de Verificación Obligatoria de Vehículos Automotores.

#### *Meta*

Reducir aproximadamente 1,350 ton/año de óxidos de nitrógeno, 5,250 ton/año de hidrocarburos y 71,092 ton/año de monóxido de carbono provenientes de vehículos automotores en circulación.

2. *Reforzamiento de la normatividad sobre verificación de emisiones evaporativas para vehículos en circulación.*

*Objetivo*

Reducir las emisiones evaporativas de gasolina cruda que provienen de vehículos automotores en circulación, a través de un procedimiento que verifique la hermeticidad del sistema interno de distribución de combustible.

*Descripción*

Los vehículos automotores a gasolina poseen un sistema de distribución interna de combustible que con el tiempo y el uso pierde sus características de sellado. La gasolina puede evaporarse cuando el vehículo está en operación o, aun, cuando está frío, debido a la falta o desgaste del tapón del tanque, a las condiciones del “canister”, de la válvula PCV o a fugas en conexiones y juntas del motor. Según estimaciones recientes realizadas por investigadores de la UNAM en automóviles viejos o en mal estado, estas emisiones de hidrocarburos pueden llegar a ser hasta tres veces superiores a las del escape.

*Meta*

Reducir aproximadamente 35,000 ton/año de hidrocarburos.

3. *Revisión progresiva de normatividad de emisiones contaminantes para vehículos en circulación (normas más estrictas para microbuses y taxis).*

*Objetivo*

Actualizar el marco regulatorio de vehículos en circulación, de acuerdo con los avances tecnológicos de la industria automotriz, las características tanto de la flota vehicular como de los combustibles del Valle de México.

*Descripción*

Se realizarán revisiones periódicas de los límites máximos de emisión vehicular con base en los resultados, tanto de las verificaciones, como de los distintos estudios realizados en laboratorios de medición de emisiones. Los límites de emisión se revisarán y ajustarán progresivamente para los diferentes estratos de edad del parque vehicular, con la finalidad de inducir la renovación del mismo, el adecuado mantenimiento del motor y la reposición de los equipos de control de contaminantes que poseen los automóviles.

Como parte de este proceso continuo de revisión de las normas, dentro de plazos razonables, se irá reduciendo el número de categorías de vehículos por año-modelo, que cuentan con límites de emisiones específicos. Así por ejemplo, una vez realizados los estudios correspondientes, en 1998 podrían eliminarse los límites para la categoría de 1979 y anteriores, redefiniendo la tercera categoría como vehículos 86 y anteriores.

#### *Meta*

Establecer los criterios de análisis y revisión de las normas ambientales para vehículos automotores y elaborar un procedimiento de actualización para el primer semestre de 1997.

Reducir 18,545 ton/año de NOx, 121,638 de HC y 774,802 de CO.

#### *4. Revisión progresiva de normatividad para emisiones de vehículos nuevos a diesel y reforzamiento de la misma para vehículos en circulación.*

#### *Objetivo*

Establecer normas de emisión de motores a diesel que induzcan la introducción acelerada de nuevas tecnologías en México, semejantes a las que ya se utilizan en países desarrollados. Estas normas permitirán actualizar y hacer más confiables las mediciones de opacidad de humos y gases de escape de vehículos automotores o equipos de trabajo pesado con motores a diesel, a fin de contribuir a la eliminación efectiva de emisiones ostensiblemente contaminantes y precursores de ozono.

#### *Descripción*

En los últimos seis años, los motores tipo diesel han evolucionado tecnológicamente en forma acelerada y al parejo de la reformulación del diesel combustible. En la actualidad, los motores diesel poseen componentes electrónicos de control de combustión y diseños de ingeniería que eliminan virtualmente la posibilidad de emitir humo negro. Asimismo, muchas empresas productoras ofrecen motores tipo diesel, de carga pesada, para uso de gas natural, un combustible alternativo disponible en México. Con la introducción del combustible Diesel Sin, es posible aplicar las normas más estrictas de emisión que existen a nivel mundial para motores nuevos a diesel.

Los métodos de verificación de gases de escape de motores a diesel no son tan precisos ni completos como los que se utilizan en vehículos a gasolina. Ahora sólo se cuenta con una medida indirecta para evaluar el nivel de emisión de

partículas, es decir, midiendo la opacidad del humo del escape de estos vehículos. Aun no se comercializan equipos ni procedimientos confiables para detectar el nivel de emisión de los gases del escape.

Para avanzar en el control de este tipo de motores, se revisará periódicamente el estado de la tecnología automotriz, así como la estadística derivada de la verificación vehicular, con el fin de expedir en un máximo de dos años, un conjunto de normas que marquen con precisión los plazos en los cuales la industria automotriz y de maquinaria pesada deberán surtir unidades de baja emisión de contaminantes, así como inducir el reemplazo de vehículos y equipos estacionarios ostensiblemente contaminantes.

#### *Meta*

Establecer las normas para vehículos automotores a diesel, incluyendo opacidad y gases de escape, para el primer semestre de 1997.

5. *Revisión progresiva de normatividad sobre emisiones contaminantes para vehículos nuevos.*

#### *Objetivo*

Especificar las fechas en las que se introducirán en el mercado nacional, de manera obligatoria, vehículos automotores que empleen gasolinas reformuladas, combustibles alternativos y vehículos con cero emisiones.

#### *Descripción*

El Instituto Nacional de Ecología, en coordinación con las Secretarías de Energía y la de Comercio y Fomento Industrial, convocarán a las industrias del ramo automotriz para elaborar un conjunto de normas que especifiquen las fechas en las que las plantas armadoras de automóviles nuevos deberán producir o vender vehículos que empleen gasolinas reformuladas de acuerdo con las características de fotoreactividad en el Valle de México y combustibles alternativos como metanol, etanol, gas natural, gas licuado de petróleo, hidrógeno, electricidad o la combinación de éstos.

Las normas de emisión de contaminantes para vehículos nuevos en planta se fijarán de acuerdo con los avances tecnológicos obtenidos por la industria automotriz a nivel mundial y la disponibilidad de nuevos combustibles en México.

Para el caso específico de motocicletas, se establecerá una norma de producción e importación, que desaliente el uso de tecnologías obsoletas y de bajo costo.

*Meta*

Establecer los criterios de análisis y revisión de las normas ambientales para vehículos automotores y elaborar un procedimiento de actualización para el primer semestre de 1997.

Reducir 2,650 ton/año de NOx, 1,225 ton/año de HC, 6,351 ton/año de CO y 5,301 ton/año de partículas.

6. *Elaboración y mantenimiento de un padrón vehicular confiable para el área metropolitana.*

*Objetivo*

Crear y mantener actualizada una base de datos de todos los vehículos que circulan en el territorio del Distrito Federal y en los municipios conurbados de la zona metropolitana.

*Descripción*

A través de los programas de "Placa Permanente" y de "Verificación Vehicular", tanto del Departamento del Distrito Federal, del Gobierno del Estado de México y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se diseñará en un año, para su aplicación inmediata en 1997, un sistema de registro único de automóviles en circulación.

*Meta*

Mantener un registro confiable y actualizable de un total estimado de 3 millones de vehículos automotores, conjuntamente elaborado por las autoridades de tránsito y ambientales.

7. *Programa de mejoramiento permanente de la verificación vehicular (verificación de NOx, diagnóstico del convertidor catalítico, ruido y prueba con dinamómetro en % y gr/km).*

*Objetivo*

Desarrollar y expedir un conjunto de normas y procedimientos que permitan la medición y control del total de emisiones contaminantes gaseosas y de partículas de un vehículo automotor, incluyendo ruido, durante la verificación obligatoria. Asimismo, actualizar los reglamentos y normas que rigen la verificación vehicular para incorporar, de manera obligatoria en las dependencias guber-



namentales a cargo y en los centros autorizados de verificación, sistemas modernos de vigilancia y auditoría en el marco de un programa de aseguramiento de calidad total.

#### *Descripción*

La Comisión Metropolitana convocará próximamente a la conformación de un grupo interinstitucional e interdisciplinario para llevar a cabo esta tarea, con la finalidad de que en 1996 queden integrados los elementos técnicos del programa y los plazos en que se podrán realizar las siguientes actividades dentro de los centros de verificación vehicular:

Medición porcentual en prueba dinámica de los 5 gases de escape característicos de un motor de combustión interna: óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, bióxido de carbono y oxígeno.

Prueba de hermeticidad del sistema de almacenamiento y distribución interna del combustible para prevenir fugas de vapores de gasolina.

Pruebas y subrutinas de verificación del buen funcionamiento del convertidor catalítico.

Prueba de detección de fugas de gases provenientes del sistema de aire acondicionado (detección de clorofluorocarbonos).

Medición del nivel de ruido.

Medición en gramos por kilómetro en prueba dinámica de los 5 gases de escape característicos de un motor de combustión interna: óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, bióxido de carbono y oxígeno.

Las propuestas técnicas serán llevadas al seno del Comité de Normalización en Materia de Emisiones Vehiculares para su discusión, modificación en su caso, aprobación y publicación oficial.

#### *Meta*

Aumentar el nivel de eficiencia del "Programa de Verificación Vehicular" hasta un 95%, acorde con los parámetros internacionalmente aceptados (la eficiencia se mide de acuerdo con el porcentaje de detección acertada de vehículos en mal estado mecánico), y desarrollar la capacidad técnica y profesional para medir dicha eficiencia.

Reducir 3,680 ton/año de NOx, 20,026 de HC y 286,207 de CO.

8. *Homologación del proceso de verificación Distrito Federal / Estado de México*

*Objetivo*

Asegurar que los vehículos que circulan en el Distrito Federal y en los municipios conurbados del Estado de México cumplan con la misma normatividad en materia de emisiones, bajo los mismos procedimientos y criterios de certificación de empresas verificadoras.

*Descripción*

El programa de verificación vehicular metropolitano está diseñado para los vehículos que circulan en el Valle de México y es una de las principales medidas de control de contaminación. Debido a problemas de tipo logístico y administrativo, existen a la fecha algunas diferencias que deben desaparecer a la brevedad para poder aplicar la normatividad de manera uniforme. Los principales aspectos en los que debe garantizarse la homologación del procedimiento de verificación son: el tipo de equipamiento e instalaciones, la supervisión y auditoría de los VerifiCentros que garantice el control y aseguramiento de la calidad.

*Metas*

Establecer para 1997, un programa homogéneo y homólogo de verificación vehicular en el Distrito Federal y en los municipios conurbados del Estado de México.

Organizar los procedimientos administrativos para la homologación durante el segundo semestre de 1996.

**Estrategia de mejoramiento y sustitución de energéticos**

9. *Revisión progresiva de normatividad para gasolinas (presión de vapor, azufre, plomo, octano, benceno y otros aromáticos, olefinas, oxigenados y otros aditivos), con base en estudios de emisiones, reactividad fotoquímica y de eficiencia en los automotores.*

*Objetivo*

Lograr que las gasolinas que se consumen en la Zona Metropolitana del Valle de México y áreas circunvecinas, posea la menor cantidad de compuestos al-

tamente reactivos en la atmósfera o de reconocida toxicidad, de acuerdo con las características tecnológicas de la flota vehicular.

#### *Descripción*

La formulación de las gasolinas que se consumen en el Valle de México se realiza de acuerdo con la norma existente. Esta norma prevé un mejoramiento progresivo de la calidad ambiental de las gasolinas hasta 1998. Los estándares especificados hasta esa fecha se revisarán mínimamente cada dos años, para realizar modificaciones de acuerdo con las tendencias observadas en la calidad del aire, los avances en la tecnología automotriz, los nuevos conocimientos que de fotoquímica atmosférica se obtengan en el Valle de México y las condiciones de la flota vehicular en circulación.

En términos generales, se deberán disminuir paulatinamente los volúmenes de olefinas y aromáticos, sustituyéndolos por otros hidrocarburos menos reactivos; se eliminarán al máximo posible los compuestos de reconocida toxicidad como el benceno y el tetraetilo de plomo, así como impurezas como el azufre, que inhibe la función de los convertidores catalíticos; la presión de vapor se deberá ajustar para disminuir al máximo las evaporaciones, de acuerdo con las variaciones climáticas del Valle de México y las características de ignición de los motores automotrices; se regulará el uso de oxigenadores y aditivos que permiten aumentar la funcionalidad de las gasolinas a la altura de la Ciudad de México y bajo las limitantes tecnológicas de la flota vehicular en circulación, tomando en consideración sus propiedades y posibles efectos al medio ambiente o a la salud pública.

#### *Meta*

Reducir los hidrocarburos reactivos y tóxicos, correspondientes a emisiones evaporativas generadas en el uso de gasolina y diesel en la atmósfera del Valle de México.

#### *10. Reducción en el segundo semestre de 1996 de los componentes tóxicos y reactivos en las gasolinas.*

- Aromáticos de 30 % a 25 % vol.
- Olefinas de 15 % a 10 % vol.
- Benceno de 2 % a 1 % vol.
- Presión de Vapor Reid de 8.5 a 7.8 psi

#### *Objetivo*

Reducir la presencia de contaminantes con mayor impacto sobre la salud, así como los contaminantes precursores de ozono presentes en las gasolinas.

*Descripción*

La presencia de componentes tóxicos y reactivos en gasolinas genera emisiones de hidrocarburos precursores del ozono y en especial, el benceno, con efectos negativos a la salud. Con la reducción de los porcentajes de estos componentes de la gasolina se contribuye de manera importante a la disminución de la formación de ozono, y al disminuir el benceno, que es carcinogénico, se reduce la posibilidad de generar efectos adversos a la salud.

*Metas*

Establecer, para 1997, la formulación de gasolinas que garanticen una reducción de los componentes tóxicos y reactivos.

Reducir alrededor de 16,400 ton/año de HC.

*11. Retiro del mercado de la gasolina con plomo y sustitución por Magna Sin en la ZMVM.*

*Objetivo*

Cancelar la oferta de gasolina con plomo en el Valle de México y ofrecer exclusivamente gasolina Magna Sin.

*Descripción*

La contaminación ambiental en el Valle de México alcanza niveles críticos en la última década y aún cuando se introdujeron gasolinas sin plomo desde hace más de 5 años, gran parte de la flota vehicular utiliza gasolina Nova.

Las políticas ambientales para el Valle de México están orientadas a la reducción de contaminantes, con especial énfasis en aquellos que son nocivos a la salud. Dentro de estos se encuentran el plomo, proveniente del consumo de gasolina Nova, por lo que será necesario que los vehículos automotores en el Valle de México utilicen exclusivamente gasolina sin plomo Magna Sin. Esto traerá consigo cambios necesarios en las tomas de gasolina y en la instalación de convertidores catalíticos en vehículos modelos 1990 y anteriores, pero a la vez traerá una reducción considerable en las emisiones provenientes de vehículos automotores de esos años-modelo.

*Metas*

Establecer un programa para retirar del mercado metropolitano las gasolinas con plomo, incluyendo las repercusiones de tipo técnico para los vehículos que utilizan esa gasolina.

12. *Reducción progresiva del contenido de azufre en la gasolina para extender la vida media de los convertidores catalíticos y disminuir emisiones de bióxido de azufre.*

*Objetivo*

Extender la vida útil de los convertidores catalíticos en vehículos automotores para asegurar la reducción de emisiones de escape en los que contienen este dispositivo.

*Descripción*

El contenido de azufre en gasolinas representa una amenaza para los convertidores catalíticos, ya que se afecta la eficiencia y vida útil de éstos. Las gasolinas comerciales en el Valle de México contienen azufre que, aún cuando es bajo en cantidad, es suficientemente alto para afectar a los convertidores.

La instalación de convertidores catalíticos, de planta o retroadaptados, es una medida de gran costo - efectividad para la reducción de emisiones, por lo que la calidad de los combustibles disponibles debe mejorar para contribuir efectivamente a la reducción de emisiones.

*Metas*

Concertar con PEMEX la eliminación del contenido de azufre en gasolinas a partir de un estudio técnico que permita programar la reducción paulatina del mismo en los próximos tres años.

Reducir 6,800 ton/año de SO<sub>2</sub>.

13. *Programa de fomento al desarrollo e introducción de vehículos eléctricos y de bajas emisiones para pasajeros y carga ligera.*

*Objetivo*

Inducir la fabricación masiva de vehículos eléctricos de carga y pasajeros, así como extender su uso en aquellas áreas urbanas que por su trazo y condiciones de tránsito hagan más rentable la medida.

*Descripción*

Las autoridades federales que regulan la producción y venta de vehículos automotores deberán integrar un programa de fomento al automóvil eléctrico que incluya, entre otros instrumentos, incentivos fiscales, exenciones arancelarias y/o reducción en el pago de derechos, que posicionen a este tipo de vehículos de manera ventajosa en el mercado automotriz nacional.

Al mismo tiempo, en este programa, las autoridades del Distrito Federal y del Estado de México deberán incluir medidas complementarias de manejo de tránsito que prioricen el uso de vehículos eléctricos para el reparto de mercancías en los centros histórico y de servicios. Entre éstas, deberán incluirse medidas como la restricción de vialidades y horarios para uso exclusivo de vehículos eléctricos de carga, de pasajeros y de vigilancia, así como el reparto de mensajería, comida rápida o mercancías ligeras haciendo uso obligatorio de motocicletas o unidades compactas eléctricas.

#### *Meta*

Sustituir 4,500 unidades de reparto de mercancías por vehículos eléctricos en el Centro Histórico de la ciudad y en la Zona Rosa, Polanco y Roma-Condesa, etc., e inducir su utilización en los municipios conurbados, a fin de lograr una disminución considerable de contaminantes al introducir vehículos de cero emisiones que por su dimensión también contribuyen a reducir los problemas de tránsito vehicular.

### **Estrategia de inspección y vigilancia**

14. *Reforzamiento del sistema de vigilancia, inspección vial y sanción del parque vehicular.*

#### *Objetivo*

Contar con mecanismos ágiles y sencillos para eliminar obstrucciones viales y detectar vehículos ostensiblemente contaminantes, que no cumplan con su verificación o con las restricciones del programa “Hoy No Circula”.

#### *Descripción*

El programa de patrullas ecológicas, preferentemente con personal femenino, se extenderá a los municipios conurbados del Estado de México, además de que se incrementará el número de patrullas que operan en el Distrito Federal.

Estas acciones se apoyarán con sistemas modernos de detección remota de vehículos ostensiblemente contaminantes, que se enlazarán a los sistemas computarizados de "Placa Permanente" y "Verificación Vehicular", con el fin de sancionar adecuada y oportunamente a aquellos propietarios cuyos vehículos no se encuentren en óptimas condiciones mecánicas y que, por tanto, estén incumpliendo las normas ambientales.

