

**PROGRAMA  
INTEGRAL CONTRA  
LA CONTAMINACION  
ATMOSFERICA**

*Un Compromiso Común*



**CIUDAD DE MÉXICO**



***PROGRAMA INTEGRAL CONTRA  
LA CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA DE LA ZONA  
METROPOLITANA DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO***

***Octubre de 1990***





## CONTENIDO

### INTRODUCCION

#### 1. ESTADO QUE GUARDA LA CONTAMINACION DEL AIRE

##### 1.1 CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA

Principales contaminantes

Ubicación y condiciones meteorológicas del Valle

Efectos de la contaminación

##### 1.2 INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

##### 1.3 PROCESOS URBANOS Y EMISIÓN DE CONTAMINANTES

Industria

Establecimientos de servicios

Generación de energía eléctrica

Producción, almacenamiento y distribución de combustibles

Transporte

Uso del suelo

##### 1.4 INVENTARIO DE EMISIONES

#### 2. ESTRATEGIA INTEGRAL Y COMPROMISOS CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

##### 2.1 ESTRATEGIA

##### 2.2 COMPROMISOS

Industria Petrolera

Transporte

Industria y Servicios

Termoeléctricas

Reforestación y Restauración Ecológica

Investigación, Educación Ecológica y Comunicación Social

#### 3. INSTRUMENTACION DEL PROGRAMA

##### 3.1 METAS

##### 3.2 MEDIDAS

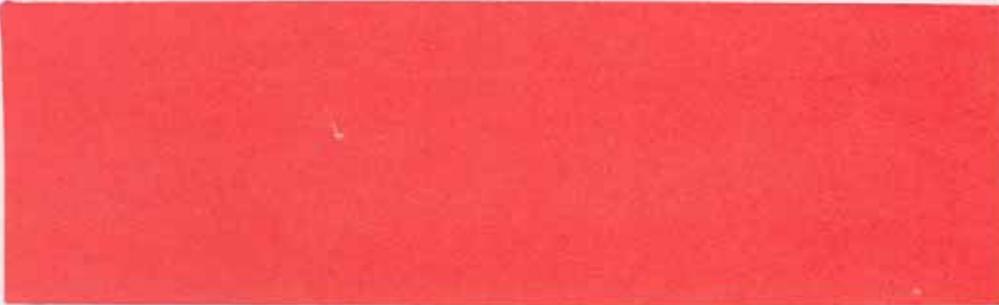
##### 3.3 FINANCIAMIENTO





---

# INTRODUCCION



La contaminación del aire en la Ciudad de México ha aumentado con el crecimiento mismo de la ciudad, con el de su población, los empleos generados en la industria y los movimientos y traslados de sus habitantes. El principal factor que explica la emisión de contaminantes en la Ciudad es el consumo de energía. Por tanto, se necesita considerar la evolución económica de la Ciudad y sus perspectivas y, al mismo tiempo, las relaciones tecnológicas entre bienestar y consumo de energéticos.

La contaminación del aire en la Ciudad, debido al polvo de las tolveneras y otras partículas suspendidas en el aire, es un fenómeno antiguo. Sin embargo, el problema de contaminación tal como hoy lo conocemos, se originó con el crecimiento de la industria, el transporte y la población, hace aproximadamente 50 años.

El nivel de bienestar que se ha alcanzado en la Ciudad de México, implica un uso de energéticos que necesariamente afecta la calidad natural del aire en el Valle. Sin embargo, las tendencias en el crecimiento de la contaminación son tan aceleradas, que la Ciudad necesita actuar con la mayor rapidez en dos frentes: la transformación del sustento económico de la Ciudad, a partir de actividades no contaminantes que sustituyan a las antiguas industrias de acuerdo con una estrategia integral, que frene las tendencias de crecimiento de la contaminación por la vía de la incorporación de las mejores tecnologías; y, por el otro, mejores combustibles, controles de emisiones y protección de las zonas boscosas.

El ritmo de crecimiento de la contaminación ha sido vertiginoso. La tendencia durante la última década ha sido tal que en los próximos doce años se podría duplicar el volumen de contaminación global. Pensar que entre 1988 y el año 2000 podrían duplicarse nuevamente las emisiones contaminantes, exige considerar las muy graves consecuencias que esto tendría para los habitantes de la Ciudad de México.



---

En su discurso de toma de posesión en diciembre de 1988, el Lic. Carlos Salinas de Gortari expresó: "... doy instrucciones precisas, urgentes y enérgicas al Jefe del Departamento del Distrito Federal para que actúe de inmediato con acciones eficaces alentando la participación de la comunidad para abatir la contaminación".

En respuesta a esta instrucción se procedió a formular un Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México fue elaborado por el Secretariado Técnico Intergubernamental constituido con la participación de las Secretarías de Desarrollo Urbano y Ecología, de Hacienda y Crédito Público, de Programación y Presupuesto, de Comercio y Fomento Industrial, de Comunicaciones y Transportes, de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud, el Departamento del Distrito Federal, el Gobierno del Estado de México y los Gobiernos Municipales de la zona conurbada, Petróleos Mexicanos, la Comisión Federal de Electricidad y el Instituto Mexicano del Petróleo. Cada una de las dependencias participantes integró un equipo de trabajo y se incorporaron a ellos científicos nacionales y especialistas de los organismos del medio ambiente de Japón, Alemania, Inglaterra, Francia, Canadá y Estados Unidos de América.

El Secretariado Técnico Intergubernamental analizó los avances científicos y tecnológicos en la materia, tanto nacionales como internacionales. El Programa ha recogido las opiniones de los ciudadanos, de los grupos ecologistas, de la Asamblea de Representantes del Distrito Federal y del Congreso de la Unión.

A partir de la evaluación de las tendencias de la contaminación del aire y del estudio de los proyectos para reducir la tasa de su crecimiento, cada equipo de trabajo estudió las opciones existentes dentro de un marco analítico estricto de riesgos para la salud, costo/beneficio ambiental, posibilidad técnica y viabilidad financiera.

Las acciones que se emprenderán no lograrán que la Ciudad recupere la calidad de aire que conoció hace medio siglo. Ningún programa, ninguna acción humana, podría lograrlo, puesto que en el Valle de México, en vez de un millón y medio de habitantes, hoy habitan 15 millones y en vez de ser un país agrícola y minero, los empleos y los ingresos actuales de la población se sostienen en la industria, el transporte y los servicios.