#### *Meta*

Aumentar para 1997, el número de patrullas ecológicas que operan en la Zona Metropolitana del Valle de México. Para 1998, estas unidades serán apoyadas por sistemas de detección remota, uno en el Distrito Federal y otro en el Estado de México.

#### *15. Programa de normatividad, certificación, auditoría de calidad total y sanciones a los centros de verificación.*

##### *Objetivo*

Asegurar el cumplimiento de los propósitos del programa de verificación vehicular mediante la observancia estricta de normatividad, supervisión estrecha y auditoría permanente a los Verificentros

Contar con un marco legal adecuado para exigir a los centros de verificación un programa de calidad total y responsabilidad integral para garantizar el adecuado cumplimiento del mismo.

##### *Descripción*

El programa de verificación vehicular tiene un gran impacto en el ambiente y es de gran interés para la opinión pública. A lo largo de los últimos seis años, el programa, de alcance metropolitano, ha evolucionado sensiblemente, desde los primeros centros de verificación, en donde actividades de reparación y mantenimiento estuvieron asociadas a la verificación vehicular, o el esquema de actividad exclusiva de verificación, operado inicialmente de manera directa por parte de las autoridades, a un esquema actualizado, adaptado a las circunstancias actuales y manejado por empresas privadas a partir de una concesión.

La opción de los Verificentros (centros de verificación dedicados exclusivamente a esta actividad) asegura por una parte un dictamen por un tercero de las condiciones de un vehículo. Este centro califica la actividad del mecánico.

Sin embargo, es necesario mantener una vigilancia constante por parte de las autoridades para actualizar los programas y para supervisar la actividad. A estos aspectos se debe añadir uno referido exclusivamente a la auditoría y seguimiento del pro-

grama, realizados por una tercera parte, para que aporte información y dictamine imparcialmente a fin de mejorar constantemente la administración del programa.

*Metas*

Establecer, para el segundo semestre de 1996, los lineamientos y programación para llevar a cabo un programa permanente de supervisión y auditoría del programa.

Reducir 12,200 ton/año de HC y 141,600 de CO.

*16. Fortalecimiento del sistema de vigilancia sobre calidad de combustibles.*

*Objetivo*

Contar con un laboratorio especializado y certificado que pueda verificar la calidad de los combustibles y todas sus características normadas.

*Descripción*

A la fecha, la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México opera el Laboratorio de Físicoquímica y Bacteriología del Departamento del Distrito Federal, donde se realiza el monitoreo de la calidad de las gasolinas.

Este laboratorio deberá de ser reforzado y ampliado para que se realicen pruebas de la calidad del diesel, gas licuado de petróleo, gas natural y gasóleo y otras formulaciones alternativas.

*Meta*

Contar con este laboratorio de aseguramiento de calidad ecológica de combustibles para el invierno de 1996 - 1997.

**Estrategia de incentivos económicos**

*17. Diseño e integración de una nueva política de largo plazo de precios de combustibles que tome en cuenta costos ambientales.*

*Objetivo*



Incorporar en el precio de los combustibles, los costos derivados de la acción pública y privada para prevenir y controlar los efectos de la contaminación en la salud pública y en los ecosistemas.

#### *Descripción*

Las acciones de largo plazo para el combate a la contaminación y la protección a la salud y los ecosistemas demandarán recursos económicos para su realización, mismos que los gobiernos federal y local no poseen en sus presupuestos actuales. Como una acción inicial para financiar estas medidas, será necesario extender los alcances y funciones del Fondo Ambiental creado para respaldar los programas de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.

Al momento, el Fondo Ambiental recibe un centavo por cada litro de gasolina vendido en la Zona Metropolitana del Valle de México. La intención de esta medida es ampliar esos ingresos y aplicar un mecanismo similar de sobreprecio al resto de los combustibles, tales como gas licuado de petróleo, gas natural, diesel y gasóleo.

En el largo plazo, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público deberá incluir en la estructura de precios de los combustibles, de manera explícita y directa, las componentes ambientales que se financiarán con la venta de productos petrolíferos. Se aplicará el principio de "quien contamina paga".

En el plazo de un año, la Comisión Metropolitana deberá integrar un estudio detallado de los principios, mecanismos y adecuaciones legales y administrativas a realizar para instrumentar la medida. En 1997, esta medida se consultará y acordará para instrumentarse progresivamente a partir de 1998.

#### *Meta*

Establecer una política de precios para los combustibles que se consumen en la Zona Metropolitana del Valle de México, a partir de 1998, misma que contribuya a la selección de alternativas de transporte limpias y al ahorro en el consumo de energéticos.

Reducir 4,000 ton/año de NO<sub>x</sub>, 12,000 de HC y 153,300 de CO.

#### *18. Cambio en la relación de precios de las gasolinas Nova y Magna Sin*

##### *Objetivo*

Alentar el uso de gasolina Magna Sin y reducir las emisiones contaminantes por litro de combustible "quemado".

*Descripción*

La gasolina Magna Sin debe ser utilizada únicamente por vehículos que cuentan con convertidor catalítico. El precio más bajo de la gasolina Nova ha ocasionado que algunos automovilistas hayan optado por utilizarla en vehículos automotores que fueron diseñados para usar exclusivamente gasolina sin plomo y tienen instalado un convertidor catalítico. Los resultados han sido la destrucción del convertidor y los efectos desfavorables en la emisión de contaminantes de escape.

Con un cambio en la relación de precios se pretende desalentar el uso inadecuado de gasolina con plomo y la reducción de contaminantes de ese combustible.

*Metas*

Elaborar, conjuntamente la SEMARNAP, PEMEX y la SHCP un estudio para determinar las características que debe tener el diferencial de precios entre ambos combustibles.

19. *Incentivos a la renovación del parque vehicular a través del impuesto sobre automóviles nuevos.*

*Objetivo*

Reactivar el mercado automotriz, ante la crisis económica actual, y acelerar la renovación de la flota vehicular en circulación.

*Descripción*

La renovación del parque vehicular es una de las medidas que en el corto plazo pueden contribuir a reducir significativamente la emisión de contaminantes en el Valle de México. Estudios recientes indican que el 20% del parque vehicular (que se asocia con los vehículos más contaminantes por su inadecuado estado mecánico) contribuye con más del 60% de los contaminantes producidos por este sector.

*Meta*

Favorecer la renovación del parque vehicular utilizando como instrumento el Impuesto sobre Automóviles Nuevos a partir del 1 de enero de 1996.

20. *Liberación arancelaria para la importación de equipos automotrices limpios que no se fabriquen en México.*

### *Objetivo*

Alentar la puesta en marcha de programas destinados a impulsar el uso de vehículos de tecnología avanzada de baja y cero emisiones, tales como los que usan gas natural (metano) y eléctricos.

### *Descripción*

Existe un gran interés por parte de la ciudadanía en vehículos “que no contaminan” y desearían una mejor respuesta por parte de las autoridades y de los propietarios de vehículos de uso intensivo para que el uso de estos vehículos se generalice en el Valle de México.

Por otra parte, en nuestro país no se fabrican aún los equipos, dispositivos ni se tiene una tecnología propia orientada a estos vehículos, lo que representa la necesidad de importar un gran porcentaje de componentes. Las condiciones arancelarias actuales encarecen los equipos y retrasan la puesta en marcha de programas de impacto favorable al ambiente.

### *Metas*

Revisar durante el primer semestre de 1996 las condiciones arancelarias actuales para la importación de equipos y tecnología para vehículos eléctricos y a gas natural, a fin de alentar la utilización de estas tecnologías en el Valle de México.

21. *Aplicación de un sobreprecio de dos centavos a las gasolinas (en adición al centavo que actualmente se aplica), para alimentar el Fideicomiso Ambiental de la ZMVM.*

### *Objetivo*

Fortalecer el fondo ambiental para el Valle de México, para ampliar el nivel de acción del mismo hacia otros proyectos de impacto ambiental significativo.

### *Descripción*

El Fondo Ambiental para el Valle de México, en marcha desde el 4 de enero de 1995 fue constituido para apoyar proyectos ambientales prioritarios. A la fecha se ha apoyado la instalación de sistemas de recuperación de vapores en estaciones de servicio. Existen otros proyectos que, por su importancia y costo, requieren del apoyo de un fideicomiso para ser puestos en marcha, como podrían ser los de fomento a la expansión y mejoramiento del transporte colectivo, a la

utilización de vehículos eléctricos y a gas natural, reciclaje automotriz, desarrollo de bases científicas en apoyo a la toma de decisiones, entre otros.

Con el incremento al sobreprecio de las gasolinas podrán diversificarse sustancialmente los proyectos, canalizando los recursos a proyectos rentables que requieren de una inyección inicial considerable.

*Metas*

Elaborar un estudio para determinar la factibilidad de incrementar el sobreprecio a las gasolinas durante el segundo semestre de 1996 y establecer las bases para su instrumentación.

**Estrategia de información, educación ambiental y participación social**

22. *Estudio para el desarrollo e introducción de vehículos de pasajeros y carga a metano, iniciando con vehículos gubernamentales.*

*Objetivo*

Lograr que las flotillas de vehículos automotores de uso intensivo empleen preferentemente y en forma exclusiva, combustibles alternativos o limpios.

*Descripción*

El programa deberá incluir el conjunto de acciones a realizar para lograr que el gas natural, como metano líquido comprimido, sea utilizado como combustible automotriz de manera masiva. Para ello, se tendrán que establecer claramente las bases fiscales de su venta o distribución, construir la infraestructura de abasto al menudeo y por flotillas, certificar equipos de conversión y producir vehículos nuevos con motores dedicados al uso exclusivo de metano.

Para iniciar este programa, los gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México convertirán y renovarán por lo menos 2 mil unidades de limpia o servicio municipal en los próximos dos años.

*Meta*

Convertir 45 mil unidades de transporte de carga y/o de pasajeros al uso de metano.

*23. Identificación en los parabrisas de vehículos con bajos niveles de contaminantes.*

*Objetivo*

Dar a conocer los niveles de emisión de contaminantes de cada automóvil, a través de la calcomanía de verificación.

*Descripción*

El diseño de las calcomanías de 1997 deberá incluir los resultados de los gases de escape de cada vehículo.

*Meta*

Iniciar en enero de 1997, la distribución de las calcomanías para 3 millones de vehículos.

*24. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas para reducir emisiones en vehículos automotores.*

*Objetivos*

Constituir una instancia de comunicación y evaluación para que la comunidad pueda participar y opinar sobre las actividades de este programa relacionadas con la reducción de emisiones en vehículos automotores.

*Descripción*

El desarrollo de proyectos y programas ambientales, como los de cualquier otro tipo, requiere de la retroalimentación constante no solo de quienes han estado involucrados en la elaboración, ejecución y seguimiento del mismo, sino de la comunidad, en particular, ya que es la mejor manera de involucrar al público en la formulación de nuevas propuestas y adecuación de los esquemas del programa.

*Meta*

Conformar en el primer semestre de 1997 una ventanilla única de la Comisión Metropolitana para que los interesados en el programa presenten propuestas de

nuevas iniciativas y participen en la evaluación y retroalimentación del programa.

### **III. NUEVO ORDEN URBANO Y TRANSPORTE LIMPIO: Regulación del Total de Kilómetros Recorridos por Vehículos Automotores**

#### **Estrategia de oferta amplia de transporte público seguro y eficiente**

1. *Programa de reestructuración del transporte público de superficie: licitación de rutas a empresas formalmente integradas sujetas a una estricta regulación ambiental, tecnológica y vial en el Distrito Federal.*

#### *Objetivo*

Renovar la flota de autobuses del transporte público con base en un sistema de subsidios durante cuatro años y ofrecer un mejor servicio y mayor cobertura, mediante la reestructuración del sistema actual. Con base en un proceso de licitación, el DDF creará inicialmente diez nuevas empresas operadoras del transporte, que tendrán la concesión sobre la explotación de los derechos de ruta.

Reestructurar las rutas del transporte urbano metropolitano propiciando un clima de competencia y complementariedad entre operadores estableciendo tamaños máximos de autobuses por empresa y responsabilizando a los operadores de la calidad del servicio.

Evaluar e introducir tecnologías que permitan reducir significativamente la emisión de gases y partículas originadas por los motores a diesel.

#### *Descripción*

Este programa está orientado a lograr una reordenación integral del transporte urbano a la vez que incorpora las bases para la modernización del transporte concesionado. Mediante nuevas políticas de privatización y considerando las circunstancias que originaron la quiebra de la empresa de transporte Ruta 100, es necesario modificar completamente la forma de prestación del servicio.

Las empresas operadoras privadas funcionarán a partir de las cuatro regiones actuales en el Distrito Federal y cuando se requieran expansiones por encima del nivel máximo de tamaño de la empresa se podrán crear empresas y concesiones nuevas con enfoque metropolitano.

Para evaluar y reestructurar cada ruta será necesario considerar centros de población y lugares de trabajo, vialidades vigentes, longitudes de ruta, estacionalidad de la demanda, aforos, frecuencias y tiempos de recorridos así como paradas y estándares de operación. Simultáneamente se evaluarán las condiciones del motor y el chasis del vehículo a fin de establecer un programa de renovación de la flota vehicular orientado a mejorar la calidad del servicio y a reducir las emisiones contaminantes.

#### *Meta*

Conformar 10 empresas operadoras privadas que tendrán la concesión de los derechos de la ruta de transporte pero que no serán propietarias de ellas ni de los inmuebles de Ruta 100.

Sustituir la sindicatura de Ruta 100 por una empresa pública nueva constituida como Sociedad Anónima de Capital Variable.

Establecer un programa de renovación de la flota vehicular.

Establecer un programa de control y reducción de emisiones para vehículos de transporte público de superficie que utilicen diesel como carburante.

#### *2. Diseño y concertación del reglamento para la modernización del transporte público de pasajeros.*

#### *Objetivos*

Establecer mecanismos regulatorios para asegurar la calidad en la prestación del servicio de transporte urbano.

Definir los criterios de la regulación tecnológica y vial para el transporte público. Las de tipo tecnológico se refieren a la calidad del combustible, las características del motor, el mantenimiento del vehículo, la capacitación de los operarios y el control de emisiones. Las de tipo vial se refieren a las rutas y recorridos, frecuencias, atención al usuario, características de paraderos, estaciones y terminales, entre otras.

#### *Descripción*

Un programa integral de transporte urbano requiere de regulaciones de todo tipo para que el servicio cumpla con las expectativas y deseos de la comunidad, en confort, velocidad, puntualidad y niveles de emisiones contaminantes. A la



fecha, el transporte urbano ha centrado su mayor preocupación en la prestación del servicio, soslayando otros aspectos.

Es necesario establecer un mecanismo que asegure la calidad en la prestación del servicio y se imponga a las distintas modalidades del transporte público.

*Meta*

Establecer un reglamento para la modernización del transporte público de pasajeros.

*3. Diseño y concertación del reglamento para transporte público de carga.*

*Objetivos*

Establecer mecanismos regulatorios para asegurar la calidad en la prestación del servicio de transporte de carga.

Definir los criterios de la regulación tecnológica y vial para el transporte de carga. Las de tipo tecnológico se refieren a la calidad del combustible, las características del motor, el mantenimiento del vehículo, la capacitación de los operarios y el control de emisiones. Las de tipo vial se refieren a las rutas y recorridos, frecuencias, características de terminales y horarios, entre otras.

*Descripción*

Un programa integral de transporte de carga requiere de un marco regulatorio amplio y actualizado para que el servicio cumpla con las expectativas de los usuarios. A la fecha, el transporte de carga ha centrado su mayor preocupación en la prestación del servicio, soslayando otros aspectos, como el ambiental.

Es necesario establecer un mecanismo que asegure la calidad en la prestación del servicio y se imponga a las distintas modalidades del transporte público.

*Meta*

Establecer un reglamento para la modernización del transporte público de carga, que incluya las diversas placas de prestación del servicio, características de las unidades por uso del vehículo, los combustibles a utilizar, los procedimientos de verificación y la inspección.

*4. Desarrollo de un sistema de transporte público de alta calidad con autobuses ejecutivos, destinado a los usuarios del auto privado en rutas adecuadas.*

### *Objetivo*

Alentar el uso de transporte público entre usuarios de automóviles privados y ofrecer un servicio de alta calidad a mayor precio, a lo largo de los corredores urbanos más importantes en la Zona Metropolitana del Valle de México.

### *Descripción*

Un programa integral de transporte urbano debe ofrecer alternativas para todo tipo de demanda. Los resultados de la Encuesta de Origen - Destino mencionan que la negativa a utilizar el transporte público por quienes utilizan automóviles particulares se debe a la baja calidad del servicio, por lo que es necesario contar con una alternativa que ofrezca un servicio de alta calidad y permita reducir el número de viajes en automóviles particulares.

En otras partes del mundo se ofrece este tipo de servicio (autobuses urbanos de primera clase), que incluye un ambiente más confortable, seguridad y mejor atención. Adicionalmente, se puede impulsar en estas rutas la utilización de combustibles alternativos y tecnologías no contaminantes.

### *Metas*

Introducir rutas de transporte urbano con servicio de primera clase a lo largo de los corredores urbanos más importantes y en zonas donde la demanda sea satisfecha.

Aprovechar este servicio para promover combustibles alternativos y tecnologías de punta en el mercado del transporte urbano (gas natural comprimido o licuado y camiones híbridos, entre otros).

5. *Plan Maestro de ampliación del Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y continuación de la línea B con origen - destino en Buenavista - Cd. Azteca, Estado de México.*

### *Objetivos*

Mantener en óptimas condiciones la capacidad del servicio y rehabilitar y modernizar la red actual.

Ampliar la red del Metro hacia las zonas de mayor demanda, conforme a los lineamientos de desarrollo urbano y del Plan Maestro del Metro.

Incorporar innovaciones tecnológicas por medio de la investigación en el propio sistema o en otras redes.

*Descripción*

En el marco del "Plan Maestro del Metro", se continuará la ampliación de la red hacia nuevas zonas del Distrito Federal y algunos municipios del Estado de México. Este plan habrá de ser elaborado tomando como insumos la Encuesta Origen-Destino, de los viajes de los residentes de la ZMVM, 1994, a fin de desarrollar proyectos de nuevas líneas de acuerdo a criterios de confiabilidad, eficiencia y calidad en el servicio.

La ampliación de la red, así como el mantenimiento y mejoramiento constante de la red actual habrán de avanzar en la autosuficiencia financiera.

*Metas*

Concluir el Plan Maestro del Metro.

Construir y concluir la línea B (puesta en operación hacia mediados de 1997) entre Buenavista y Ecatepec (Ciudad Azteca), esta línea habrá de beneficiar a 3,000,000 habitantes y cubrirá la demanda de 540,000 viajes/persona/día en el mediano plazo.

Establecer un programa de mantenimiento extraordinario en la red actual, a fin de extender la vida útil y sustituir elementos de la infraestructura que requieren modernización.