El Programa Integral demandará un esfuerzo mayor, por parte del Gobierno y de la sociedad, para hacer frente al problema. Se trata de un programa de mediano plazo: el Programa para la década de los años noventa. Los proyectos que incluye estarán concluidos en un plazo de entre uno y cinco años.

Este programa exige de un esfuerzo estratégico, común, sostenido durante décadas, cuyos resultados se logren con la contribución de todos, al que nadie sea ajeno.



---

Es necesario tener conciencia de la magnitud del problema, del riesgo y de sus proyecciones, pues de otra manera se podría cometer el grave error de pensar que una sola acción, ejecutada durante un breve tiempo o por un sólo sector de la sociedad, podría resolver los problemas. Como es sabido, las decisiones precipitadas sólo debilitarían la estrategia global y las dilaciones en el cumplimiento de la responsabilidad echarían por la borda el esfuerzo de los demás. Sólo a partir de un análisis objetivo, científico, que evalúe permanentemente los resultados e incorpore las innovaciones tecnológicas, se logrará mantener ese esfuerzo.

Frenar el crecimiento de la contaminación será una hazaña social y pública. No existe, en este momento, ninguna otra ciudad en vías de desarrollo que esté realizando un esfuerzo de esta magnitud. Incluso pocas ciudades de países desarrollados han comprometido acciones en proporciones equivalentes. Sin embargo, nuestro referente no es hacer más que otros, sino hacer lo que sea necesario por frenar realmente la contaminación.





---

# ESTADO QUE GUARDA LA CONTAMINACION DEL AIRE



# 1

En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México habita más de la quinta parte de la población nacional, se genera el 36% del PIB del país y se consume el 17% de la energía producida (Gráfica 1).

La población registrada en el censo de 1990 para la ZMCM es de 14 millones 987 mil habitantes. El 55% vive en el Distrito Federal y el 45% en los municipios conurbados del Estado de México (Gráfica 2)

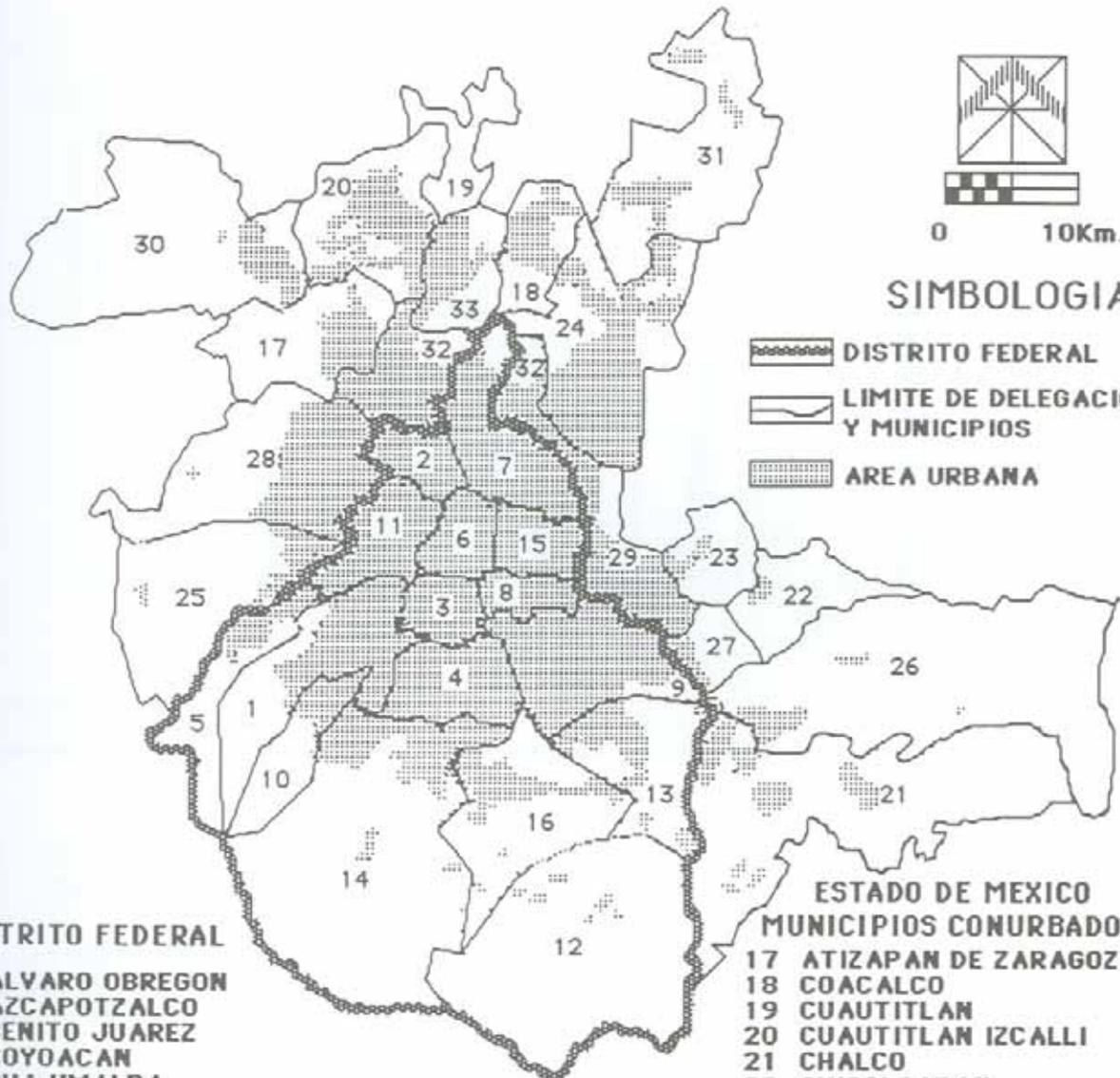
Las proyecciones indican que la población continuará su crecimiento con una tasa anual de 1.4%, llegando a más de 20 millones de habitantes para el año 2010. La población del Estado de México crecerá más rápido y con un nivel inicial de infraestructura y servicios menor al del Distrito Federal.

La extensión de la mancha urbana obliga a sus pobladores a transportarse grandes distancias para cumplir con sus actividades cotidianas. Se estima que diariamente se realizan 29.5 millones de viajes, los cuales se hacen en 2 millones 372 mil autos privados, 56 mil 500 taxis, 69 mil 560 combis y microbuses, 10 mil 950 autobuses urbanos, 8 líneas del METRO con 2205 vagones, una línea de tren ligero y 450 trolebuses.

Existen más de 30 mil industrias y 12 mil establecimientos de servicio. Entre las industrias del Valle, 250 manejan residuos peligrosos y 4 mil poseen procesos de combustión o de transformación con emisiones significativas al aire.

La intensidad del uso del suelo y la enorme cantidad de actividades que se realizan en la ZMCM y sus alrededores, mantienen una tendencia creciente de emisión de contaminantes a la atmósfera que deterioran la calidad del aire y los ecosistemas que componen el Valle de México y ponen en riesgo la salud de sus habitantes.

GRAFICA 1. ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO



**SIMBOLOGIA**

-  DISTRITO FEDERAL
-  LIMITE DE DELEGACIONES Y MUNICIPIOS
-  AREA URBANA

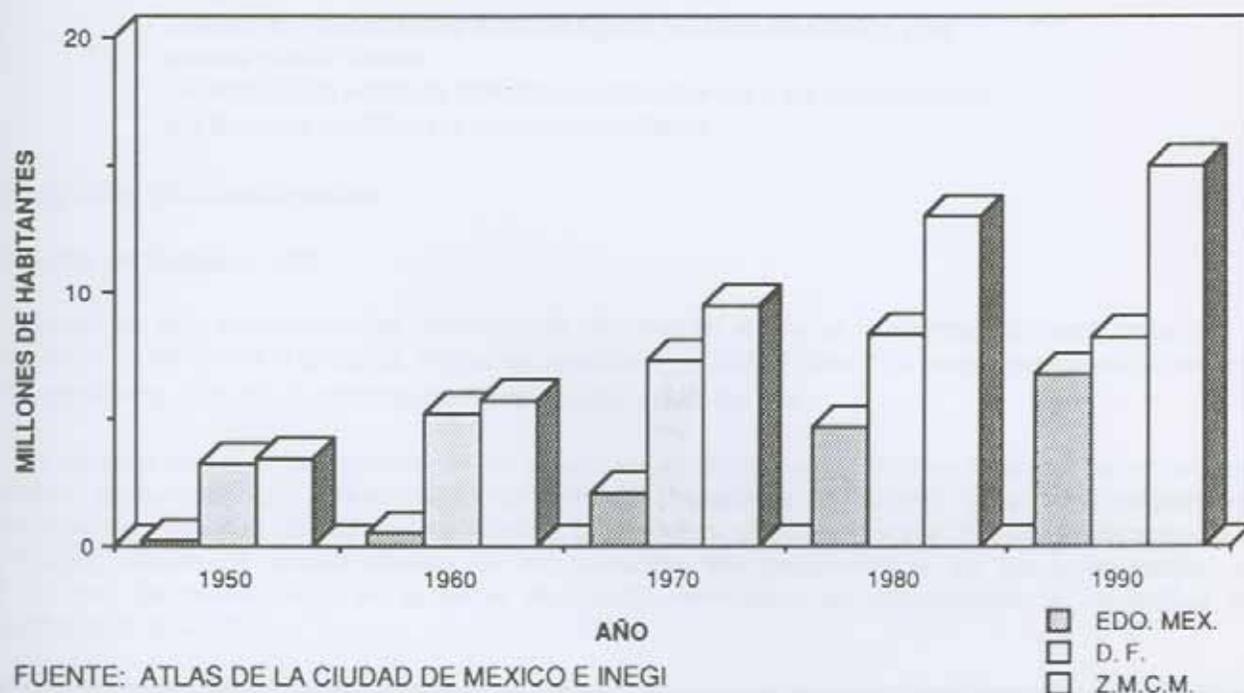
**DISTRITO FEDERAL**

- 1 ALVARO OBREGON
- 2 AZCAPOTZALCO
- 3 BENITO JUAREZ
- 4 COYOACAN
- 5 CUAJIMALPA
- 6 CUAUHTEMOC
- 7 GUSTAVO A. MADERO
- 8 IZTACALCO
- 9 IZTAPALAPA
- 10 MAGDALENA CONTRERAS
- 11 MIGUEL HIDALGO
- 12 MILPA ALTA
- 13 TLAHUAC
- 14 TLALPAN
- 15 VENUSTIANO CARRANZA
- 16 XOCHIMILCO

**ESTADO DE MEXICO  
MUNICIPIOS CONURBADOS**

- 17 ATIZAPAN DE ZARAGOZA
- 18 COACALCO
- 19 CUAUTITLAN
- 20 CUAUTITLAN IZCALLI
- 21 CHALCO
- 22 CHICOLOAPAN
- 23 CHIMALHUACAN
- 24 ECATEPEC
- 25 HUIXQUILUCAN
- 26 IXTAPALUCA
- 27 LA PAZ
- 28 NAUCALPAN DE JUAREZ
- 29 NETZAHUALCOYOTL
- 30 NICOLAS ROMERO
- 31 TECAMAC
- 32 TLALNEPANTLA
- 33 TULTITLAN

**GRAFICA 2. POBLACION DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO**



### 1.1 CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

La calidad del aire en la Ciudad no puede ser explicada exclusivamente mediante una relación simple de causa-efecto (cantidad de contaminantes emitidos-niveles de contaminación en la atmósfera). Se trata de un fenómeno complejo que depende, principalmente, de las siguientes variables.

#### Vinculadas con la actividad social, económica y urbana

- Volumen de combustibles consumidos
- Calidad y tipo de combustibles empleados
- Tipo, estado y operación de los equipos de combustión y de los procesos industriales prevalecientes
- Existencia y operación de tecnologías de control de combustión y de emisiones, tanto en vehículos como en plantas industriales y de servicio
- Estado de la cubierta vegetal, la textura y composición de los suelos en zonas suburbanas y no urbanas que rodean a la ciudad

### Vinculadas con las características naturales

- Ubicación y condiciones meteorológicas del Valle de México y las sierras que lo rodean
- La interacción entre los diferentes contaminantes y los componentes del aire que modifican la química atmosférica.