Realizar otras actividades adicionales, tanto en ampliación de la red y estaciones, de acuerdo con lo que establece el propio Plan Maestro.

6. *Programa de ampliación del tren ligero, mediante la construcción de una nueva línea con origen - destino en Constitución de 1917 - Chalco.*

*Objetivos*

Contribuir a satisfacer la mayor demanda de transporte público en esta modalidad en zonas de ingresos medios y bajos, como alternativa para un transporte urbano de tipo masivo y a nivel superficie, no contaminante y de buena calidad.

*Descripción*

Este programa estará orientado a posibilitar una mayor cantidad de viajes en transporte público no contaminante, para reducir los viajes en vehículos priva-

dos o públicos comunicando zonas que generan mayor cantidad de desplazamientos con zonas habitacionales.

Se pretende ampliar la red de cobertura de esta modalidad del transporte como parte de una solución integral al mejoramiento del transporte público para diversificar las opciones en modos de transportación más limpios.

#### *Metas*

Construir la línea Ermita Iztapalapa entre Metro Constitución 1917-Cárcel de Mujeres y Valle de Chalco (satisfacción de demanda de viajes en uno de los corredores urbanos de mayor importancia oriente-poniente).

Ampliar y rehabilitar otras líneas existentes.

#### *7. Programa de construcción de líneas de trenes eléctricos de alta calidad.*

#### *Objetivos*

Ofrecer un servicio de transporte urbano masivo, rápido, eficiente, confortable y seguro para largas distancias y de nivel metropolitano.

Aprovechar vialidades de gran sección que permitan alojar en forma elevada la infraestructura para un tren y se reduzcan los costos de afectaciones y excavaciones.

#### *Descripción*

Una opción de transporte masivo de menor costo y gran beneficio social es la de los trenes elevados, ya que pueden utilizar vialidad existente.

Dadas las características de la vialidad metropolitana es posible su construcción para satisfacer las demandas de viajes en donde la introducción de líneas de metro resultaría extremadamente costosa.

#### *Metas*

Analizar las alternativas y evaluar las opciones para construir un tren eléctrico entre Santa Mónica (Estado de México) y el centro de la ciudad (Bellas Artes).

Construir estacionamientos como proyectos asociados.

Estudiar nuevas posibilidades para líneas concesionadas de transporte masivo e iniciar obras de infraestructura complementaria.

Desarrollar los estudios y proyectos de ingeniería necesarios para continuar con la expansión del servicio.

*8. Programa de ampliación del sistema de trolebuses con nuevas rutas y unidades adicionales.*

*Objetivos*

Ampliar el sistema tanto en las rutas complementarias al transporte, como en las rutas alimentadoras de las líneas del metro.

Sustituir progresivamente en los corredores urbanos, la circulación de rutas de microbuses por un modo de transporte no contaminante.

*Descripción*

El sistema de transporte eléctrico (trolebuses) es una modalidad con gran potencial que, dadas las condiciones urbanas de la vialidad y la red del Metro, puede consolidarse como la opción más viable para fortalecer las redes del transporte urbano. Las ventajas que presenta esta modalidad del transporte público son: gran capacidad, mayor vida útil, no emite contaminación atmosférica ni de ruido, menor consumo energético y posee un gran margen de seguridad.

Un programa de ampliación de este sistema ofrecerá una mejor opción, más segura y más rápida de traslado a lo largo de los principales corredores urbanos y hacia las líneas del sistema de transporte colectivo Metro.

*Metas*

Rehabilitar las líneas 2 (Metro Escuadrón 201 - Villa Coapa), 4 (Eje 1 Norte) y 5 (Tláhuac - Panteón de San Lorenzo Tezonco).

Establecer nuevas líneas: línea 1 (Metro La Villa-Garibaldi), 6 (Metro Aeropuerto-La Raza), 7 (Calzada Ignacio Zaragoza-Villa Coapa) y 8 (Metro Martín Carrera-Refinería Azcapotzalco).

Prolongación de la línea 3 (Metro Indios Verdes-La Villa).

*9. Programa para el confinamiento de transporte público de gran capacidad con carriles exclusivos en vialidades prioritarias.*

### *Objetivos*

Establecer carriles exclusivos para vehículos de transporte público urbano a lo largo de principales corredores urbanos y vialidades a fin de reducir tiempos de desplazamiento y de incentivar el uso del transporte público a lo largo de estas vialidades.

Reducir emisiones contaminantes de vehículos automotores a lo largo de vialidades y corredores urbanos mediante la oferta de un modo de transporte rápido, seguro y confortable.

### *Descripción*

La delimitación de carriles exclusivos para el transporte urbano en vialidades importantes es una de los primeros lineamientos tendientes a mejorar la circulación. En esta ciudad, ejes viales y principales avenidas cuentan con señalamiento horizontal para delimitar lo que es conocido como el carril exclusivo. Algunos ejes viales cuentan además con el carril de contrasentido para el transporte urbano. Aunque el carril de contrasentido funciona relativamente bien, no es lo mismo el carril exclusivo de flujo normal.

Los carriles exclusivos requieren estar ligados a una serie de medidas adicionales de ingeniería de tránsito para realmente favorecer el transporte público y sobre todo para acabar con la falta de civismo de los habitantes de la ciudad que con frecuencia invaden estos carriles y provocan problemas viales de distintos tipos.

### *Metas*

Establecer carriles confinadores para facilitar el desplazamiento preferencial del transporte colectivo.

Poner en marcha y evaluar un plan piloto de carriles exclusivos con modalidades diversas en algunos ejes viales y corredores urbanos y realizar ajustes y adecuaciones para la conformación de un sistema de carriles exclusivos en la ciudad.

Ofrecer el servicio de transporte público en vehículos biarticulados a lo largo de las avenidas Reforma, Insurgentes, Zaragoza, Ermita - Iztapalapa, con horario y frecuencias establecidas en cada parada de autobús.

10. *Programa de modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano (señalización, mejoramiento de vialidades, control de tránsito, eliminación de topes y cierre de calles)*

### *Objetivos*

Reducir y disminuir demoras, incrementar la velocidad de recorrido y reducir la emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles.

Preservar la seguridad vial, procurar el ordenamiento de los movimientos predecibles en zonas de gran afluencia, advertir a usuarios de peligros, restricciones y prohibiciones y proporcionar información para facilitar desplazamientos, garantizando seguridad y operación fluida del tránsito vehicular.

### *Descripción*

La modernización de la ingeniería de tránsito se orienta fundamentalmente a dos aspectos, la semaforización o control del tráfico a través de señales, y el propio señalamiento, vertical u horizontal. Es mediante estos elementos que los desplazamientos de personal y vehículos ocurren de una manera ágil y segura.

Ya que muchos de los problemas ambientales relacionados con la generación de emisiones ocurren debido a los frecuentes cambios de velocidad en la vía pública y especialmente en altos y embotellamientos, es necesario contar con herramientas de gestión vial que faciliten la fluida circulación y reduzcan tiempos de espera, la posibilidad de colas y embotellamientos y la contaminación resultante de estas circunstancias.

Esto se logra con señalamiento adecuado, incluyendo semáforos y otros elementos del mobiliario urbano que contribuyen a facilitar el desplazamiento de vehículos a lo largo de la red vial.

### *Metas*

Ampliar la red computarizada de semáforos, modernización de los equipos de control, mantenimiento correctivo y preventivo sistemático de la red de semáforos, implementación de programas de semaforización en zonas escolares y de tráfico conflictivo y programas de coordinación metropolitana.

Actualizar lineamientos actuales de señalización vial y establecimiento del programa de mejoramiento de señalización para el control del tránsito.

#### *11. Nuevo sistema de bases, lanzaderas, cierres de circuito y paraderos de transporte público.*

- Organización de taxis en bases
- Eliminación de paraderos irregulares de autobuses, minibuses y taxis

- Modernización y construcción de nuevos paraderos.

### *Objetivos*

Reducir los problemas sociales y ambientales que generan los paraderos irregulares en zonas conflictivas y sin evaluación vial por parte de las autoridades correspondientes

Agilizar el tránsito vehicular y reducir emisiones contaminantes ocasionadas por conflictos viales y embotellamientos generados por paraderos irregulares

### *Descripción*

En algunas vialidades de gran circulación y en zonas habitacionales y comerciales, con frecuencia se establecen irregularmente paraderos de transporte público concesionado. Estos ocasionan conflictos viales además de las quejas constantes de vecinos.

Una manera sencilla de evitar estos problemas es eliminar los paraderos irregulares y buscar alternativas factibles en sitios adecuados, con instalaciones auxiliares y sobre todo, con la evaluación y autorización por parte de las autoridades correspondientes, en este caso, las de vialidad y transporte y de medio ambiente.

### *Metas*

Evaluar la situación de la infraestructura existente, revisar las que cuentan con autorización y establecer lineamientos que permitan corregir situaciones irregulares y la reubicación en sitios adecuados de los que así lo permitan.

12. *Impulso al uso de bicicleta estableciendo accesorias para su guarda a bajo precio en terminales del metro, edificios gubernamentales y centros comerciales.*

### *Objetivo*

Alentar el uso de medios de transporte no contaminantes favoreciendo los accesos a medios de transporte público masivo.



### *Descripción*

La utilización de bicicletas u otras formas de transportación no contaminantes en el Valle de México está reducida al uso recreativo y deportivo o a recorridos cortos para algunos oficios. Esto se debe, entre otros motivos a la carencia de espacios adecuados para la guarda de bicicletas en estaciones de metro, autobuses u otros medios, que permitan los cambios de modo y favorezcan traslados en la ciudad.

El establecimiento de espacios adecuados para la guarda de bicicletas en espacios estratégicos puede alentar el uso de este medio de transporte y contribuir en medida modesta, pero en un reflejo de actitud cooperativa, a la reducción de contaminantes en el Valle de México.

### *Metas*

Elaborar un proyecto para el impulso a la utilización de bicicleta en el Valle de México.

Evaluar la factibilidad de construir estaciones de guarda para bicicletas en estaciones de Metro, edificios gubernamentales y centros comerciales.

## **Estrategia de integración de políticas metropolitanas (transporte, desarrollo urbano y medio ambiente)**

### *13. Ordenamiento ecológico del territorio en la ZMVM y su área de influencia ecológica*

#### *Objetivos*

Establecer las bases para lograr un adecuado aprovechamiento del territorio a partir de un modelo de usos del suelo que incluya como una variable primaria, la potencialidad y capacidad de soporte de los ecosistemas y su compatibilidad con las actividades productivas.

#### *Descripción*

El ordenamiento ecológico del Valle de México implica grandes esfuerzos por parte de autoridades y habitantes. En el valle se asienta una de las concentraciones urbanas mas grandes del mundo, la mayor planta industrial del país, y la mayor parte del resto del valle ha sufrido alteraciones significativas en su estado original desde hace más de siete siglos. Sin embargo, aún es posible establecer políticas orientadas a lograr un mejor aprovechamiento del ambiente y

los recursos del sitio, para que mediante un enfoque integral se logre un emplazamiento geográfico adecuado para los asentamientos humanos, el transporte, la infraestructura para los servicios públicos y las actividades productivas.

Las zonas urbanas y suburbanas, agrícolas y ganaderas, lacustres y boscosas y las montañas que circundan el valle requieren un instrumento de planeación integral que asegure un mejor ambiente para sus habitantes, y del cual forma parte este plan a largo plazo para la Cuenca Atmosférica del Valle de México. El ordenamiento ecológico del valle generará además un marco de congruencia para las políticas y programas ambientales y sectoriales y contribuirá al diseño de mecanismos de coordinación intersectorial y entre entidades federativas.

Deberán ser definidas políticas de aprovechamiento, conservación, protección y restauración, de acuerdo al estado, potencial y capacidad de soporte de los distintos ambientes y sus recursos. Entre ellos, los aspectos del desarrollo urbano, la recarga de acuíferos y el manejo de la cuenca hidrológica, el aprovechamiento de las tierras adecuadas para la producción agrícola, ganadera y forestal, los espacios recreativos y las zonas de conservación.

#### *Metas*

Elaborar un programa integral de ordenamiento ecológico del Valle de México y su zona de influencia.

Establecer un sistema permanente de monitoreo y vigilancia de los usos del suelo y aprovechamiento de los recursos basado en los lineamientos de política y los modelos del programa de ordenamiento.

Instrumentar el programa y conciliar con autoridades y los sectores privado y social las acciones de ordenamiento ecológico.

#### *14. Programa de protección de las áreas de conservación ecológica.*

- Conservación de los bosques
- Protección de las especies endémicas del Valle de México
- Incrementar la recarga de acuíferos
- Prevenir y controlar la erosión
- Zonificación del área de conservación ecológica

#### *Objetivos*

Establecer una estrategia a partir de la cual se deriven metas, alcances y acciones concretas para la protección del área de conservación ecológica, mediante la definición de zonas de producción rural y agroindustrial, de rescate y restauración y de preservación ecológica.

#### *Descripción*

El acelerado crecimiento de la mancha urbana ha provocado el cambio del uso del suelo con la disminución en gran medida de las zonas boscosas, generándose problemas de erosión del suelo, pérdida de especies endémicas, reducción de la infiltración de agua a los mantos acuíferos, provocando un desequilibrio hidroclimático en el Valle de México.

Por lo anterior es necesario proteger y mantener las áreas de conservación ecológica que aún quedan y establecer las que sean necesarias para la conservación de los recursos naturales.

#### *Metas*

Establecer un programa con la participación de las diferentes dependencias y sectores de la población que de alguna manera estén involucrados con las áreas de conservación ecológica.

Evaluar y establecer programas específicos para las zonas siguientes:

- Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin (Zona Sur DF)
- Corredor Contreras-Desierto de los Leones (Zona Poniente DF)
- Sierra de Guadalupe-Tepeyac(Norte DF)
- Cerro de la Estrella-Sierra de Santa Catarina (Oriente DF)
- Franja Huixquilucan-Villa del Carbón (Estado de México)
- Franja Ecatzingo-Otumba (Estado de México)
- Zona Lacustre Zumpango-Texcoco (Estado de México)
- Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan (Estado de México-Puebla)

Establecer un grupo interdisciplinario de trabajo para el establecimiento de la estrategia y acciones a seguir a corto, mediano y largo plazo.

15. *Desarrollo de instrumentos para redensificar y fomentar el uso mixto del suelo en apoyo a las acciones ambientales correspondientes en la ZMVM.*

### *Objetivos*

Revitalizar la vida de la metrópoli a través de la reordenación urbana y la modificación en la estructura de los usos del suelo, a fin de reducir tiempos de desplazamiento en la ciudad.

Incentivar el establecimiento de actividades productivas, zonas comerciales y de equipamiento en las inmediaciones de las zonas habitacionales.

### *Descripción*

La reconversión de la estructura urbana implica necesariamente un programa de revitalización de la ciudad y de la estructura tradicional de zonificación en planes y programas urbanos. Se ha optado por un esquema de clara diferenciación de actividades alejando los centros de trabajo de zonas habitacionales. Esto ha generado mayores inversiones en el transporte y los servicios, así como mayores problemas ambientales.

Ciertas actividades productivas son perfectamente compatibles con las zonas habitacionales, y estas son aquellas que pueden establecerse dentro de las mismas o en sus inmediaciones, por lo que un esquema de este tipo, aunque extremadamente ambicioso, puede contribuir en gran medida a reducir tiempos de traslado, a incrementar la productividad en el trabajo y a disminuir la contaminación.

Un esquema de este tipo, aún cuando es de largo plazo puede llevarse a cabo paulatinamente mediante incentivos de tipo impositivo y fiscal, apoyados en las modificaciones necesarias a planes de desarrollo urbano.

### *Metas*

Establecer las bases para una futura revisión y ajustes al esquema tradicional de zonificación en los planes de desarrollo urbano a fin de diversificar los usos del suelo, especialmente en zonas habitacionales para permitir la generación de empleos en sus inmediaciones.

Establecer las bases para el desarrollo de criterios y lineamientos que incentiven la generación de empleos en zonas habitacionales y sea reducido el volumen de viajes y por consiguiente la generación de contaminantes por vehículos automotores.

## *16. Programa de recuperación del Centro Histórico.*

### *Objetivos*

Hacer del centro histórico más importante del país y el continente americano un lugar digno para residir, trabajar y atractivo para visitar.

Diversificar los usos del suelo y aprovechamiento de las edificaciones en base a un programa de restauración y recuperación del patrimonio cultural en el centro histórico.

### *Descripción*

El centro histórico de la ciudad de México es el mayor y más importante del país y el continente. Sus vestigios prehispánicos, la ciudad colonial, las edificaciones decimonónicas y las obras de los inicios del siglo XX originaron que la década pasada el Centro Histórico fuera decretado patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO. Sin embargo a partir de la expansión de la ciudad y el desplazamiento de los habitantes y algunos centros de trabajo de la zona central hacia nuevas áreas de desarrollo, generaron el abandono y posterior deterioro de edificaciones y ambientes en las áreas centrales de la ciudad.

El mejoramiento de las condiciones urbanas y ambientales de la ciudad implica un esfuerzo adicional para revitalizar y recuperar el Centro Histórico, sede de una gran cantidad de oficinas gubernamentales y privadas, de una zona comercial diversificada y aún la más visitada de la ciudad, el sitio turístico de mayor afluencia del país y sobre todo, sitio de residencia de una gran cantidad de población, que día tras día contemplan el deterioro paulatino del centro de la ciudad.

En las últimas dos décadas se han realizado programas ambiciosos orientados al rescate del patrimonio cultural, que tienen que ser reforzados para revitalizar la actividad humana en el centro histórico.

### *Metas*

Establecer un programa de revitalización de la actividad en el Centro Histórico y del rescate y recuperación de sus ambientes y edificaciones.

Eliminar el estacionamiento de vehículos en la calle e incentivar la construcción de edificios para estacionamientos en los corazones de manzana (cuando las edificaciones lo permitan).

Establecer incentivos para atraer al centro a algunos de sus residentes originales, a centros corporativos de grandes empresas, aprovechando los inmuebles catalogados y alentando su restauración y propiciando programas vecinales de mejoramiento.

to de la calidad de vida tales como limpieza y saneamiento de edificios, alumbrado y seguridad pública, habilitación y recuperación de áreas verdes y jardines.

*17. Programa de constitución de reservas territoriales para diversos usos y destinos del suelo urbano y no urbano.*

*Objetivos*

Establecer una estrategia de reservas territoriales para los habitantes de menores ingresos.

*Descripción*

La falta de reservas territoriales ha ocasionado, desde hace varias décadas, la invasión de terrenos, en su mayor parte inadecuados para la urbanización, con consiguientes costos ambientales y urbanos para la ciudad y sus residentes.