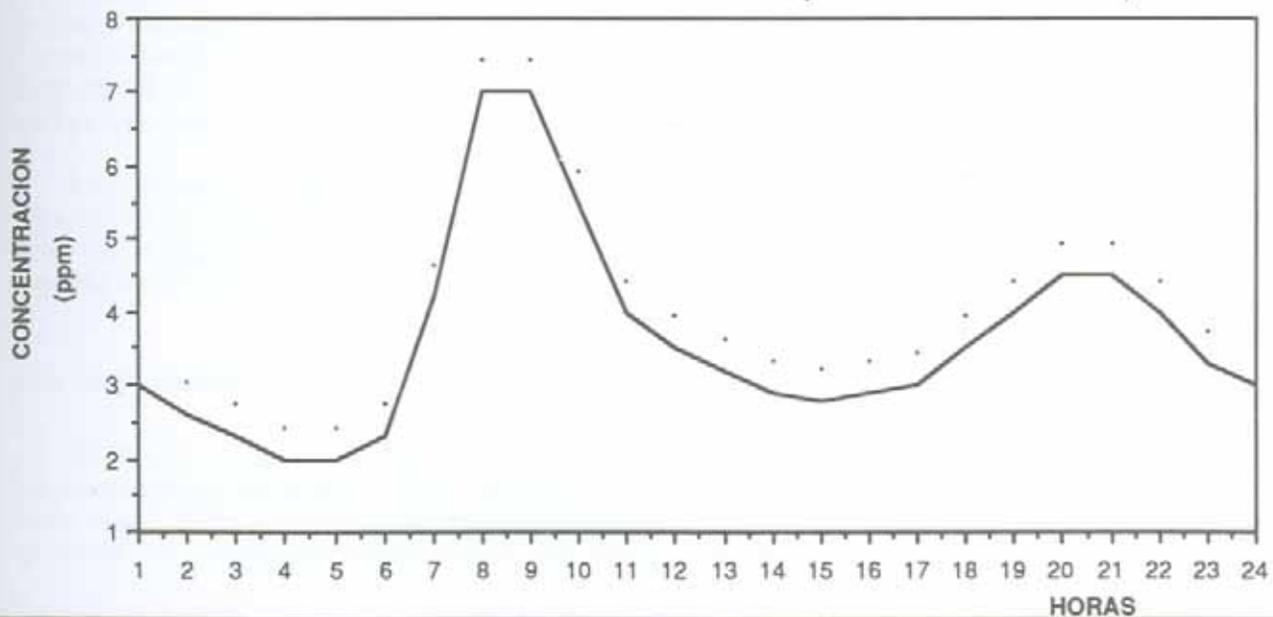
### Principales Contaminantes

#### Monóxido de Carbono, CO

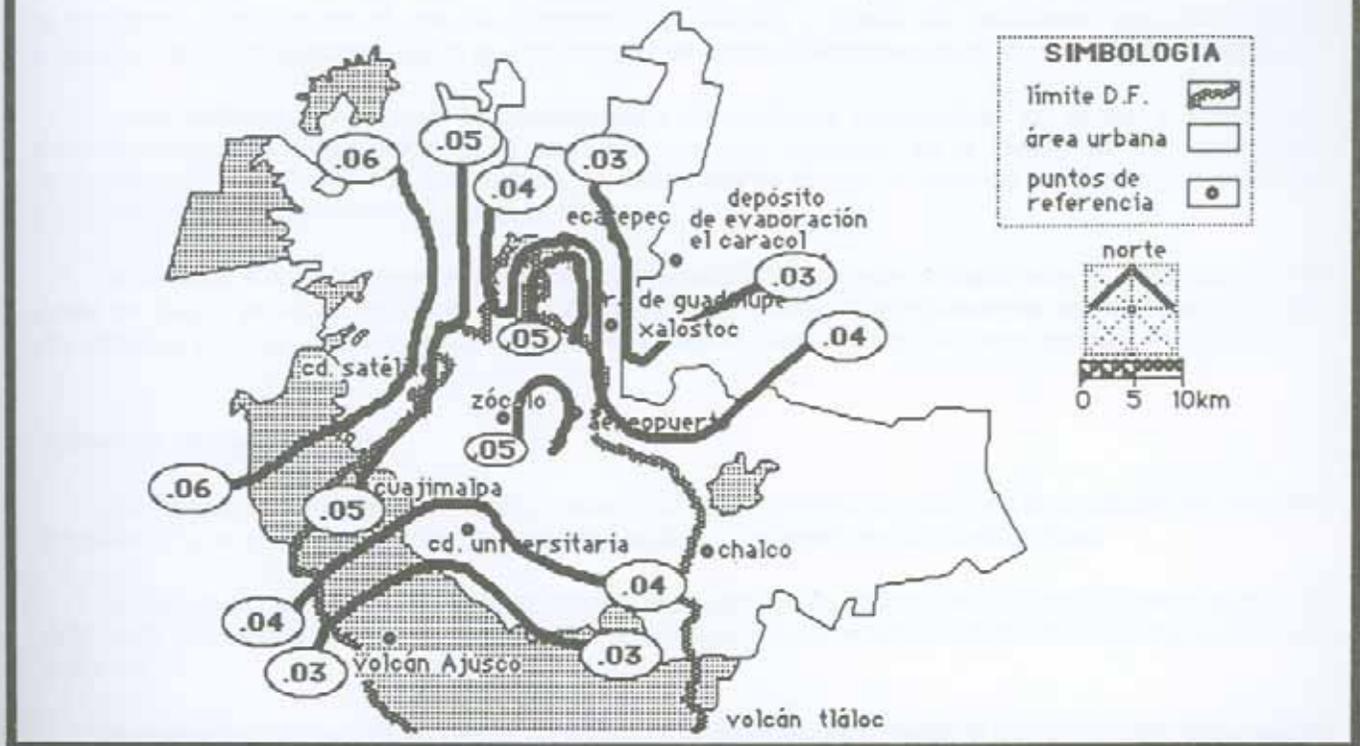
El origen más importante del monóxido de carbono en el aire es la combustión incompleta que se efectúa en los vehículos a gasolina, lo cual se agudiza en la ZMCM debido al menor contenido de oxígeno en su atmósfera, (+23 %) comparado con el que existe a nivel del mar.

Su emisión depende principalmente del estado de afinación de los motores y, en un futuro próximo, también de la cobertura y buen funcionamiento de dispositivos de control, como los convertidores catalíticos. La magnitud de CO que se arroja a la atmósfera está determinada fundamentalmente por la tecnología, estado de funcionamiento de los vehículos, las características de los combustibles, las condiciones del sistema vial, los patrones de tránsito vehicular y las modalidades de transporte que prevalecen en la Ciudad.

**GRAFICA 3. COMPORTAMIENTO DIARIO DEL MONOXIDO DE CARBONO  
PROMEDIOS HORARIOS 1987 (ESTACION MERCED)**



**GRAFICA 4. DISTRIBUCION SOBRE LA ZMCM DE LAS CONCENTRACIONES DE BIOXIDO DE AZUFRE (PROMEDIO ARITMETICO 1989)**



A lo largo del día, las concentraciones de CO en la ZMCM varían en forma directamente proporcional a las fluctuaciones del tránsito. De esta manera, las concentraciones máximas corresponden a los períodos de mayor circulación. En la **Gráfica 3** se muestra el comportamiento diario de CO en la estación Merced, donde se observa que las concentraciones pico ocurren aproximadamente a las 8 de la mañana y poco después de las 8 de la noche. Este comportamiento es semejante en el resto de la ciudad, aunque los valores máximos y las horas pico pueden variar según las características de cada sitio.