Esto ha generado programas costosos de regularización de la tenencia de la tierra e incluso de pagos de indemnizaciones a los propietarios originales de los predios. Por otra parte, algunas invasiones han ocurrido en la zona de conservación ecológica, con el consiguiente detrimento de las condiciones naturales de las áreas boscosas y el aceleramiento de procesos erosivos y de contaminación, así como la pérdida de espacios recreativos y naturales de la ciudad.

*Metas*

Constituir al mediano y largo plazos un conjunto de reservas territoriales para vivienda popular en sitios donde sea factible y a bajo costo la introducción de servicios públicos.

Definir mediante los programas de revitalización y reciclaje de zonas urbanas, los sitios donde será factible la redensificación de zonas urbanas con vivienda popular, de acuerdo a la capacidad de las redes de servicios públicos.

*18. Programa de reciclaje urbano en zonas deprimidas (delegaciones centrales)*

*Objetivos*

Reestructurar los esquemas actuales de usos del suelo para alentar la ocupación, reducir el grado de abandono y revitalizar las áreas centrales de la ciudad.

Impedir el deterioro del patrimonio cultural.

### *Descripción*

El deterioro de algunas zonas de la ciudad está asociado a tendencias de crecimiento, generadas, entre otros motivos, por la constante movilidad social en la ciudad y las políticas de usos del suelo.

De esta manera, algunas partes han cubierto un ciclo que ha originado decaimiento del paisaje urbano y de sus componentes. Algunos de estos, como las áreas que alojan patrimonio cultural pueden revitalizarse, mientras que otras pueden ser destinadas a usos distintos a los predominantes en su mejor período. En la ciudad de México, las zonas de Polanco, Roma y Condesa son ejemplos de la dinámica urbana, en donde áreas exclusivamente residenciales en otras épocas ahora alojan usos diversos y se han convertido en sitios de atracción de una gran cantidad de viajes en la ciudad.

### *Metas*

Establecer un programa de revitalización y reorganización de usos del suelo en las zonas deprimidas y partes centrales de la ciudad.

Incentivar la inversión pública y privada en las partes deprimidas y zonas centrales mediante el establecimiento de nuevas fuentes de empleo, la restauración y rehabilitación de edificaciones y la construcción de obra nueva, a través de incentivos de tipo fiscal,

19. *Condicionamiento de la autorización de nuevos desarrollos habitacionales a la estrategia y normatividad señalada por los Programas de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.*

### *Objetivos*

Frenar la expansión de la frontera urbana hacia las zonas de conservación ecológica.

Contribuir a la redensificación de la actual zona urbana para aprovechar de mejor manera la infraestructura existente de servicios públicos y transporte.

### *Descripción*

La construcción de nuevos fraccionamientos y la expansión de la zona urbana han ocasionado en su mayor parte una subutilización de la infraestructura de servicios públicos y las redes de transporte. En su mayor parte, y debido entre otros aspectos a la difícil situación económica del país, la oferta de zonas urbanizadas ha superado la demanda.

Para eficientar la inversión existente, es necesario establecer una estrategia de redensificación en zonas urbanas cuya capacidad instalada lo permita, así como frenar temporalmente la apertura de nuevos predios a la urbanización. Al poniente del Distrito Federal existe una gran cantidad de predios y lotes baldíos, que cuentan con infraestructura y redes de transporte.

#### *Metas*

Establecer las condiciones necesarias para limitar el crecimiento de nuevas áreas a la urbanización, a fin de incentivar la densificación de la actual zona urbana y aprovechar adecuadamente la infraestructura y servicios existentes.

#### *20. Condicionamiento de la autorización de nuevos desarrollos habitacionales a la estrategia y normatividad señalada por planes y programas de desarrollo urbano en el Estado de México*

#### *Objetivos*

Observancia estricta de las disposiciones de planes y programas de desarrollo urbano para frenar la expansión urbana, especialmente hacia las zonas clasificadas como del cinturón verde de la ZMVM.

Contribuir a la redensificación de la actual zona urbana para aprovechar de mejor manera la infraestructura existente de servicios públicos y transporte.

#### *Descripción*

La construcción de nuevos fraccionamientos y la expansión de la zona urbana han ocasionado en su mayor parte una subutilización de la infraestructura de servicios públicos y las redes de transporte. En su mayor parte, y debido entre otros aspectos a la difícil situación económica del país, la oferta de zonas urbanizadas ha superado la demanda.

Para eficientar la inversión existente, es necesario establecer una estrategia de redensificación en zonas urbanas cuya capacidad instalada lo permita, así como frenar temporalmente la apertura de nuevos predios a la urbanización. Al poniente del Distrito Federal existe una gran cantidad de predios y lotes baldíos, que cuentan con infraestructura y redes de transporte.

#### *Metas*

Establecer un acuerdo temporal para frenar la apertura de nuevas áreas a la urbanización, a fin de incentivar la densificación de la actual zona urbana y aprovechar adecuadamente la infraestructura y servicios existentes.



*21. Racionalización en la construcción de nuevas vialidades intraurbanas*

*Objetivos*

Racionalizar la inversión pública y privada en vialidades exclusivamente dedicadas al desplazamiento de vehículos automotores, para favorecer la inversión en otras modalidades del transporte público colectivo.

*Descripción*

La demanda de viajes está relacionada directamente con el valor que los residentes asignan a un viaje con respecto a los costos que genera llevarlo a cabo. entre ellos se encuentran el tiempo que toma llevar a cabo el viaje, costos del vehículo, combustibles, mantenimiento y refacciones, así como los riesgos, incomodidades e impactos en la salud. Este planteamiento requiere una revisión exhaustiva e individual de las ventajas y desventajas que tiene para el automovilista trasladarse en auto particular, frente a las posibles ventajas y desventajas de un sistema de transporte integral y diversificado.

El desarrollo de autopistas urbanas y vialidades costosas ha aumentado significativamente la longitud de los viajes en autos particulares, es decir el aumento del parque vehicular privado que se utiliza constantemente en la ciudad.

El cambio en los usos del suelo generado por la introducción de una nueva vialidad provoca cambios en la distribución de los viajes en favor del auto privado, incrementa la dependencia del auto y el volumen total del tráfico (y por consiguiente de la contaminación).

*Metas*

Impulsar el sistema integral de transporte publico, diversificado y eficiente.

Reducir la inversión pública y privada en nuevas vialidades en la zona metropolitana.

*22. Criterios de integración de planes y programas de desarrollo urbano con infraestructura existente o planeada de transporte público*

*Objetivos*

Considerar opciones tecnológicas alternativas de transporte en los planes metropolitanos de desarrollo urbano

Mejorar la infraestructura destinada al transporte público, favoreciendo las vías para trenes rápidos y otros modos de transporte sobre los de uso exclusivo por automotores.

Destinar espacios exclusivos para otros modos de transporte y desplazamiento en ciertas zonas de la ciudad, como el carril exclusivo para bicicletas y vehículos no motorizados

#### *Descripción*

Las prácticas de planeación metropolitana han ocurrido frecuentemente de tipo sectorial, sin que los elementos concurrentes de un sector se incluyan adecuadamente en otros. Dada la interrelación existente entre el transporte, el desarrollo urbano y el medio ambiente, es necesario abordar el problema y sus soluciones desde una perspectiva integral.

La infraestructura para el transporte es un elemento del desarrollo urbano que incide decisivamente en los problemas ambientales relacionados con la contaminación originada por vehículos automotores, por lo que se requiere explorar otras opciones.

#### *Metas*

Conciliar las políticas de transporte público con las de desarrollo urbano y medio ambiente

Elaborar un estudio para diagnosticar la infraestructura para el transporte público, existente y futuras posibilidades

*23. Completar pasos a desnivel del Circuito Interior y avanzar en la construcción de pasos a desnivel del Anillo Periférico*

#### *Objetivos*

Reducir conflictos viales a la par de reducir emisiones contaminantes provocadas por embotellamientos vehiculares en sitios conflictivos de vialidades saturadas en horas pico.

#### *Descripción*

El circuito interior ha resultado una solución adecuada para agilizar la comunicación entre distintos sectores de la ciudad. Sin embargo algunos cruces no han sido resueltos y ocasionan conflictos viales de considerable magnitud.

En el anillo Periférico aún se generan conflictos que requieren solución y es necesario realizar obras viales.

*Metas*

Jerarquizar las soluciones viales en cruces conflictivos.

*24. Establecimiento de estacionamientos de transferencia en áreas estratégicas.*

*Objetivos*

Proveer espacios suficientes y adecuados para estacionar los vehículos privados cercanos a las estaciones de Metro para desalentar los viajes en automóvil a sitios conflictivos o que cuentan con el servicio de Metro.

*Descripción*

Actualmente una gran cantidad de los viajes en la ZMVM se realizan en automóviles particulares. Las redes del transporte colectivo no son aún suficientemente extendidas pero esta situación puede ser aprovechada mediante el establecimiento de un sistema de estacionamientos en sitios estratégicos para alentar el uso del transporte colectivo en los recorridos largos.

*Metas*

Construir un conjunto de estacionamientos en inmediaciones de estaciones de metro y de paraderos de autobuses.

**Estrategia de incorporación de incentivos económicos**

*25. Programa de desarrollo y aplicación de instrumentos económicos urbanos de política ambiental (estacionómetros, tarifas diferenciadas de estacionamientos, obligatoriedad de seguros para automóviles y transferencias al transporte colectivo popular).*

*Objetivos*

Alentar la participación de diversos grupos empresariales y sociales en proyectos ambientales de gran envergadura

*Descripción*

Para lograr una participación más dinámica y activa de los sectores privado y social en proyectos ambientales es necesario desarrollar diversos instrumentos de tipo económico.

*Metas*

Elaborar y evaluar un estudio para determinar la estrategia de incentivos económicos a programas ambientales para el segundo semestre de 1996.

### **Estrategia de inspección y vigilancia**

#### *26. Sistema de vigilancia vial y sanción a vehículos de empresas de transporte público de pasajeros y de carga.*

##### *Objetivos*

Asegurar la prestación de un servicio adecuado, cómodo y que responda a las expectativas de los usuarios.

##### *Descripción*

Los nuevos esquemas del sistema de transporte urbano integral requieren de la participación de los usuarios para que den a conocer sus opiniones sobre la prestación del servicios por las empresas concesionarias. Esto será útil para las autoridades ya que podrán estar en posibilidades de instar a las concesionarias a que mejoren cada día el servicio que prestan.

##### *Metas*

Establecer un sistema de comunicación entre usuarios y autoridades del transporte para reportar anomalías en los vehículos, relacionadas con las condiciones de higiene, confort, seguridad, contaminación, puntualidad, etc.

Establecer un sistema de sanciones y medidas correctivas en la prestación del servicio entre las autoridades y los concesionarios.

#### *27. Incorporación del requisito de verificación en los centros autorizados para que el transporte público de pasajeros y de carga obtenga la aprobación respectiva en el proceso anual de Revista.*

##### *Objetivos*

Simplificar el procedimiento administrativo relacionado con la prestación del transporte público.

##### *Descripción*

Realizar los trámites de revista y verificación vehicular por parte de las empresas concesionarias implica una serie de actividades adicionales que pueden ser

simplificadas de una manera sencilla mediante la creación de dispositivos especiales en los centros autorizados, con la participación de las autoridades del transporte. los aspectos primordiales en la inspección serán además de los ambientales, los de seguridad.

De esta manera se simplifican trámites y se puede asegurar una verificación completa y única de las condiciones del vehículo.

*Metas*

Establecer una línea especial de verificación en centros autorizados.

*28. Sistema de vigilancia del ordenamiento ecológico y de las áreas de conservación ecológica*

*Objetivos*

Supervisar y asegurar la ejecución del programa de ordenamiento ecológico del Valle de México, así como, y de manera especial, las áreas de conservación.

*Descripción*

La elaboración del programa de ordenamiento ecológico (POE) requiere de una actividad constante de monitoreo y supervisión, para asegurar que éste se lleve a cabo adecuadamente. Dada la complejidad y diversidad de componentes en programas de este tipo, su instrumentación puede ser difícil. En especial, en las áreas de conservación ecológica se tiene que llevar a cabo una vigilancia constante para asegurar su permanencia y las de las características que las han llevado a ser áreas de conservación.

*Metas*

Establecer, dentro de la Comisión Metropolitana, un grupo interdisciplinario e interinstitucional encargado de la instrumentación y supervisión del POE

Establecer un programa de supervisión y vigilancia del programa de ordenamiento ecológico y de las áreas de conservación.

**Estrategia de información y educación ambientales y participación social**

*29. Reactivación y operación del modelo de simulación fotoquímica IMP / Los Álamos (EGCA)*

*Objetivos*

Contar con un modelo constante que permita evaluar y reorientar las políticas ambientales relacionadas con la calidad del aire.

*Descripción*

El modelo de simulación fotoquímica realizado conjuntamente por el Instituto Mexicano del Petróleo fue iniciado el año de 1992. Sus resultados fueron dados a conocer en 1994 y desde entonces no se ha actualizado. Debido a la importancia del tema para la ciudad, es necesario contar con información vigente y actualizada.

*Metas*

Reactivar, para 1997 y operar en manera constante el modelo de simulación.

*30. Acelerar estudios sobre partículas suspendidas y visibilidad*

*Objetivos*

Contar con información reciente y especializada sobre el comportamiento de las partículas suspendidas en el Valle de México y sus efectos en la atmósfera, especialmente la visibilidad.

*Descripción*

El monitoreo de la calidad del aire en la zona metropolitana del Valle de México arroja información constante sobre diversos contaminantes. Las partículas suspendidas y el ozono son los que con mayor frecuencia sobrepasan los niveles de la norma y tienen un efecto importante sobre la salud de los habitantes.

Sin embargo, los estudios sobre este contaminante y sus efectos no son suficientemente exhaustivos y requieren un mayor nivel de detalle.

*Metas*

Elaborar estudios especiales sobre partículas suspendidas totales y sus efectos en la atmósfera y en la salud

*31. Desarrollo y mantenimiento del inventario de emisiones*

*Objetivos*

Actualizar de manera constante y consolidar un inventario de emisiones para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

*Descripción*

Diversos han sido los esfuerzos por conformar un inventario de emisiones sólido e integral. La Ciudad de México es líder en el país y en América Latina en el campo de los inventarios de emisiones, sin embargo, es necesario hacerlos más exhaustivos y detallados, a fin de incluir todas las posibles fuentes de emisión, así como apoyar el inventario con sistemas de información geográfica interactivos para apoyar modelos de simulación.

*Metas*

Establecer las bases y actualizar datos para elaborar el inventario de emisiones para la ZMVM en 1996

Desarrollar el inventario de emisiones y establecer los procedimientos de actualización durante el período 1997 - 1998

Establecer las bases para el sistema de información geográfico referido al inventario y poner en marcha el sistema completo e integral en 1999

*32. Programa de medición de la calidad del aire en microambientes y estudios de exposición en grupos de riesgo*

*Objetivos*

Recabar información sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos en diversos microambientes en los que los niveles de contaminación pudieran diferir de las concentraciones ambientales o de fondo, reportadas por las estaciones de las redes de monitoreo.

*Descripción*

La concentración de los contaminantes atmosféricos y el grado de exposición a los mismos pueden presentar variaciones espaciales importantes, dependiendo de la presencia de fuentes de contaminación en el sitio donde se encuentren las personas. Es por ello que resulta necesario establecer un programa permanente de monitoreo de contaminantes en microambientes tales como oficinas, escuelas, casas, en el interior de vehículos en circulación, en banquetas y otros.

Los programas de monitoreo microambiental son una herramienta indispensable para llevar a cabo estudios de riesgo y evaluaciones de la exposición de las poblaciones a los contaminantes atmosféricos. Este tipo de programas son especialmente necesarios para contaminantes que presentan fuertes gradientes de concentración, como el monóxido de carbono, el bióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. Es importante destacar que los programas de monitoreo microambiental deben considerarse como una herramienta complementaria y no substituta de la información proporcionada por la red automática de monitoreo. La comparación de mediciones tomadas de manera simultánea por las estaciones fijas de monitoreo y con monitores personales en diversos microambientes permitirá a las autoridades ambientales enriquecer la interpretación de las mediciones de la red automática, proporcionando mayor información a los tomadores de decisiones con respecto a los programas de control de emisiones y de salud ambiental que deben llevarse a cabo.

Los estudios de monitoreo microambiental ofrecen además oportunidad de participación activa de investigadores universitarios, miembros de grupos no gubernamentales y ciudadanos comunes, con lo que se propicia una mayor conciencia ambiental de los participantes al aprender sobre las causas y los efectos de la contaminación.

#### *Metas*

Establecer un programa permanente de medición de contaminantes atmosféricos en microambientes que incluya llevar a cabo estudios de evaluación de riesgo por exposición a contaminantes atmosféricos tanto en grupos de alto riesgo como de la población en general.

### *33. Estudios sobre transporte y calidad del aire en la ZMVM*

#### *Objetivos*

Mejorar las condiciones ambientales del Valle de México a través de una mejora sustancial en el sistema de transporte urbano.

#### *Descripción*

Un diagnóstico sobre las condiciones ambientales en el Valle de México genera información referente a que los mayores aportes provienen de los vehículos automotores. Es por ello que ha resultado necesario realizar estudios de detalle sobre algunos de estos componentes.

El transporte urbano en sus distintas modalidades, el transporte de carga, privado y público, los vehículos de uso intensivo y los automóviles privados han sido estudiados a detalle y precisan de estrategias diversificadas para que cada



uno de esos sectores lleve a cabo acciones tendientes a reducir las emisiones contaminantes.

*Meta*

Realizar un estudio para fortalecer la estrategia del transporte y su relación con la calidad del aire, a fin de aportar elementos para la retroalimentación de planes y programas de tipo ambiental.

*34. Auditoria pública a la Red de Monitoreo Atmosférico*

*Objetivos*

Lograr una mayor credibilidad en las mediciones de la calidad del aire que realizan las autoridades ambientales.

*Descripción*

La información que genera la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha sido cuestionada y criticada por algunos grupos ecologistas y algunos medios de comunicación. La RAMA cuenta con sistemas de calibración y comprobación de datos avalados por entidades ambientales de reconocido prestigio internacional como la EPA de Estados Unidos así como por instituciones normativas y de medición como el TÜV de Alemania. Además se permite el acceso a todos aquellos que lo desean para conocer la manera en que esta funciona. De esta manera, para recuperar la confianza y credibilidad de la opinión pública en los datos que genera la administración pública es necesario difundir las actividades, procedimientos y facilitar el acceso a instalaciones y métodos.

*Metas*

Establecer procedimientos, calendarios de visitas y auditorías públicas para dar a conocer, por medio de especialistas en el tema, todos aquellos aspectos referidos al funcionamiento de la RAMA

*35. Reforzamiento del sistema de vigilancia epidemiológica*

*Objetivos*

Contar con información actualizada y constante sobre las condiciones de salud de la población a través del sistema de vigilancia epidemiológica.