Los niveles de contaminación por CO a lo largo de la semana presentan una tendencia ligeramente ascendente de lunes a viernes, pero decrecen significativamente el fin de semana, principalmente el domingo. El mayor impacto de las emisiones de CO se presenta en la cercanía de ejes de circulación con altos flujos vehiculares.

#### **Dióxido de Azufre, SO<sub>2</sub>**

El dióxido de azufre proviene principalmente de la quema de combustibles que contienen azufre, principalmente combustóleo y diesel, además de producirse en los procesos de refinación del petróleo. Entre 1986 y 1989, en virtud de las medidas adoptadas, el criterio de evaluación de la calidad del aire sólo se excedió en un máximo de 35 días en un año, dentro de la ZMCM.



---

Sin embargo, la importancia del  $\text{SO}_2$  como contaminante va más allá de su concentración como tal en la atmósfera. Una vez en el aire, se transforma en sulfatos a través de reacciones que involucran la formación de ácido sulfúrico, por lo que contribuye en forma importante a la producción de lluvia ácida.

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

La **Gráfica 4** muestra que las concentraciones más altas de este contaminante se presentan en las áreas de mayor actividad industrial, como Xalostoc, y de tránsito (principalmente de vehículos a diesel), identificadas en el cuadrante noreste y centro de la Ciudad, disminuyendo en forma gradual hacia el sur.

### **Oxidos de Nitrógeno, $\text{NO}_x$**

Los óxidos de nitrógeno se forman durante la combustión como producto de la oxidación de nitrógeno atmosférico y, en un menor grado, del nitrógeno orgánico contenido en los combustibles.

La frecuencia con que se rebasó el criterio de evaluación de dióxido de nitrógeno durante el período 1986-1989, no excede en toda la ciudad el 5% de los días, incluso en las zonas de alta actividad industrial o vehicular.

Sin embargo, los óxidos de nitrógeno tienen otras implicaciones desde el punto de vista de la calidad del aire. En primer lugar, son los precursores básicos del ozono, el cual representa uno de los más serios problemas de contaminación en la ZMCM. Por otra parte, pueden oxidarse en la atmósfera dando lugar a la formación de ácidos, y finalmente de sales de nitrato que, al igual que los sulfatos, son partículas que intervienen en la disminución de la visibilidad.

### **Ozono, $\text{O}_3$**

El ozono es un contaminante que no se emite directamente, sino que se forma a partir de reacciones muy complejas en las que participan los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, en presencia de luz solar.

En la **Gráfica 5**, se compara el comportamiento diario del ozono y su relación con los óxidos de nitrógeno. Puede notarse que durante la noche las concentraciones de ozono son mínimas y que solamente comienzan a elevarse a medida que la radiación solar desencadena las reacciones fotoquímicas que lo originan. De esta manera, los niveles de ozono alcanzan un valor máximo poco después del mediodía y a partir de ese momento vuelven a disminuir en la medida en que decrece la radiación solar.

Como se muestra en la **Gráfica 6**, el ozono representa un problema de calidad del aire en toda la ciudad, pero existen áreas con mayor grado de afectación. Durante el período de 1987 a 1989 el mayor número de excedencias al criterio de ozono se presentó en la zona suroeste (254 días). En la misma zona,

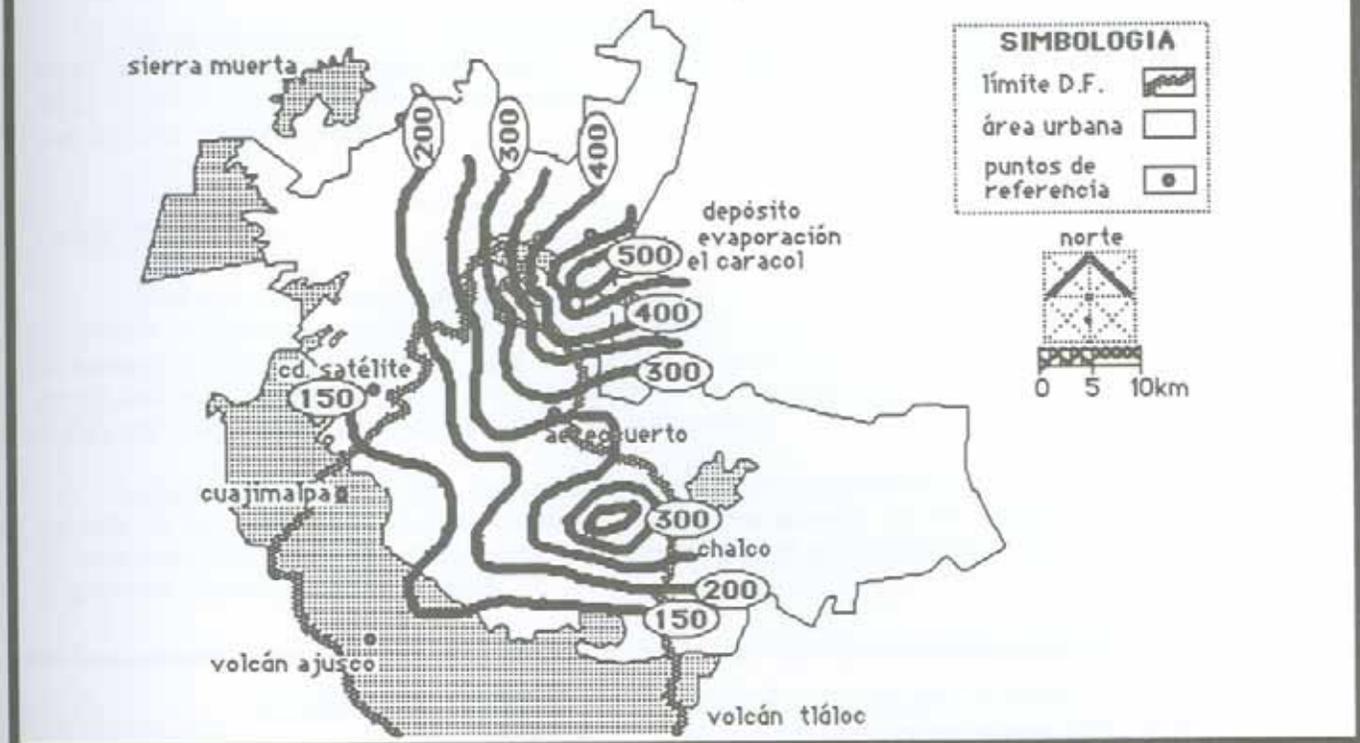
**GRAFICA 5. COMPORTAMIENTO DIARIO DEL OZONO Y LOS OXIDOS DE NITROGENO EN LA Z.M.C.M.**



**GRAFICA 6. FRECUENCIA DE EXCEDENCIAS AL CRITERIO DE EVALUACION DE OZONO (1987 - 1989)**



**GRAFICA 7. DISTRIBUCION DE CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PROMEDIO GEOMETRICO ANUAL 1988)**



durante el mismo período, el criterio se rebasó en un promedio de casi 4 horas por día, lo cual incrementa los riesgos asociados a este contaminante.

#### Partículas Suspendidas Totales, PST

En la atmósfera de la ZMCM se encuentran presentes en suspensión, partículas de muy diversa composición y tamaño. Entre éstas se incluyen las llamadas partículas naturales (integradas por suelos, partículas de origen biológico y basuras), las partículas que provienen de los procesos de combustión, y las que se forman en la atmósfera como resultado de la transformación de otros contaminantes, entre los que pueden encontrarse los nitratos y los sulfatos,

En la **Gráfica 7** se observa que en 1988 las zonas más contaminadas por PST se encontraron en el lado noreste de la ciudad. El mayor número de ocasiones en que se rebasó al criterio de evaluación de la calidad del aire ocurrió durante 1987, en el cuadrante noreste, con un máximo de 75 días.

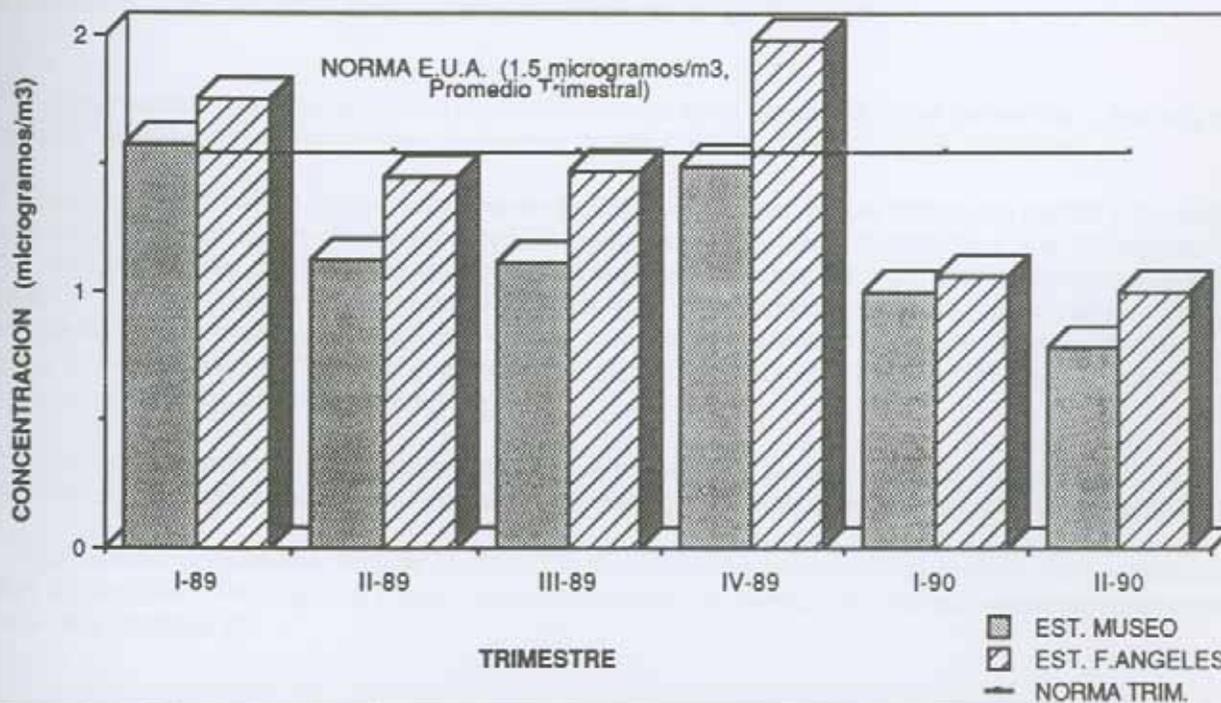
Es necesario aclarar que las partículas que representan el mayor impacto sobre la salud, e incluso sobre la visibilidad, son aquellas que tienen un tamaño inferior a 10 micrómetros; a éstas se les conoce como PM10. En la ZMCM, el contenido de PM10 puede representar entre el 40 y el 60% de las partículas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

### Plomo, Pb

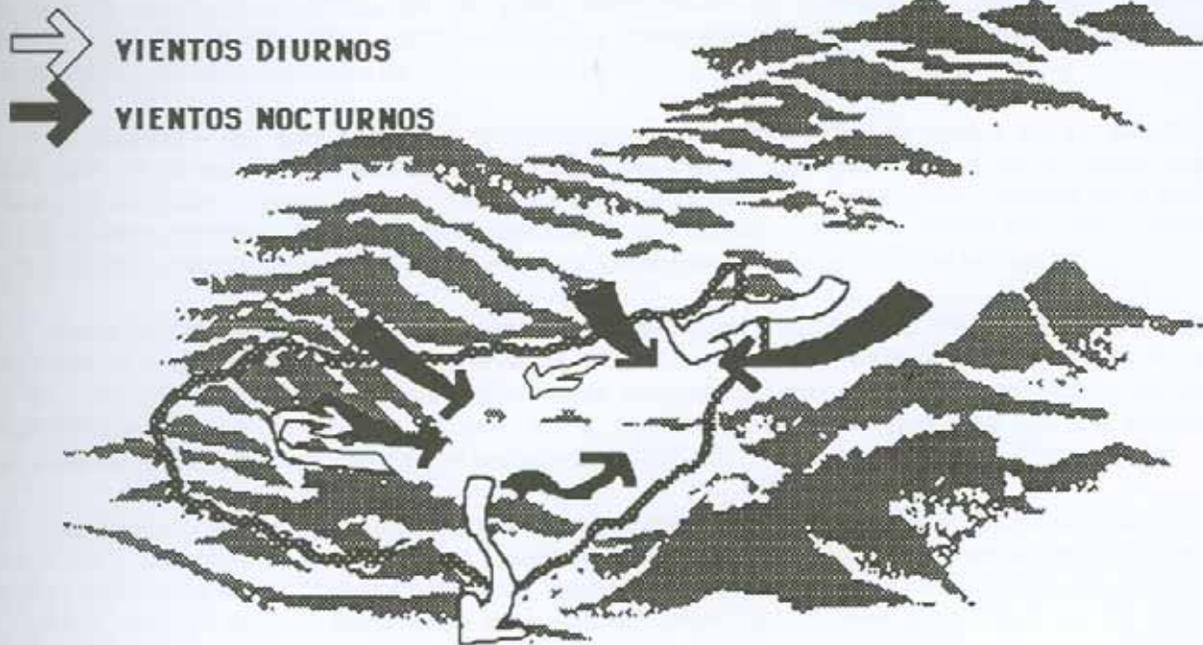
En el aire, el plomo es uno de los constituyentes de las partículas suspendidas. Su principal fuente de emisión son los automóviles, debido al uso de gasolina con este metal. Es importante destacar que la concentración de plomo en el aire disminuyó notoriamente como consecuencia de sucesivas reformulaciones de la gasolina, la cual ha variado en su contenido de tetraetilo de plomo desde valores superiores a los 3 ml/gal a menos de 1 ml/gal en la actualidad.