*Descripción*

Las autoridades ambientales y sanitarias y la comunidad necesitan contar con información constante sobre los efectos del ambiente en la salud. El sistema actual no cuenta con recursos suficientes para responder a la demanda de información al nivel de la zona metropolitana.

#### *Metas*

Dotar de mayores recursos al sistema de vigilancia epidemiológica actual.

#### *36. Estudio sobre programa de largo plazo para trenes radiales suburbanos que conecten a la zona metropolitana con algunas ciudades satélites*

#### *Objetivos*

Establecer un sistema de transporte entre los suburbios y la ciudad para ofrecer alternativas a quienes realizan grandes desplazamientos en automóvil particular o en transporte público.

Contribuir a la descentralización de la Ciudad de México estableciendo zonas de desarrollo fuera de la zona conurbada y de las montañas que la circundan.

#### *Descripción*

La comunicación hacia los suburbios puede extenderse a comunicar la Ciudad de México con la corona de ciudades cercanas con las que esta ciudad mantiene una estrecha relación socioeconómica.

Dado el crecimiento urbano y el desplazamiento de zonas habitacionales hacia la periferia, se ha incrementado la cantidad de viajes realizados en automóvil particular, por lo que se requiere de ofertas de trenes suburbanos que realicen esta función y reduzcan la cantidad de automóviles y por tanto de contaminantes. Además, y como posible freno a la urbanización, las experiencias internacionales han demostrado que la introducción de vías para trenes rápidos pueden impedir la expansión de la frontera urbana a lo largo de las mismas, a diferencia de nuevas vialidades para vehículos automotores.

Estas actividades podrán realizarse en el largo plazo dadas las actuales condiciones económicas de la ciudad y las prioridades en el sistema integral de transporte.

#### *Metas*

Realizar estudios para establecer las rutas de los trenes suburbanos radiales de la siguiente manera:

Observatorio - Lerma - Toluca

El Rosario - Tepeji del Río - Jilotepec - Querétaro  
Martín Carrera - Otumba - Pachuca  
Los Reyes La Paz - Amecameca - Cuautla - Puebla  
San Jerónimo - Cuautla - Yautepec - Cuernavaca

*37. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas*

*Objetivos*

Constituir una instancia de comunicación y evaluación de la comunidad para las actividades de este programa relacionadas con el transporte público, de pasajeros y de carga, así como con aspectos de integración de políticas ambientales con el transporte y el desarrollo urbano.

*Descripción*

El desarrollo de proyectos y programas ambientales, como los de cualquier otro tipo requiere de la retroalimentación constante no solo de quienes han estado involucrados en la elaboración, ejecución y seguimiento del mismo, sino de la comunidad, en particular, ya que es la mejor manera de involucrar al público en la formulación de nuevas propuestas y adecuación de los esquemas del programa.

*Meta*

Conformar, en el primer semestre de 1997 una ventanilla única de la Comisión Metropolitana para que los interesados en el programa presenten propuestas de nuevas iniciativas y participen en la evaluación y retroalimentación del programa.

*38. Programa de divulgación de conceptos sobre la Ciudad Ecológica según la OCDE.*

*Objetivos*

Difundir en la comunidad los principios básicos del desarrollo sustentable en las zonas urbanas.

*Descripción*

Los problemas ambientales de las ciudades están estrechamente ligados a las actitudes de sus residentes. La falta de sensibilidad ante los mismos incrementa los problemas e inhibe la participación comunitaria en programas urbanos. El desconocimiento o la falta de información sobre otras opciones de vida urbana acorde al ambiente son, con frecuencia, uno de los elementos que deben reforzarse para lograr una mayor cooperación y participación.

La OCDE lleva a cabo programas de difusión sobre estos temas, los que podrán adaptarse y ajustarse para difundir el caso de la ZMVM.

De acuerdo al proyecto “Ciudad Ecológica de la OCDE”, las principales estrategias que deben seguirse para mejorar el funcionamiento de las ciudades en el contexto de la sustentabilidad son: contar con liderazgo a todos los niveles de gobierno; un alto grado de participación pública; realizar esfuerzos por tener políticas gubernamentales coherentes y consistentes; llevar a cabo cambios en los usos del suelo y en la planeación del transporte que permitan a su vez promover cambios en estilos de vida; y explorar las posibilidades de obtener recursos del sector privado adicionales a los recursos públicos que se destinen a la investigación de nuevas ideas y a la evaluación de políticas ambientales novedosas.

*Metas*

Sensibilizar en una primera instancia y después concientizar sobre aspectos varios de la relación medio ambiente y ciudad, con especial énfasis en la ciudad ecológica, a los habitantes del Valle de México.

Llevar a cabo un programa de sensibilización sobre los temas mencionados a través de medios de comunicación y medios de educación informal.

**IV. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA:  
Abatimiento de la erosión  
Estrategia de integración de políticas metropolitanas (transporte, desarrollo urbano y medio ambiente)**

1. *Recuperación lacustre en Tláhuac, Texcoco y Zumpango.*

- Recuperación de la flora y fauna nativas del Valle de México
- Recuperación del equilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México
- Mejoramiento de condiciones ambientales

*Objetivos*

Rescatar especies de flora y fauna nativas del Valle de México asociadas a cuerpos de agua permanente, a partir de la recuperación de los principales lagos existentes en esta zona.

Mejorar las condiciones ambientales y rescatar áreas que por muchos años sirvieron para la recreación y el esparcimiento de la población.

*Descripción*

El proyecto de recuperación del lago de Texcoco es un programa especial que ha llevado 20 años de trabajo continuo, implementando acciones de recuperación de suelos y pastos, reforestación y obras hidráulicas, lo que ha contribuido sustancialmente a la reducción de emisiones a la atmósfera de partículas suspendidas totales de origen natural, mejorando la calidad del medio ambiente. Con la creación de los cuerpos de agua artificial, se ha logrado recuperar en gran medida la población de aves acuáticas migratorias que por años habían llegado a esta zona lacustre en época de invierno.

Con el proyecto de recuperación de las zonas lacustres se pretende rescatar, además del hábitat acuático de muchas especies nativas de la zona, para el caso de Tláhuac, la tradición de la agricultura en chinampas como una actividad rentable. Se realizarán censos poblacionales periódicos de las especies nativas para conocer su comportamiento

*Metas*

Reducir la generación de partículas suspendidas totales a través de la cobertura vegetal de áreas expuestas. En el ex-lago de Texcoco se tiene cubierto casi el 80% de

la superficie con vegetación diversa, principalmente pasto salado, arbustos y algunas especies de árboles resistentes a la salinidad, por lo que se pretende continuar con esta estrategia hasta cubrir la superficie disponible para este fin.

Alentar el repoblamiento de las zonas lacustres con especies de flora y fauna nativas y fauna migratoria.

## 2. Ampliación del programa de recuperación lacustre en Xochimilco

- Recuperación de la flora y fauna nativa del Valle de México
- Recuperación del equilibrio hidroclimático de la Cuenca del Valle de México
- Mejoramiento de las condiciones ambientales

### Objetivos

Rescatar las especies de flora y fauna nativas del Valle de México asociadas a cuerpos de agua permanente, a partir de la recuperación de los principales lagos existentes en esta zona.

Mejorar las condiciones ambientales y rescatar áreas que por muchos años sirvieron para la recreación y el esparcimiento de la población.

### Descripción

En el caso de Xochimilco, con la pérdida paulatina del recurso agua, empezó a decrecer la producción agrícola y se inició su desintegración económica. La belleza del paisaje también sufrió deterioro, así como la flora y fauna nativa. Para la recuperación ecológica de Xochimilco, declarado como "Patrimonio Histórico y Cultural de la Humanidad" se establecieron medidas enérgicas, entre las que destacó la recuperación integral de la cuenca suroriental del Distrito Federal, especialmente de las Delegaciones Tlalpan, Tláhuac y Milpa Alta.

El Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco contempla diversos aspectos: la flora y fauna nativas, condiciones hidráulicas y de saneamiento, aspectos agrícola, social, arqueológico y de patrimonio histórico. Con el proyecto de recuperación de Xochimilco-Tláhuac, se pretende rescatar además del hábitat acuático de muchas especies nativas de la zona, recobrar la tradición de la agricultura en chinampas como una actividad redituable y del turismo tanto nacional como internacional.

### Metas

El proyecto de recuperación de Xochimilco, implica metas a corto, mediano y largo plazo, obteniéndose a la fecha el rescate de la zona chinampera, con la

limpieza de los canales, abastecimiento de éstos con agua tratada y la introducción de peces nativos de interés comercial.

Se estima un incremento en el arribo de las especies de aves migratorias a la zona, así como el incremento de las poblaciones de fauna residente.

### *3. Programa de pavimentación en colonias populares*

#### *Objetivos*

Evitar la emisión de polvos a la atmósfera y facilitar el acceso del transporte tanto público como privado en colonias populares y suburbanas, disminuyendo tiempo de recorrido, conflictos viales y emisión de contaminantes.

#### *Descripción*

En coordinación con las diferentes delegaciones políticas y la Dirección de Auto-transporte Urbano se realizará un inventario de los accesos a las colonias populares y zonas suburbanas más transitados, definiendo por su longitud, estado actual y flujo vehicular su prioridad para ser incorporada en el programa de recubrimiento.

Una vez realizado el inventario y en coordinación con las Subdirecciones de Desarrollo Urbano y Obras Públicas de cada una de las delegaciones políticas, realizar los recubrimientos con diferentes tipos de materiales según las necesidades y recursos de la zona en particular.

#### *Metas*

Recubrir las principales vías de acceso de las colonias populares y zonas suburbanas, disminuyendo la emisión de partículas a la atmósfera por el tránsito en las mismas, así como la disminución en la generación de contaminantes por la agilización del flujo vehicular.

### *4. Reforzamiento del programa de recuperación de la Sierra de Guadalupe y de la Sierra de Santa Catarina (BID).*

- Recuperación y conservación de los recursos naturales de la Sierra de Santa Catarina
- Recuperación y conservación de los recursos naturales de la Sierra de Guadalupe

#### *Objetivos*

A partir del ordenamiento ecológico, se elaborarán los planes de manejo respectivos, con el objeto de recuperar y conservar su flora y fauna, detener y controlar el crecimiento de la mancha urbana, así como regular las actividades que se lleven a cabo en estas sierras, para prevenir y/o mitigar los impactos que éstas puedan ocasionar.

*Descripción*

La recuperación de la Sierra de Santa Catarina, así como de la Sierra de Guadalupe, forma parte del proyecto de Conservación Ecológica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, apoyado por un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El proyecto contempla entre otras acciones la reforestación, prevención y combate de incendios forestales, obras de infraestructura, equipamiento urbano, control de erosión de suelos, captación de agua y actividades de vigilancia, reubicación de asentamientos irregulares, concientización y educación ambiental de la población de la zona.

*Meta*

Plantar 3 millones 800 mil plantas en la Sierra de Santa Catarina en 5 años y en la Sierra de Guadalupe (DF y Estado de México) aproximadamente 6 millones 170 mil plantas, utilizando particularmente las especies nativas adecuadas y acciones de conservación de suelo y agua como parte de las actividades de recuperación de las sierras.

5. *Construir y operar de un parque de 100 ha. en los terrenos ocupados por la exrefinería de Azcapotzalco*

*Objetivo*

Recuperar espacios destinados al incremento de áreas verdes que se constituyan en sitios de atracción y desarrollo de fauna urbana y de recreación para los habitantes del Valle de México son aspectos indispensables en el mantenimiento del equilibrio de la dinámica urbana y ecológica de la región.

*Descripción*

La Refinería 18 de Marzo fue cerrada para la operación el año de 1992. Desde entonces los vecinos han pugnado por que los terrenos de esas instalaciones fueran dedicados a ser áreas verdes. Dadas las operaciones que en el sitio se realizaban es necesario elaborar los estudios que permitan definir la situación actual de los 100 Has. de terreno que ocupaban las instalaciones.



Por esos motivos, es necesario definir las líneas de acción para el saneamiento de los suelos y subsuelo contaminado por los derrames de los diversos productos petrolíferos utilizados durante la operación de la Ex-Refinería, a fin de que sea construida y puesta en marcha la infraestructura necesaria para el aprovechamiento de la zona con fines recreativos y de esparcimiento

#### *Metas*

Operar un parque urbano en los terrenos de la Ex-Refinería 18 de Marzo.

Ofrecer un espacio recreativo a la comunidad que cumpla con todas las disposiciones necesarias de seguridad y saneamiento.

#### *6. Programa de control y restauración de bancos de extracción y de tiro de materiales de construcción en el Valle de México.*

#### *Objetivos*

Disminuir las emisiones a la atmósfera producto de la extracción de los diferentes tipos de materiales aprovechados en el Valle de México. Restaurar los bancos de extracción y zonas de tiro de materiales de construcción que actualmente se encuentren fuera de actividad o abandonados.

#### *Descripción*

Definir las principales zonas de extracción de materiales en el Valle de México. Una vez ubicados dichos bancos de extracción realizar visitas para verificar las condiciones actuales, tanto legales como ambientales. Se identificarán los bancos de extracción y zonas de tiro de materiales de construcción realizando la caracterización de cada uno de ellos a fin de definir los programas de restauración más adecuados, dando prioridad a la utilización de especies arbóreas nativas del lugar. Así como, crear un programa que permita la instalación de equipamiento destinado a áreas recreativas que permitan recuperar zonas deterioradas.

Se identificarán los bancos de extracción y zonas de tiro de materiales de construcción realizando la caracterización de cada uno de ellos a fin de definir los programas de reforestación más adecuados, dando prioridad a la utilización de especies arbóreas nativas del lugar.

#### *Metas*

Llevar a cabo un programa de control y vigilancia a los bancos de extracción de material en el Valle de México y definir las líneas de acción que garanticen la

disminución de emisión de partículas a la atmósfera producidas con la realización de esta actividad.

Restaurar y reutilizar los bancos de extracción y zonas de tiro de materiales de construcción, disminuyendo la emisión de partículas a la atmósfera producto de la erosión de material expuesto por falta de cubierta vegetal.

*7. Regulación del transporte de materiales de construcción para evitar su dispersión a la atmósfera.*

*Objetivos*

Elaborar el fundamento legal incorporado a la legislación en materia ambiental, que permita el control y vigilancia de los contratistas y usuarios de vehículos de transporte de material para construcción o producto de desecho de las mismas.

Revisar y adecuar los reglamentos de tránsito en la materia, a fin de unificar los criterios y homologar las disposiciones..

Definir acciones que garanticen la disminución de emisión de partículas durante las actividades de carga, descarga y transporte de materiales de construcción o de desecho de las mismas

*Descripción*

Revisar la fundamentación legal en materia ambiental del manejo de material para construcción y en su caso definir medidas dentro de esta legislación.

*Metas*

Disminuir la emisión de partículas generada durante la carga, descarga y transporte de materiales de construcción o de desecho de las mismas.

*8. Estabilización de salitrales de carbonato de sodio en el Lago de Texcoco.*

*Objetivos*

Definir las líneas de acción y realizar las medidas necesarias para la solución del problema de emisiones a la atmósfera por la disposición de carbonato de sodio en la zona del Lago de Texcoco.

*Descripción*

Realizar los estudios necesarios que permitan definir las estrategias más convenientes tanto a corto como a largo plazo, para disminuir la dispersión de partículas de carbonato de sodio.

*Metas*

Establecer un programa para evitar la dispersión de partículas de carbonato de sodio dispuestas al aire libre en la zona del Lago de Texcoco.

*9. Programa de Reforestación Urbana.*

- Incrementar y conservar las áreas verdes de la zona urbana del Distrito Federal
- Conservar y dar mantenimiento al arbolado ya existente
- Mejorar las condiciones ambientales de la ZMVM

*Objetivos*

Reforestar el área urbana, suburbana y urbano-agrícola de la ZMVM, con el objeto de mejorar las condiciones ambientales e incrementar las áreas verdes para la recreación y esparcimiento de la población.

*Descripción*

La duración de este proyecto es de 5 años y se está realizando con el apoyo de un crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El proyecto contempla la reforestación urbana tanto en el Distrito Federal como en 24 municipios conurbados del Estado de México.

Se deberán utilizar principalmente especies nativas, considerando criterios ambientales, urbano, estéticos y funcionales, con las técnicas de plantación y mantenimiento adecuadas a cada zona en particular, para garantizar el éxito de las plantaciones.

*Metas*

Se contempla una meta total de plantación de 39.5 millones de plantas en el Distrito Federal y 35 millones en la zona urbano - agrícola de los municipios conurbados del Estado de México.

*10. Programa de Reforestación Rural.*

- Reducción de PST en el aire
- Prevención y control de la erosión

### *Construcción del Programa*

- Incremento en la recarga de acuíferos
- Recuperación y conservación de las zonas boscosas
- Creación de un cinturón verde

#### *Objetivos*

Reforestar el Valle de México y su área de influencia ecológica, con el objetivo principal de reducir las partículas suspendidas totales de origen natural y mejorar las condiciones ambientales del Valle de México.

#### *Descripción*

La duración de este proyecto es de 7 años y se está realizando con el apoyo de la OECF de Japón y consta de las siguientes componentes:

- 1) Centro de educación ambiental "Acuexcomatl".
- 2) Nuevo Conjunto de Viveros para la producción de 30 millones de plantas al año.
- 3) Construcción y mejoramiento de caminos forestales.
- 4) Reforestación rural.

Se deberán utilizar principalmente especies nativas considerando las condiciones naturales del área y las técnicas de plantación y mantenimiento adecuadas a cada zona en particular, para garantizar el éxito de las plantaciones.

#### *Metas*

Se contempla la reforestación de 180 mil ha, incluyendo el área rural del Distrito Federal, municipios conurbados del Estado de México y el Corredor Biológico del Chichinautzin en el Estado de Morelos.

### *11. Intensificación de los programas de aseo y recolección de basura en vialidades y áreas públicas*

#### *Objetivos*

Eliminar polvos y partículas depositados en vialidades y espacios abiertos para evitar su resuspensión por el viento y el paso de vehículos.

Mejorar las condiciones ambientales y de imagen urbana de la ZMVM.

#### *Descripción*

Los procesos de recolección y limpieza existentes en el Valle de México sólo cubren aproximadamente el 80% de los residuos sólidos generados, motivo por el cual el 20% restante se encuentra depositado en vialidades, tiraderos clandestinos, predios baldíos, etc. Por otra parte, las operaciones de aseo de vialidades no se efectúa con la frecuencia y eficiencia deseada, motivo por el cual es necesario incrementar la eficiencia de recolección y aseo a fin de mejorar la imagen urbana y disminuir la emisión de partículas suspendidas.