Como consecuencia de ello, las concentraciones en el aire ambiente se redujeron en 1987 a menos del 50% de las que existían en 1982. Sin embargo, como se observa en las **Gráfica 8**, en 1989 el criterio de evaluación del plomo fue ligeramente excedido durante el primer y último trimestre. En 1990, se han presentado niveles inferiores al criterio.

**GRAFICA 8. PROMEDIOS TRIMESTRALES DE PLOMO DURANTE 1989 Y PRIMER SEMESTRE DE 1990**



## GRAFICA 9. DIRECCION DE LOS VIENTOS PREDOMINANTES EN EL VALLE DE MEXICO



### Ubicación y Condiciones Meteorológicas del Valle de México

La dispersión y transformación de los contaminantes en la atmósfera se ve favorecida o limitada por los efectos del clima, así como por las condiciones de altitud y orográficas del Valle de México.

En general, el Valle de México y su área ecológica de influencia, la cual incluye las sierras y montañas que lo rodean, gozan de un clima templado con precipitaciones anuales superiores a los 700 mm en las zonas montañosas del sur y temperaturas medias que oscilan entre 10 y 23 grados centígrados en la Ciudad. El área en donde se ubicaba el antiguo lago de Texcoco posee un clima seco estepario, influenciado por la apertura oriente del valle en dirección hacia los grandes Llanos de Apan, en el estado de Hidalgo. En esta porción del Valle la precipitación no supera los 532 mm anuales y las temperaturas medias alcanzan en verano los 35 grados centígrados.

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

Los vientos dominantes durante el día y a lo largo del año provienen del noreste, con velocidades medias superficiales del orden de 2 m/s. Durante la noche, los vientos fríos de las montañas descienden hacia el valle (Gráfica 9).



---

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

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

Como fenómeno meteorológico, las inversiones térmicas en el Valle de México tienen una especial relevancia en la concentración de contaminantes en el aire. Estas ocurren durante las primeras horas del día, en donde una masa de aire frío superficial queda atrapada por una masa de aire caliente en las alturas, acumulándose los contaminantes emitidos en la noche anterior y los arrojados por las actividades matutinas de la población e industrias de la ciudad (**Gráfica 10**).

Las inversiones térmicas se presentan en todos los meses del año. Sin embargo, su frecuencia de ocurrencia y duración es mayor en los meses invernales (**Gráfica 11**). Las inversiones térmicas más severas registradas en los últimos cuatro años, mostraron una duración de 7 horas a partir de las cinco de la mañana, con un espesor máximo de mezclado del orden de 550 metros de altura en los días más agudos.

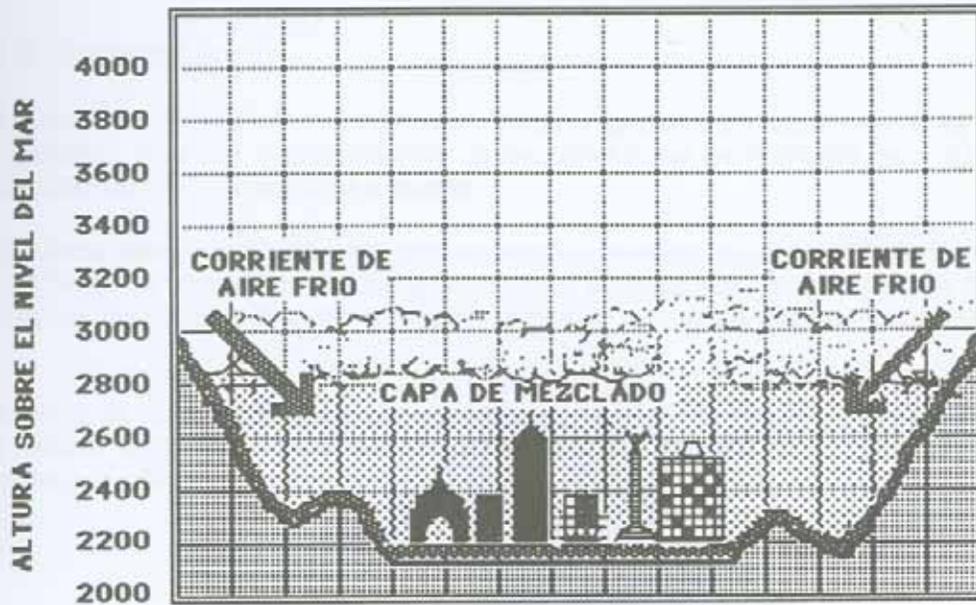
Además, y en particular durante la temporada invernal, frecuentemente coinciden otros fenómenos meteorológicos, tales como los sistemas de alta presión. Estos limitan aún más la escasa dispersión de los contaminantes y están relacionados con la presencia de aire polar sobre el territorio nacional.

En el invierno, las inversiones térmicas se rompen normalmente alrededor de las 10 de la mañana por acción del sol, el cual calienta el aire superficial de la ciudad, provocando su movimiento ascendente y permitiendo la dispersión de los contaminantes.