*Meta*

Fortalecer los programas de recolección y limpieza de vialidades y áreas verdes con la finalidad de abatir la incorporación de partículas a la atmósfera.

**Estrategia de información y educación ambiental y participación social**

*12. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas*

*Objetivos*

Constituir una instancia de comunicación y evaluación por parte de la comunidad para las actividades de este programa relacionadas con recuperación ecológica de las zonas deterioradas.

*Descripción*

El desarrollo de proyectos y programas ambientales, como los de cualquier otro tipo requieren de la retroalimentación constante no sólo de quienes han estado involucrados en la elaboración, ejecución y seguimiento del mismo, sino de la comunidad, en particular, ya que es la mejor manera de involucrar al público en la formulación de nuevas propuestas y adecuación de los esquemas del programa.

*Metas*

Conformar en el primer semestre de 1997 una ventanilla única de la Comisión Metropolitana para que los interesados en el programa presenten propuestas de nuevas iniciativas y participen en la evaluación y retroalimentación del programa.

Propósito general

Metas

Estrategias

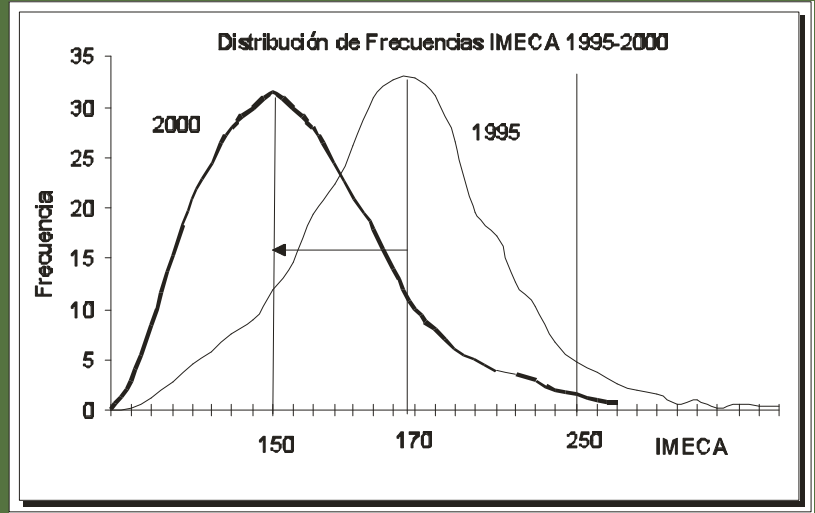
Ayuda



PROPOSITO GENERAL



Menos contaminantes por día y Menos contingencias al año



METAS

I. INDUSTRIA LIMPIA:

Reducción de Emisiones por Unidad de Valor Agregado en la Industria y Servicios



II. VEHICULOS LIMPIOS:

Disminución de las Emisiones por Kilómetro



III. TRANSPORTE EFICIENTE Y NUEVO ORDEN URBANO:

Regulación del Total de Kilómetros Recorridos por Automotores



IV. RECUPERACION ECOLOGICA:

A batimiento de la Erosión

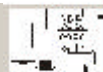


ESTRATEGIAS

1. Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria y los servicios



1. Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores



1. Oferta amplia de transporte público seguro y eficiente



1. Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y ecología)



2. Mejoramiento y sustitución de energéticos industriales



2. Mejoramiento y sustitución de energéticos automotrices



2. Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y ecología)



2. Información y educación ambientales y participación social



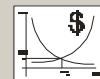
3. Incentivos económicos



3. Incentivos económicos



3. Incentivos económicos



4. Inspección y vigilancia industrial



4. Inspección y vigilancia vehicular



4. Inspección y vigilancia vial y de transporte



5. Información y educación ambientales y participación social



5. Información y educación ambientales y participación social



5. Información y educación ambientales y participación social



# I. INDUSTRIA LIMPIA: Reducción de Emisiones en la Industria y Servicios

Estrategia/Instrumento
------------------------


Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

<i>Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en la industria y los servicios</i>
1. Aplicación de niveles de emisión más estrictos, para óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas en la industria.
2. Sistema regional de topes máximos de emisión de NOx en el sector industrial.
3. Nueva normatividad para el almacenamiento, la elaboración y el uso de compuestos orgánicos volátiles.
4. Normatividad y simplificación administrativa para promover y regular las instalaciones de distribución y uso de gas natural en establecimientos industriales y de servicio.
5. Sistema normativo y de reconversión tecnológica para distribución y uso comercial y doméstico de gas licuado de petróleo.
6. Programa de autorregulación industrial acoplado al Plan de Contingencias para alcanzar reducciones de emisiones mayores a las normas obligatorias.
7. Durante una Contingencia Ambiental: a) Suspender la operación de la termoeléctrica Jorge Luque a partir de la entrada en operación de la subestación La Quebrada. b) Reducción de hasta 50% en la generación de la termoeléctrica Valle de México.

• Semarnap, DDF, Edomex, Industria						0.3	53.0	4,500	NA	14,460	NE	1,800
• Semarnap, SE; DDF, Edomex, Industria						0.3	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• Semarnap, DDF, SE; Edomex, Industria						0.3	158.6	NA	133,825	NA	NA	NA
• Semarnap, DDF, Edomex, SE						0.3	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• Semarnap, DDF, Edomex, SE						1.0	NE	NA	95,670	NE	NE	NE
• Semarnap, Industria						0.6	NE	6,600	6,890	NE	270	420
• Semarnap, SE, CFE, LFC						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación

1/4 META I

<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

8. Instalación en la Termoeléctrica Valle de México de quemadores con baja emisión de NOx: Unidad 4 en 1996 y Unidades 1, 2 y 3 en 1997. Sustitución de la capacidad de la termoeléctrica Jorge Luque con unidades de generación que cumplan con la normatividad ambiental que entrará en vigor en 1998.
9. Consolidación del sistema de recuperación de vapores en las Terminales de Distribución de gasolinas (Fase 0) y llenaderos de autotransporte.

• Semarnap, SE, CFE, LFC						25.0	NA	6,600	NA	NA	NE	NE
• Pemex						7.4	NA	NA	I - 17	NA	NA	NA

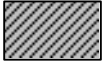
<b>Mejoramiento y sustitución de energéticos</b>
10. Aplicación de normatividad más estricta para combustibles industriales y de servicios (Gas natural, Gas LP, Diesel, Gasóleo y Combustóleo).


• Semarnap, SE, Pemex						805.0	NE	I - 1	I - 5	I - 1	NE	I - 1
-----------------------	--	--	--	--	--	-------	----	-------	-------	-------	----	-------

<b>Incentivos económicos</b>
11. Diseño e integración de una nueva estructura de precios relativos de gasóleo y gas natural para favorecer el uso de combustibles industriales de mejor calidad ambiental.
12. Reordenamiento y regulación del mercado de gas LP que permita la modernización de los equipos de suministro y almacenamiento y contribuya a una mayor eficiencia en su uso.

• SHCP, SE, Pemex						NE	NE	I - 1	NA	I - 1	NE	I - 1
• SHCP, SE, Pemex, PROFECO						NE	NE	NA	I - 5	NA	NA	NA

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación



**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

- 13. Mayor claridad en las definiciones para la aplicación de incentivos fiscales al uso de tecnologías para control de emisiones en la industria, así como una mayor difusión de los mismos para que su uso sea más efectivo.
- 14. Exención arancelaria a equipos y tecnologías ambientales que no se fabriquen en México.
- 15. Nuevos créditos para financiar la modernización ambiental de los procesos industriales.

• SHCP, Industria						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• SECOFI						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• NAFIN Eximbank de Japón						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

- Inspección y vigilancia**
- 16. Programa de inspección y vigilancia para el cumplimiento estricto de la normatividad ambiental en la industria y los servicios.
  - 17. Estricto cumplimiento de la normatividad y sanciones para reducir emisiones evaporativas en estaciones de servicio (recuperación de vapores en gasolineras).


• DDF, Edomex, Semarnap						20.0	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF, Edomex,						0.3	36.0	NA	16,140	NA	NA	NA

- Información y educación ambientales y participación social**
- 18. Registro de emisiones y transferencia de contaminantes para la ZMVM (RETC).
  - 19. Desarrollo del Centro de Producción Limpia para promover capacitación y transferencia tecnológica orientada a la autorregulación y la prevención.

• Semarnap, Industria						2.0	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• IPN, Industria, Semarnap						2.4	1.0	NE	NE	NE	NE	NE

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

**20. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas.**

• Universidades; ONG, Sector Privado						0.3	NA	NE	NE	NE	NE	NE
--------------------------------------	--	--	--	--	--	-----	----	----	----	----	----	----

Abreviaturas:

NA = No es Aplicable  
 NE = No Estimado  
 CLF = Compañía de Luz y Fuerza  
 CFE = Comisión Federal de Electricidad  
 SEMARNAP = Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca  
 EximBank = Export Import Bank de Japón  
 SECOFI = Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
 PROFECO = Procuraduría Federal del Consumidor

DDF = Departamento del Distrito Federal  
 Edomex = Gob. del Estado de México  
 Pemex = Petróleos Mexicanos  
 ONG = Org. no Gubernamentales  
 IPN = Instituto Politécnico Nacional  
 NAFIN = Nacional Financiera  
 SE = Secretaría de Energía  
 SHCP = Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Inversión Estimada (millones de dólares)		Reducción de emisiones (ton/año)	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST
			1996	1997	1998	1999	2000
Pública	Privada		17,700	252,525	14,460	270	2,220
		Reducción respecto al sector (%)	48.0	58.5	43.5	2.8	29.9
		Reducción respecto al total (%)	13.8	24.6	31.8	0.01	0.5

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación

## II. VEHÍCULOS LIMPIOS: Disminución de las Emisiones por Kilómetro


Estrategia/Instrumento
------------------------


Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

<b>Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores</b>
1. Actualización del Hoy No Circula y Doble Hoy No Circula: <ul style="list-style-type: none"> <li>Exención a todos los vehículos de baja emisión de contaminantes (incluyendo taxis), de acuerdo a la normatividad aplicable.</li> <li>Exenciones sólo válidas para vehículos verificados en verificentros.</li> </ul>
2. Reforzamiento de la normatividad sobre verificación de emisiones evaporativas para vehículos en circulación.
3. Revisión progresiva de normatividad de emisiones contaminantes para vehículos en circulación (Normas más estrictas para microbuses y taxis).
4. Revisión progresiva de normatividad para emisiones de vehículos nuevos a diesel, y reforzamiento de la misma para vehículos en circulación.
5. Revisión progresiva de normatividad sobre emisiones contaminantes para vehículos nuevos.
6. Elaboración y mantenimiento de un padrón vehicular confiable para el área metropolitana.
7. Programa de mejoramiento permanente de la verificación vehicular (verificación de NOx, diagnóstico de convertidor catalítico, ruido y prueba con dinamómetro en % y gr/km ).

• DDF, Edomex, Semarnap						1 - 3	1 - 3	1 - 3	1 - 3	NA	1 - 3	1 - 3
• DDF, Edomex, Semarnap, AMIA						0.3	1.76	NA	34,946	NA	NA	NA
• Semarnap, DDF, Edomex, AMIA, ANPACT						1.2	1,490.3	23,576	159,085	NA	1,273,697	-87
• DDF, SCT, Edomex, Semarnap, Secofi, ANPACT, AMIA						NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE
• Semarnap, AMIA,						NE	230.7	2,646	1,225	NE	6,351	5,301
• DDF, Edomex						47.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex, Semarnap, AMIA, ANPACT						1 - 3	1 - 3	1 - 3	1 - 3	NA	1-3	1-3

 Estudio

 Diseño y concertación

 Instrumentación

1/4 META II

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

**8. Homologación del proceso de verificación DF/Estado de México**

• Edomex, DDF, SCT						1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
--------------------	--	--	--	--	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Mejoramiento y sustitución de energéticos**

**9. Revisión progresiva de normatividad para gasolinas y diesel (e.g. presión de vapor, azufre, plomo, octano, benceno y otros aromáticos, olefinas, oxigenados y otros aditivos), con base en estudios de emisiones, reactividad fotoquímica y de eficiencia en los automotores.**

• Semarnap, SE, Pemex, AMIA, ANPACT, IMP						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----

**10. Reducción en el segundo semestre de 1996 de los componentes tóxicos y reactivos en las gasolinas.**

- Aromáticos de 30% a 25% vol.
- Olefinas de 15% a 10% vol.
- Benceno de 2% a 1% vol.
- Presión de Vapor Reid de 8.5 a 7.8 psi.

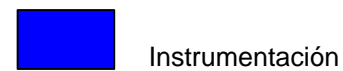
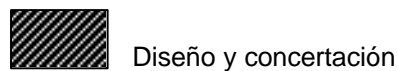
• Semarnap, SE, Pemex, IMP						2,600	NE	NA	16,393	NA	NA	NA
----------------------------	--	--	--	--	--	-------	----	----	--------	----	----	----

**11. Retiro del mercado de la gasolina con plomo y sustitución por gasolina Magna Sin en la ZMVM.**

• Pemex						1-10	NE	NA	NA	NA	NA	NA
---------	--	--	--	--	--	------	----	----	----	----	----	----

**12. Reducción progresiva del contenido de azufre en la gasolina para extender la vida media de los convertidores catalíticos y disminuir emisiones de bióxido de azufre.**

• Semarnap, SE, Pemex						200	NE	NA	NA	6,801	NA	NA
-----------------------	--	--	--	--	--	-----	----	----	----	-------	----	----



<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

13. Programa de fomento al desarrollo e introducción de vehículos eléctricos y de bajas emisiones para pasajeros y carga ligera.
--

• Semarnap, SE, Industria Automotriz						NE	NE	I-5	I-5	I-5	I-5	I-5
--------------------------------------	--	--	--	--	--	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

**Inspección y vigilancia**

14. Reforzamiento del sistema de vigilancia, inspección vial y sanción del parque vehicular.
--

• DDF						22	NA	NE	NE	NE	NE	NE
-------	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----

15. Programa de normatividad, certificación, auditoría de calidad total y sanciones de centros de verificación.
---

• DDF, Edomex, AMIA, ANPACT Sector Social y Privado, Universidades						NE	NE	I-3	I-3	I-3	I-3	I-3
--	--	--	--	--	--	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

16. Fortalecimiento del sistema de vigilancia sobre calidad de combustibles.
--

• DDF, Semarnap Edomex, Universidades, AMIA, ANPACT Pemex						I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12	I-9 I-10 I-11 I-12
---	--	--	--	--	--	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

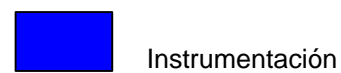
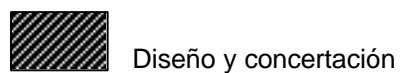
**Incentivos económicos**

17. Diseño e integración de una nueva política de largo plazo de precios de combustibles que tome en cuenta costos ambientales.
---

• SHCP, SE, Pemex						NE	NE	3,999	12,051	NE	153,283	NE
-------------------	--	--	--	--	--	----	----	-------	--------	----	---------	----

18. Cambio en la relación de precios de las gasolinas Nova y Magna Sin.
---

• SHCP, SE, Pemex						NA	NA	NE	NE	NE	NE	NE
-------------------	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----



<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

19. Incentivos a la renovación del parque vehicular a través del Impuesto sobre automóviles nuevos.
20. Liberación arancelaria para la importación de equipos automotrices limpios que no se fabriquen en México.
21. Aplicación de un sobreprecio equivalente a dos centavos a las gasolinas (en adición al centavo que actualmente se aplica), para alimentar el Fideicomiso Ambiental de la ZMVM.

<b>Información y educación ambientales y participación social</b>
22. Estudio para el desarrollo e introducción de vehículos de pasajeros y carga a metano, iniciando con vehículos gubernamentales
23. Identificación en los parabrisas de vehículos con bajos niveles de contaminantes.
24. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas para reducir emisiones en vehículos automotores.

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST
• DDF, SHCP, Edomex						NE	NE	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
• SECOFI						NE	NE	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
• DDF, SHCP, Edomex, Pemex						NA	100.8	NE	NE	NE	NE	NE

• DDF						1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• Universidades ONG, Sector Privado						0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Abreviaturas:  
 NA = No es Aplicable  
 NE = No Estimado  
 I-X = Integrada a la medida X  
 Pemex = Petróleos Mexicanos  
 ONG = Org. no Gubernamentales  
 SE = Secretaría de Energía  
 AMIA = Asociación Mexicana de la Industria Automotriz  
 SCT = Secretaría de Comunicaciones y Transportes

IMP = Instituto Mexicano del Petróleo  
 DDF = Departamento del Distrito Federal  
 Edomex = Gob. del Estado de México  
 SEMARNAP = Secretaría de Medio Ambiente  
 NAFIN = Nacional Financiera  
 Recursos Naturales y Pesca  
 SECOFI = Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
 SHCP = Secretaría de Hacienda y Crédito Público.  
 ANPACT = Asocional. Nacional de Productores. Autobuses, Camiones y Tractocamiones

Costos		NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST
		30,221	223,700	6,801	1,433,331	5,214
Públicos	Privados	Reducción de emisiones (ton/año)	Reducción respecto al sector (%)	Reducción respecto al total (%)		
2,870.8	1,823.6	32.9	40.3	23.5	60.9	27.7
					60.8	1.2



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

4/4 META II

### III. NUEVO ORDEN URBANO Y TRANSPORTE LIMPIO: Regulación del Total de Kilómetros Recorridos por Vehículos Automotores

<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares) <sup>1</sup>		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

<i>Oferta suficiente de transporte público seguro y eficiente</i>
1. Programa de reestructuración del transporte público de superficie: licitación de rutas a empresas formalmente integradas sujetas a una estricta regulación tecnológica y vial en el Distrito Federal.
2. Diseño y concertación del reglamento del transporte público de pasajeros.
3. Diseño y concertación del reglamento para transporte público de carga.
4. Desarrollo de un sistema de transporte público de alta calidad con autobuses ejecutivos destinado a los usuarios del auto privado en rutas adecuadas.
5. Plan Maestro de ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro y continuación de la línea "B" con origen-destino en Buenavista - Ciudad Azteca, Estado de México.
6. Programa de ampliación del tren ligero mediante la construcción de una nueva línea con origen-destino en Constitución de 1917 - Chalco.

• DDF						0.3	381.2	1,765	13,761	NE	54,726	NE
• DDF, Edomex, SCT						0.3	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex, SCT						0.3	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						NA	19.0	3.3	26	NA	107	0.4
• DDF, Edomex						4,883	NA	2,257	17,928	455	73,958	294
• DDF, Edomex						45.9	NA	0.4	2.8	0.1	10	0.04

<sup>1</sup> Las inversiones en esta sección corresponden a medidas consideradas en el "Programa Integral de Transporte y Vialidad en el D.F. (1995-2000) y de los planes del Estado de México en materia de transporte y vialidad.



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

7. Programa de construcción de líneas de trenes eléctricos de alta calidad.
8. Programa de ampliación del sistema de trolebuses con nuevas rutas y unidades adicionales.
9. Programa para el confinamiento de transporte público de gran capacidad con carriles exclusivos en vialidades prioritarias.
10. Programa de modernización de los sistemas de gestión de tránsito metropolitano (señalización, mejoramiento de vialidades, control de tránsito, eliminación de topes y cierre de calles).
11. Nuevo sistema de bases, lanzaderas, cierres de circuito y paraderos de transporte público: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de taxis en bases.</li> <li>• Eliminación de paradas irregulares de autobuses, minibuses y taxis.</li> <li>• Modernización y construcción de nuevos paraderos.</li> </ul>
12. Impulso al uso de la bicicleta estableciendo accesorias para su guarda a bajo precio en terminales del Metro, Edificios Gubernamentales y Centros Comerciales.

• DDF, Edomex						NA	NE	1,624	8,829	317	64,240	205
• DDF						26.5	NA	6.4	50.7	1.3	178	0.8
• DDF, Edomex						37.0	NA	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF, Edomex						NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE <sup>2</sup>
• DDF, Edomex, SCT						0.3	273.5	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF, Edomex						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación



<b>Estrategia/Instrumento</b>
-------------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

<i>Integración de políticas metropolitanas (Transporte, desarrollo urbano y medio ambiente)</i>
13. Ordenamiento ecológico del territorio en la ZMVM y su área de influencia ecológica.
14. Programa de protección de las áreas de conservación ecológica.
15. Desarrollo de instrumentos para redensificar y fomentar el uso mixto del suelo en apoyo a las acciones ambientales correspondientes en la ZMVM.
16. Programa de recuperación del Centro Histórico.
17. Programa de constitución de reservas territoriales para diversos usos y destinos del suelo urbano y no urbano.
18. Programa de reciclaje urbano en zonas deprimidas (Delegaciones centrales).
19. Condicionamiento de la autorización de nuevos desarrollos habitacionales a la estrategia y normatividad señalada por los Programas de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.
20. Condicionamiento de la autorización de nuevos desarrollos habitacionales a la estrategia y normatividad señalada por planes y programas de desarrollo urbano en el Estado de México.

• DDF, Edomex, Semarnap, Universidades						0.5	NA	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF, Edomex, Semarnap						0.25	NA	NA	NE	NE	NA	NE
• DDF, Edomex						2.5	NA	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF						300	NA	NA	NA	NE	NA	NA
• DDF, Edomex						250	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF						500	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• Edomex						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

- 21. Racionalización en la construcción de nuevas vialidades intraurbanas.
- 22. Criterios de integración de planes y programas de desarrollo urbano con infraestructura existente o planeada de transporte público.
- 23. Completar pasos a desnivel del Circuito Interior y avanzar en la construcción de pasos a desnivel del Anillo Periférico.
- 24. Establecimiento de estacionamientos de transferencia en áreas estratégicas.

• DDF, Edomex						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF Edomex						468.5	NA	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF Edomex						NE	127.8	NE	NE	NE	NE	NE

- Incentivos económicos**
- 25. Programa de desarrollo y aplicación de instrumentos económicos urbanos de política ambiental (estacionómetros, tarifas diferenciadas de estacionamientos, obligatoriedad de seguros para automóviles y transferencias al transporte colectivo popular).
  - 26. Sistema de vigilancia vial y sanción a vehículos de empresas de transporte público, de pasajeros y de carga.

• DDF, Edomex						2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

- Inspección y Vigilancia**
27. Incorporación del requisito de verificación en los centros autorizados para que el transporte público de pasajeros y de carga obtengan la aprobación respectiva en el proceso anual de Revista.
28. Sistema de vigilancia del ordenamiento ecológico y de las áreas de conservación ecológica

• DDF, Edomex						NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						4.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA

- Información y educación ambientales y participación social**
29. Reactivación y operación del modelo de simulación fotoquímica IMP/Los Álamos (EGCA).
30. Acelerar estudios sobre partículas suspendidas y visibilidad.
31. Desarrollo y mantenimiento del inventario de emisiones.
32. Programa de medición de la calidad del aire en microambientes y estudios de exposición en grupos de riesgo.
33. Estudios sobre transporte y calidad del aire en la ZMVM.

• IMP, Semarnap, DDF, Edomex, Universidades						5.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• IMP, Semarnap, DDF, Edomex, Universidades						5.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• Semarnap, DDF, Edomex, Universidades						10.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• SSA Semarnap						1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• DDF, Edomex						0.7	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversiones Estimadas (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Pública	Privada	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

34. Auditoría pública a la red de monitoreo Atmosférico.
35. Reforzamiento del sistema de vigilancia epidemiológica.
36. Estudio sobre programa de largo plazo de trenes radiales suburbanos que conecten a la zona metropolitana con algunas ciudades satélites.
37. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas.
38. Programa de divulgación de conceptos sobre la <i>Ciudad Ecológica</i> según la OCDE.

• Universidades Centros de Investigación, ONG, Organismos. Internacionales						1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• SSA						1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• SCT, DDF, Edomex						NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• Universidad ONG, Sector Privado.						0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
• Semarnap, DDF, Edomex						0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Abreviaturas:

NA = No es Aplicable  
 NE = No Estimado  
 UAM = Universidad Autónoma Metropolitana  
 ONG = Org. no Gubernamentales  
 IMP = Instituto Mexicano de Petróleo  
 SCT = Secretaría de Comunicaciones y Transportes

DDF = Departamento del Distrito Federal  
 Edomex = Gob. del Estado de México  
 SEMARNAP = Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca  
 SSA = Secretaría de Salud  
 SHCP = Secretaría de Hacienda y Crédito Público  
 SE = Secretaría de Energía

Inversión Estimada (millones de dólares)		NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST
		5,656	40,598	773	193,219	500
Pública	Privada	6.2	7.3	6.4	8.2	2.7
6,547.15	801.5	4.4	4.0	1.7	8.2	0.1



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

## IV. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA: Abatimiento de la Erosión

Estrategia/Instrumento
------------------------

Responsables	Avance y desarrollo					Inversión Estimada (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Públicos	Privados	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

<i>Integración de políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y ecología)</i>	
1.	Recuperación lacustre en Tláhuac, Texcoco y Zumpango.
2.	Ampliación del programa de recuperación lacustre en Xochimilco.
3.	Programa de pavimentación en colonias populares.
4.	Reforzamiento del programa de recuperación de la Sierra de Guadalupe y de la Sierra de Santa Catarina (BID).
5.	Construir y operar un parque de 100 ha. en los terrenos ocupados por la ex-refinería de Azcapotzalco.
6.	Programa de control y restauración de bancos de extracción y de tiro de materiales de construcción en el Valle de México.
7.	Regulación del transporte de materiales de construcción para evitar su dispersión a la atmósfera.
8.	Estabilización de salitrales de carbonato de sodio en el Lago de Texcoco.
9.	Programa de Reforestación Urbana.
10.	Programa de Reforestación Rural.

• DDF, Edomex CNA						17.6	NA	NA	NA	NA	NA	NE
• DDF						NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
• DDF, Edomex						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
• DDF						1-10	NA	NA	NA	NA	NA	1 - 10
• DDF, Pemex						1.7	NA	NA	NA	NA	NA	NE
• DDF, Edomex						0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NE
• DDF, Edomex						0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NE
• CNA						4.7	NA	NA	NA	NA	NA	NE
• DDF, Edomex						140.7	1 - 4	NA	NA	NA	NA	65,167
• DDF, Edomex						149.6	NA	NA	NA	NA	NA	130,463



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

1/2 META IV

**Estrategia/Instrumento**

Responsables	Avance y desarrollo					Inversión Estimada (millones de dólares)		Impacto esperado año 2000 en toneladas de emisiones				
	1996	1997	1998	1999	2000	Públicos	Privados	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST

**11. Intensificación de los programas de aseo y recolección de basura en vialidades y áreas públicas.**

• DDF, Edomex						NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
---------------	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----

**Información y educación ambientales y participación social**

**12. Mecanismo permanente de evaluación pública e incorporación de nuevas iniciativas.**

• Universidades ONG, Sector Privado.						0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
--------------------------------------	--	--	--	--	--	-----	----	----	----	----	----	----

Abreviaturas:

NA = No Aplicable  
 NE = No Estimado  
 I - X = Integrada a la medida X  
 ONG = Org. no Gubernamentales

DDF = Departamento del Distrito Federal  
 Edomex = Gob. del Estado de México  
 SEMARNAP = Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca  
 PEMEX = Petróleos Mexicanos

CNA = Comisión Nacional del Agua

Inversión Estimada (millones de dólares)		NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST	
Pública	Privada	Reducciones de emisiones (ton/año)	NE	NE	NE	NE	195,630
292.0	NE	Reducción respecto al sector (%)	NE	NE	NE	NE	46
		Reducción respecto al total (%)	NE	NE	NE	NE	43.3

**Cuadro Resumen**

Reduccion total de emisiones debido al programa

Inversión Estimada (millones de dólares)

	Públicos	Privados
Industria	865.20	248.60
Vehículos	2,870.80	1,823.60
Transporte	6,547.20	801.50
Erosión	292.00	NE
Total	10,575.20	2,873.70

(ton/año)	NO <sub>x</sub>	HC	SO <sub>2</sub>	CO	PST
Industria	17,700	252,525	14,460	270	2,220
Vehículos	30,221	223,700	6,801	<sup>1</sup> 433,331	5,214
Transporte	5,656	40,598	773	193,219	500
Erosión	NE	NE	NE	NE	195,630
Total (ton/año)	53,577	516,823	22,034	<sup>1</sup> 626,820	203,564
Total (%)	41.6	50.4	48.5	69.0	45.1



Estudio



Diseño y concertación



Instrumentación

## **XI. PROGRAMA DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES**

La experiencia cotidiana indica que los altos picos de contaminación corresponden casi siempre a concentraciones de ozono acompañadas de partículas en suspensión. En este sentido, aparentemente persiste la creencia de que esos episodios de contaminación fotoquímica están condicionados únicamente al estado de las condiciones climáticas y meteorológicas y que no es posible controlar las emisiones de las fuentes que generan el problema, lo cual no es del todo cierto. Conviene insistir en que existen márgenes de maniobra que pueden y deben ser aprovechados para que el Programa de Contingencias Ambientales (PCA) contribuya eficazmente a salvaguardar la salud de los habitantes de la zona metropolitana.

El objetivo del Programa de Contingencias es evitar la exposición de la población, en especial los niños, ancianos y enfermos, a niveles de contaminación que signifiquen riesgos para su salud. Se considera adecuado que el Programa de Contingencias Ambientales se base en cinco principios fundamentales:

*Prevención:* para que otorgue una oportunidad real de incidir a tiempo en los procesos de formación de ozono, de tal manera que se reduzca considerablemente la probabilidad de llegar a niveles de alto riesgo para la salud.

*Activación automática basada en criterios de salud ambiental:* el nivel de activación automática es de 250 puntos IMECA, sin considerar ni pronóstico meteorológico ni condicionantes que propicien discrecionalidad.

*Correspondencia con el inventario de emisiones:* porque la eficacia del PCA depende críticamente de la lista de participantes, la cual debe incluir a los agentes que contribuyen mayoritariamente a la contaminación atmosférica.

*Consistencia con el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México:* porque ambos programas han sido concebidos como complementarios, dirigidos hacia objetivos comunes y diseñados de tal manera que sus acciones se refuercen permanentemente.

*Claridad en su diseño y sencillez de aplicación:* las reglas de participación deben ser claras y las señales que de ahí se desprendan deberán de ser consistentes y de largo plazo. La sencillez de su aplicación facilita la obtención de mayores niveles de costo-efectividad.

A continuación se presentan de manera esquemática algunas consideraciones sobre los fundamentos del Programa de Contingencias Ambientales, así como las medidas que lo constituyen.

---

**Instrumento de Emergencia**

- El Programa de Contingencias es sólo un instrumento de respuesta rápida ante emergencias ambientales que provoquen un deterioro considerable en la calidad del aire. Es un recurso efectivo con el que cuenta la sociedad metropolitana para prevenir costos y daños mayores a la salud de la población. Estas condiciones atmosféricas desfavorables se relacionan con:
    - inversiones térmicas de baja altura, de gran magnitud y persistencia
    - sistemas de alta presión
    - sistemas anticiclónicos
    - alta radiación solar
  - Como es evidente, el Programa de Contingencias no es algo que resuelva el problema de fondo; esa es una función del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México*.
- 

**El Programa de Contingencias esta basado en la mejor información disponible**

- El nuevo Programa de Contingencias es resultado de un cuidadoso análisis del inventario de emisiones, donde se han identificado las actividades y sectores que tienen la mayor contribución relativa a la generación de precursores de ozono. El programa actúa sobre esos sectores con el objeto de reducir el mayor volumen posible de emisiones, al menor costo y de la manera más efectiva.
  - La aplicación del Programa de Contingencias busca la reducción en las concentraciones de ozono por debajo del umbral de los 250 puntos IMECA. Aunque esto se lograra, si prevalecieran condiciones atmosféricas desfavorables sería necesario mantener la vigencia del programa, de lo contrario al incrementarse nuevamente las emisiones sin una dispersión adecuada, se correría el peligro de sobrepasar nuevamente los 250 puntos IMECA.
  - Desde luego que el Programa de Contingencias tiene un costo para las industrias y para los automovilistas. Sin embargo, este costo es mucho menor que el que tendría que asumir toda la sociedad, especialmente los más desfavorecidos, en términos de daños a la salud, pérdida de horas hombre por enfermedad, gastos de atención médica y riesgos de generación de mayores afecciones en el largo plazo.
- 

**El Programa de Contingencias está siendo revisado para incrementar su eficiencia y efectividad**

- Como instrumento de emergencia el Programa de Contingencias demanda una gran racionalidad para ser efectivo y eficiente. Esto significa que debe lograr reducir el mayor volumen total de emisiones de precursores de ozono al menor costo social posible.
  - Por esta razón, se está desarrollando una nueva normatividad específica para situaciones de contingencia atmosférica, entre lo que se incluye la sustitución del Doble Hoy No Circula.
- 

A continuación se presentan, de manera esquemática, las diversas medidas que componen el programa de Contingencias Ambientales, así como su calendarización planeada.



**Fase I : se activa al llegar a los 250 puntos IMECA**

Sector	Primer Semestre de 1996	A partir del Segundo Semestre de 1996	A partir de 1997
Vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doble Hoy No Circula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Norma de contingencia (emergente) HC y CO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Norma de contingencia HC, CO, NOx</li> </ul>
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción 30%-40% de actividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción 30% -40%</li> <li>Norma de contingencia (emergente) HC y NOx, excepto grandes emisores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Norma de contingencia HC y NOx excepto grandes emisores</li> </ul>
Gasolineras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cierran 20% que no cuenten con equipos de recuperación de vapores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cierran 20% que no cuenten con equipos de recuperación de vapores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cierran 50% que no cuenten con equipos de recuperación de vapores</li> </ul>
Distribución de Gas LP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suspensión de actividades de purgas y desfogues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suspensión de actividades de purgas y desfogues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suspensión de actividades de purgas y desfogues</li> </ul>
Escuelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cese de actividades al aire libre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cese de actividades al aire libre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cese de actividades al aire libre</li> </ul>
Mantenimiento Urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se suspenden actividades de bacheo, pintura, pavimentación y obras que entorpezcan la circulación</li> <li>Se establecen dispositivos de agilización de tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se suspenden actividades de bacheo, pintura, pavimentación y obras que entorpezcan la circulación</li> <li>Se establecen dispositivos de agilización de tránsito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se suspenden actividades de bacheo, pintura, pavimentación y obras que entorpezcan la circulación</li> <li>Se establecen dispositivos de agilización de tránsito</li> </ul>
Vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema especial de inspección y vigilancia en industria y gasolineras</li> <li>Sistema especial de vigilancia vehicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema especial de inspección y vigilancia en industria y gasolineras</li> <li>Sistema especial de vigilancia vehicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema especial de inspección y vigilancia en industria y gasolineras</li> <li>Sistema especial de vigilancia vehicular</li> </ul>
Salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vigilancia epidemiológica</li> <li>Información y prevención en escuelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vigilancia epidemiológica</li> <li>Información y prevención en escuelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vigilancia epidemiológica</li> <li>Información y prevención en escuelas</li> </ul>

**Fase II : se activa al llegar a los 350 puntos IMECA**

- Se mantienen todas las medidas establecidas en la Fase I
- Se decreta asueto general para oficinas públicas, banca y escuelas
- Se exhorta al sector privado a suspender labores

## **XII. EXPLORACIÓN SOBRE LAS DIMENSIONES E IMPLICACIONES DEL RETO DE GESTIÓN DE LA CUENCA ATMOSFÉRICA**

Reducir significativamente los niveles actuales de contaminantes atmosféricos es, como se ha tratado de explicar a lo largo de este documento, no sólo difícil y complejo, sino que requiere de la aceptación generalizada de costos importantes. El diagnóstico de la calidad del aire permite afirmar categóricamente que el problema de la contaminación en la ZMVM es sumamente severo. Asimismo, el inventario de emisiones nos proporciona un punto de partida para visualizar la magnitud y costo del tipo de acciones que serían necesarias para disminuir progresivamente las concentraciones de contaminantes atmosféricos hasta que finalmente se llegue al cumplimiento de las normas de calidad del aire.

Es bien sabido que la relación entre las concentraciones atmosféricas de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles con las concentraciones resultantes de ozono no es lineal; tampoco lo es la relación entre las emisiones en volumen de contaminantes y las concentraciones observadas de ozono. El análisis de la relación existente entre las concentraciones de ozono y las emisiones de precursores se torna aún más complejo por el hecho de que cuando se habla de hidrocarburos (HC) o compuestos orgánicos volátiles (COV), se habla de numerosas sustancias de diversa reactividad y diferentes potenciales de formación de ozono. Asimismo, debe de considerarse que el resultado final depende substancialmente de las condiciones atmosféricas.

Sin embargo, con la finalidad de ilustrar de manera muy esquemática el enorme esfuerzo económico y social que significaría hoy el cumplimiento de la norma de calidad de ozono en la ZMVM, se presenta a continuación una exploración que, partiendo de valores de ozono de alrededor de 250 puntos IMECA, permite visualizar tres escenarios alternativos para cumplir hipotéticamente con la norma.

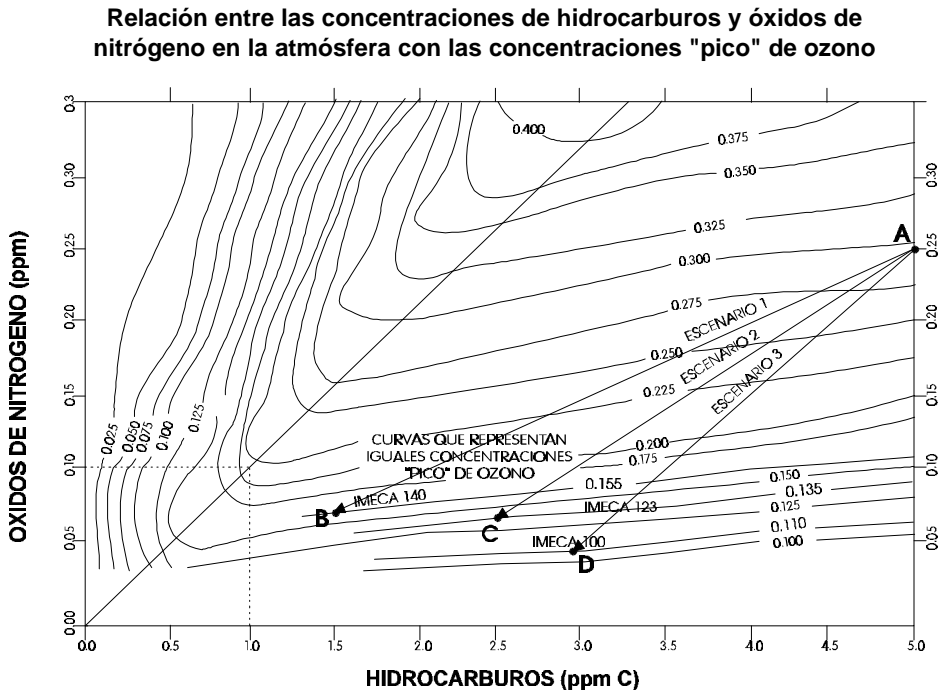
En la siguiente tabla se muestran algunas acciones *totalmente hipotéticas* aplicables a los sectores del transporte, la industria y los servicios, con sus respectivas reducciones porcentuales. Es importante insistir en que la elaboración de este ejercicio obedece a fines meramente ilustrativos, de tal manera que los paquetes de medidas que componen los escenarios siguientes, den una idea de los inmensos costos que significaría cumplir hoy con las normas de calidad del aire. La aplicación de dichos paquetes está evidentemente fuera de lo social y políticamente aceptable.

**Acciones hipotéticas para la reducción de emisiones**

Acción	Reducción en %	
	NOx	HC
<b>Sector transporte</b>		
• Paro total parque vehicular	71	71
• Paro total autos particulares y taxis	39	51
• Paro total transporte de carga	10	6
• Doble hoy no circula en autos particulares, taxis y colectivos	8	10
• Paro total autos particulares	27	35
• Retiro 50% circulación taxis y colectivos y 100% particulares anteriores a 1986	18	23
• Retiro circulación 50% particulares, colectivos y taxis	20	23
• Introducción de convertidores catalíticos en modelos 81-90	8	26
<b>Sector industrial</b>		
• Paro total artes gráficas	0	1
• Suspensión generación de energía eléctrica en termoeléctricas del Valle de México	14	0
• Reducción del 50% en emisiones en industrias generadoras de NOx (ind. química, minerales no metálicos, maderas, alimentos, vestido y del consumo)	5	1
• Reducción permanente del 30-40% de la actividad industrial en el Valle de México	8	1
• Instalación obligatoria de quemadores de bajo NOx	9	0
• Instalación obligatoria de sistemas de reducción catalítica	20	0
<b>Sector servicios</b>		
• Paro total de actividades de lavado y desengrase, consumo de solventes, almacenamiento y distribución de gasolinas, lavado en seco, recubrimiento de superficies arquitectónicas, uso de asfalto	0	18

Los escenarios alternativos se construyeron combinando varias de las acciones anteriores, y partiendo de las siguientes condiciones iniciales: se considera un día con 250 puntos IMECA y una relación HC/NOx de 20, correspondiente a 5 ppm de HC y 0.25 ppm de NOx. Se tomó el valor de 250 puntos IMECA por ser un valor "pico" representativo y porque es el valor de referencia para la aplicación automática de la Fase I del Programa de Contingencias Ambientales.

La situación inicial está representada en la gráfica siguiente por la letra A. Los puntos B, C y D representan los escenarios objetivo, equivalentes a 140, 123 y 100 puntos IMECA respectivamente.



- Escenario B: paro total del parque vehicular en circulación.

Esta medida considera el paro total de los vehículos particulares, colectivos y taxis con la excepción de los destinados a emergencias y seguridad. Con su aplicación se alcanzarían reducciones del 71% tanto en NOx como en HC, lo que permitiría alcanzar concentraciones de ozono de 0.155 ppm, equivalentes a 140 puntos IMECA.

Para alcanzar el valor de la norma actual de 0.11 ppm de ozono, equivalente a 100 puntos IMECA, se requiere de una reducción adicional de 6% en NOx. Esto podría alcanzarse como consecuencia de la propia medida, si se asume que la eliminación de todos esos viajes paralizaría una parte importante de las actividades productivas del Valle de México.

- Escenario C: Paro total de vehículos particulares y taxis, suspensión de la generación de energía eléctrica en las termoeléctricas del Valle de México y la instalación obligatoria de equipos de reducción catalítica en la industria.

La aplicación de este escenario significa una reducción global del 73% de NOx y del 51% de HC, con lo que se llega a un valor de 0.135 ppm de ozono equivalente a 123 puntos IMECA. Las medidas implican que los vehículos particulares y taxis salgan totalmente de la circulación, que el sector industrial invierta en la instalación de sistemas de reducción catalítica, los cuales reducen notablemente las emisiones de NOx, así como la suspensión de las actividades en las dos termoeléctricas del Valle de México, acción esta última factible debido a que en la actualidad gran parte de la energía eléctrica que se consume en el Valle de México es suministrada por un anillo de distribución que recibe su suministro de varias fuentes.

- Escenario D: Paro total de autos particulares y de carga, suspensión de la generación de energía eléctrica en las termoeléctricas del Valle de México, reducciones del 50% en la actividad de las empresas altamente generadoras de NOx y la instalación obligatoria en la industria de equipos de reducción catalítica.

Este escenario permitirá reducciones del 76% de NOx y del 41% de HC, lo que permitiría llegar a un valor de 0.11 ppm de ozono equivalente a 100 puntos IMECA, valor de la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

A diferencia de los otros escenarios, en este se incorporan los vehículos de carga, lo que indudablemente tendría repercusiones económicas importantes, y la reducción del 50% en las actividades de las industrias altamente generadoras de NOx.

## ANEXO

El análisis estadístico de los índices anuales del IMECA entre 1988 y 1995 puede producir, como se podrá constatar en los párrafos subsecuentes, información valiosa y oportuna para el diseño de mejores estrategias de gestión de la calidad del aire.

Un indicador agregado de la calidad del aire es el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). La evolución de este índice en los últimos años muestra un comportamiento ciertamente irregular en donde se observa una modificación en las medias anuales del índice combinado con una alta volatilidad. No obstante ello, existen determinados patrones de comportamiento de la serie que pueden utilizarse para elaborar una política ambiental que eleve la calidad del aire de la ZMVM.

Los resultados obtenidos indican que el IMECA puede descomponerse en una parte sistemática y otra aleatoria. La parte aleatoria puede representarse como una serie estacionaria en torno a la parte sistemática. Asimismo, se observa que la frecuencia de las distribución de ocurrencia de diferentes niveles del IMECA tiende a aproximarse a una normal.

Estos resultados sugieren que una estrategia para mejorar la calidad del aire de la ZMVM está asociada a un desplazamiento de la media del IMECA hacia la izquierda. Ello implica trabajar con la parte más sistemática o estable del proceso generador de información.<sup>1</sup> Asimismo, puede utilizarse la parte sistemática como una línea de base que permita desplazar al conjunto del índice aprovechando que la serie tiende a ser estacionaria en torno a su parte sistemática. Esto conduce entonces a una disminución de la probabilidad de ocurrencia de eventos por encima de la norma de contingencia ambiental. Sin embargo, y atendiendo al carácter estocástico del fenómeno, no deben descartarse la presencia de eventos por encima de la norma y del nivel de contingencia ambiental.

De este modo, la estrategia para mejorar la calidad ambiental de la ZMVM pretende aprovechar los patrones de comportamiento de la serie del IMECA

---

<sup>1</sup> Spanos, A., (1986). *Statistical Foundations of Econometric Modelling*, Cambridge, Cambridge University Press.

sin concentrarse exclusivamente en los casos extremos que muestran un carácter fuertemente aleatorio.

La evolución del IMECA es el resultado de la interacción de un conjunto de factores en donde destacan los precursores de los diferentes contaminantes, en particular del ozono, y la evolución del clima. Parece existir también en la parte sistemática del fenómeno una relación con la evolución económica de la ZMVM y por tanto con el nivel de actividad económica y el acervo y estructura vehicular. Como resultado de esta situación puede observarse en la siguiente gráfica que el índice del IMECA muestra un comportamiento fuertemente irregular entre 1988 y 1995.

El comportamiento del IMECA puede representarse como una serie estocástica en donde se observa que las medias anuales se modificaron a lo largo del período como puede observarse en la siguiente tabla.

**Promedio del IMECA anual (valores máximos)**

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
1988	160.95	46.97
1989	141.22	35.27
1990	170.97	50.27
1991	191.77	53.48
1992	180.55	59.32
1993	164.30	49.88
1994	173.06	40.62
1995	170.04	46.72
1996	194.29	47.39

Nota: 1996 incluye sólo los primeros 24 días del mes de enero.

En conjunto estas medias siguen un comportamiento cíclico alcanzando los puntos más altos en 1991 y 1992 y con los registros más bajos entre 1988 y 1989 y 1992 y 1993. Este comportamiento cíclico del índice IMECA se observa en la tabla siguiente, en donde seleccionando los períodos de acuerdo a la gráfica anterior se observa que la media del índice entre 1988 y 1989 fue de 155 mientras que de 1989 a 1992 se elevó a 174 y de 1992 a 1996 se redujo nuevamente a 170.

**Medias del IMECA**

Periodo	Promedio	Desviación estándar
1988-30jun89	155.96	43.18
30jun89-1may92	174.38	55.32
1may92-ene1996	170.81	47.84

El conjunto de estos resultados expresan la complejidad de este problema ambiental. La evolución del IMECA responde a la interacción de un conjunto de factores en donde destacan los precursores de ozono y otros contaminantes, los cambios meteorológicos e incluso factores estacionales.

Este conjunto de elementos produce una serie altamente irregular que puede aproximarse por una serie estocástica fuertemente autoregresiva en donde se observa un componente sistemático y una parte aleatoria importante. Esto se refleja por ejemplo en las pruebas Dickey Fuller y Dickey Fuller Aumentada<sup>2</sup>.

En efecto, las pruebas de Dickey Fuller (DF) y Dickey Fuller Aumentada (DFA)<sup>3</sup> para detectar la presencia de raíces unitarias proporcionan evidencia que sugiere que el IMECA contiene una parte sistemática asociada a una media sobre la cual se observa un componente estacionario fuertemente aleatorio.

Las series del IMECA muestran un comportamiento muy parecido al de una serie estacionaria como lo muestran las pruebas de Dickey Fuller resumidas en la siguiente tabla.

<sup>2</sup> Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J. y Hendry, D. F., (1993). *Cointegration, Error-Correction, and the Econometric Analysis of Non-Stationary Data*, New York: Oxford University Press.

<sup>3</sup> Harvey, Andrew, C (1993). *Time Series Models*, London: Harvester Wheatsheaf.

Dickey, D. A. y W. A. Fuller, (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, vol. 49, pp. 1057-1072.



### Pruebas Dickey Fuller

Año	Sin constante o tendencia	Con constante	Con constante y tendencia
1988	-2.56*	-10.36**	-10.35**
1989	-2.695**	-12.88**	-12.98**
1990	-2.846**	-12.27**	-12.22**
1991	-2.764**	-12.40**	-12.42**
1992	-2.975**	-11.67**	-11.62**
1993	-3.347**	-14.27**	-14.19**
1994	-2.629**	-14.57**	-14.63**
1995	-2.996**	-13.29**	-14.63**
1988-1995	-8.243**	-33.77**	-34.02**

Nota: \* rechazo al 5% de confianza.

\*\* rechazo al 1% de confianza.

En efecto estas pruebas sugieren que las series anuales para todo el período corresponden a un proceso estacionario (orden de integración  $I(0)$ ). Sin embargo estas pruebas deben de tomarse con precaución como consecuencia de la evidencia de correlación en los residuales<sup>4</sup>. El resultado de estas pruebas expresa entonces el carácter autorregresivo y la alta volatilidad de las series en torno a un valor.

Las pruebas de Dickey Fuller Aumentadas incluyendo catorce rezagos para eliminar la autocorrelación proporcionan evidencia más concreta sobre el comportamiento de las series.

### Pruebas Dickey Fuller Aumentada

Año	Sin constante o tendencia	Con constante	Con constante y tendencia
1988	-0.604	-4.952**	-4.589**
1989	-0.670	-4.406**	-4.418**
1990	-0.055	-3.390*	-3.383
1991	-0.595	-3.833*	-3.812*
1992	-0.077	-2.712	-2.686
1993	-0.566	-3.128*	-3.108
1994	-0.716	-4.879**	-4.904**
1995	-0.929	-3.229**	-3.828*
1988-1995	-2.032*	-9.059*	-9.264**

Nota: Las series incluyen catorce rezagos.

<sup>4</sup> Cuthbertson, K., S. G. Hall y M. P. Taylor, (1992). *Applied Econometric Techniques*, London: Harvester Wheatsheaf.

En efecto, la prueba de Dickey Fuller Aumentada con constante indica que las series anuales, con la excepción de 1992, son estacionarias con respecto a una media<sup>5</sup>. Las pruebas de Dickey Fuller Aumentadas sin constante y con constante y tendencia confirman este resultado. En efecto, la prueba DFA sin constante indica que la serie es no estacionaria mientras que la prueba incluyendo constante y tendencia sugiere que las series son estacionarias. Los estadísticos de prueba de la DFA con constante y tendencia son muy similares a aquellos obtenidos con la constante únicamente. Ello sugiere que la inclusión de la constante es lo que genera que las series sean estacionarias. Debe sin embargo, considerarse que el uso de las pruebas Dickey Fuller Aumentadas con constante y tendencia alteran los límites de las distribuciones<sup>6</sup>.

El conjunto de estos resultados sugiere entonces que la media del IMECA se modificó a lo largo del tiempo y que simultáneamente se observó un comportamiento estacionario alrededor de esta media. La alta volatilidad de la serie sugiere también la presencia de cierta estacionalidad en el fenómeno que disminuye la potencia de las pruebas<sup>7</sup>.

La gráfica siguiente muestra la frecuencia de ocurrencia del IMECA para cada año del período considerado.

En efecto, la forma de la gráfica sugiere que las distribuciones de frecuencias, para cada año y para todo el período, se aproximan a una normal en particular cuando se excluyen las colas del fenómeno. Esto es, la prueba de normalidad de Jarque-Bera, resumida en la tabla que aparece a continuación, rechaza la hipótesis nula para cada año del período. Sin embargo, excluyendo algunos de los datos extremos no se rechaza esta hipótesis. Esto es consistente con el argumento de que las variaciones extremas de corto plazo no están correlacionadas en el tiempo y que pueden posiblemente ser aproximadas por una distribución de Poisson<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J. y Hendry, D. F., (1993). *Cointegration, Error-Correction, and the Econometric Analysis of Non-Stationary Data*, New York: Oxford University Press.  
Banerjee A. y Hendry, D. F., (1992). "Testing Integration and Cointegration: An Overview", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 54, pp. 225-256.  
Schmidt, P. y P.C. B. Phillips (1992), "LM Test for a Unit Root in the Presence of Deterministic Tendency", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 54, pp. 257-288.

<sup>6</sup> Banerjee A. y Hendry, D. F., (1992). *Ibid.*  
Schmidt, P. y P. C. B. Phillips (1992). *Ibid.*

<sup>7</sup> Rao, S. T. and I. G. Zurbenko, P. S. Porter y J. Y. Ku y R. F. Hendry (1996). *Dealing with the Ozone Non-Attainment Problem in the Eastern United States*, pp 17-31.  
Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J. y Hendry, D.F., (1993), *Ibid.*

<sup>8</sup> Rao, S. T. and I. G. Zurbenko, P. S. Porter y J. Y. Ku y R. F. Hendry (1996). *Dealing with the Ozone Non-Attainment Problem in the Eastern United States*, pp 17-31.



### Pruebas de normalidad de Jarque-Bera

Año	Normalidad de Jarque-Bera	Todo el intervalo	Normalidad de Jarque-Bera	Intervalos
1988	16.28*	1-33	5.69	4-28
1989	35.68*	1-33	5.46	4-21
1990	11.77*	1-33	5.35	4-30
1991	5.53*	1-33	5.53	1-33
1992	8.971*	1-33	5.74	2-31
1993	13.03*	1-33	5.32	4-28
1994	22.47*	1-33	5.52	4-23
1995	16.96*	1-33	5.60	4-25

Notas: \* rechazo al 5% de confianza.

Recapitulando, se concluye que la serie del IMECA muestra una alta volatilidad como resultado del complejo conjunto de factores que la afectan. Sin embargo, su evolución parece corresponder a un proceso estocástico en donde puede distinguirse una parte sistemática y otra aleatoria. En general puede argumentarse que la parte sistemática corresponde a una media que ha tendido a modificarse a lo largo del tiempo sobre la cual se superponen las variaciones estacionarias.

Una estrategia para elevar la calidad del aire de la ZMVM debe entonces de considerar las características de esta serie. Esto es, el propósito fundamental es reducir la media de la distribución hacia la izquierda de tal forma que la frecuencia de incumplimiento de las normas establecidas se reduzca. Esta estrategia resulta factible atendiendo a las variaciones que ha sufrido la media del IMECA a lo largo de estos años. Más aún, atendiendo a que la variación del índice tiende a ser estacionaria en torno a la media, ello implica que el conjunto de ocurrencia de los eventos tenderá a desplazarse a la izquierda. De este modo, la media del índice puede utilizarse como una línea base para disminuir uniformemente la frecuencia de las distribuciones.

Este desplazamiento de la media implica entonces una disminución de la ocurrencia de eventos por encima del nivel de contingencia gracias a la forma de la distribución de ocurrencia de estos eventos. A ello deben sumarse los efectos positivos para la disminución de la frecuencia de ocurrencia del evento que ocasiona la instrumentación del plan de contingencia ambiental al momento que el índice excede determinado nivel.