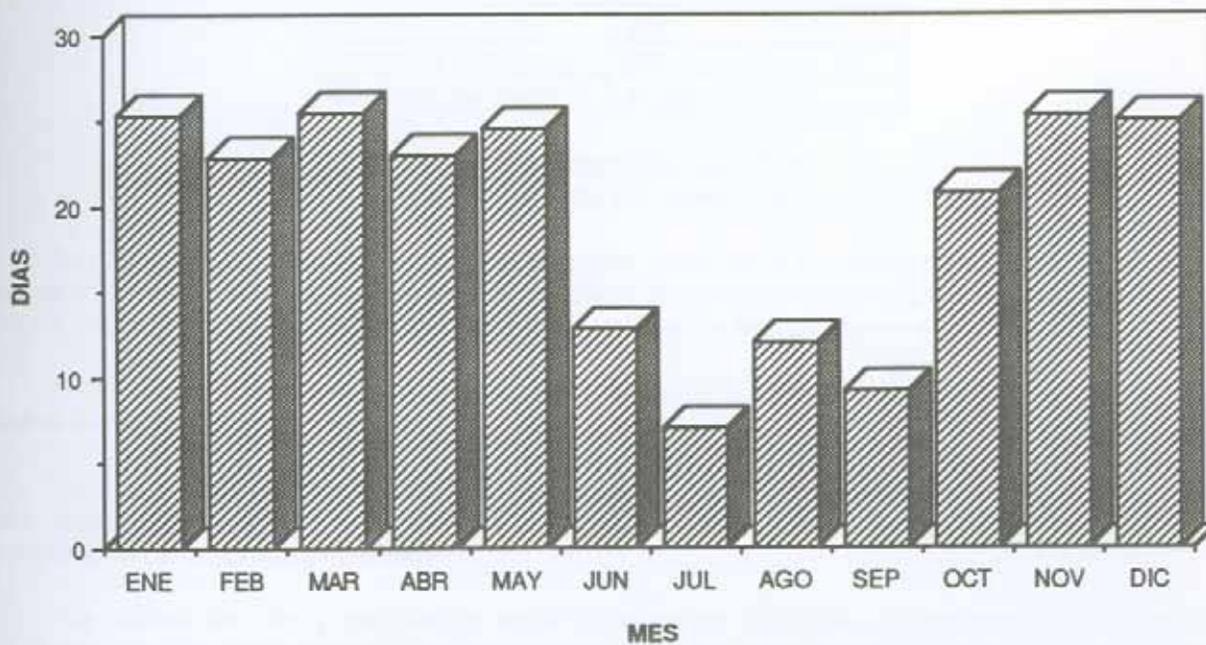
La radiación solar origina la reacción de los contaminantes en la atmósfera, con la consiguiente formación de contaminantes fotoquímicos, como el ozono, que pueden ser dañinos a la salud, la vegetación, la fauna y los materiales en general.

Por su altitud y latitud, así como por sus condiciones climáticas, el Valle de México recibe intensa radiación solar que promueve la generación de compuestos fotoquímicos. Durante la época de lluvias, la nubosidad bloquea el paso del sol, aunque esto no impide que al mediodía y con nubes dispersas, la radiación solar sea suficiente para la formación de estos compuestos.

**GRAFICA 10. REPRESENTACION DE LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MEXICO QUE PROPICIAN LAS INVERSIONES TERMICAS**



**GRAFICA 11. FRECUENCIA MENSUAL DE INVERSIONES TERMICAS EN LA Z.M.C.M. (PROMEDIOS 1986-1989)**





## Efectos de la Contaminación

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

En la siguiente tabla se ordenan los contaminantes presentes en la atmósfera de la ZMCM de acuerdo con un factor de tolerancia, basado en toxicidades equivalentes. El valor es una concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 24 horas, obtenidas a partir de normas y criterios de calidad del aire vigentes en México y otros países.

De esta forma, de los contaminantes comunes entre los más tóxicos se encuentra el plomo, y dentro de los menos tóxicos, el monóxido de carbono. Cabe aclarar que ninguno de los contaminantes listados deja de ser nocivo a la salud.

Contaminante	Factor de Tolerancia* ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 hrs)
Plomo	3.9
Ozono	74
Partículas menores a 10 micrómetros	150
Bióxidos de Azufre	340
Oxidos de Nitrógeno	800
Monóxido de Carbono	11,300

\*Universidad de Illinois, Chicago. EUA.  
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , microgramos por metro cúbico

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

## Efectos en la Salud

Los efectos de la contaminación del aire pueden ir desde la simple irritación a las vías respiratorias hasta enfermedades agudas, en función de la magnitud de los niveles de concentración y de los periodos de exposición de la población afectada.

La calidad del aire y sus efectos sobre la salud son funciones extremadamente complejas. La asociación entre un contaminante y una enfermedad o una defunción puede responder a causas múltiples. Esto, aunado al hecho de que la duración y variabilidad en los niveles de concentración de los





---

contaminantes atmosféricos, a los que se encuentra expuesta la población hacen difícil de estimar con precisión las relaciones causa-efecto.

#### Monóxido de Carbono

Al ser inhalado, el CO interfiere con el transporte del oxígeno  $O_2$  a los tejidos, porque la hemoglobina tiene una afinidad 200 veces mayor por el CO que por el  $O_2$ . De esta manera, el CO reacciona con la hemoglobina formando carboxihemoglobina (COHb), lo que limita la distribución de oxígeno al cuerpo. A niveles altos de CO en el aire se deterioran la percepción visual, la destreza manual y la habilidad para aprender.

Las personas con afecciones del corazón y circulatorias, con enfermedades pulmonares crónicas, así como los ancianos e infantes, y las personas jóvenes con tipos de hemoglobina anormales que afectan la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, son poblaciones sensibles al CO.

La exposición a bajos niveles de monóxido de carbono puede ser perjudicial cuando la gente toma medicamentos, ingiere bebidas alcohólicas o vive en altitudes elevadas.

#### Ozono

Altas concentraciones de ozono pueden provocar cambios transitorios medibles en la función pulmonar y afectación de las vías respiratorias en personas sanas que realizan ejercicio y actividades recreativas en exteriores. Los efectos del ozono son potenciados por la presencia de otras variables ambientales.

#### Oxidos de Nitrógeno

Estudios de salud ocupacional han demostrado que el bióxido de nitrógeno puede ser fatal a concentraciones elevadas. A niveles de concentración media, puede irritar los pulmones, causar bronquitis y neumonía, y disminuir la resistencia a infecciones respiratorias tales como la influenza. En los niveles que actualmente se respiran en el aire no existe evidencia científica de efectos adversos en humanos derivados de la exposición a largo plazo al bióxido de nitrógeno.

#### Hidrocarburos

La importancia de los hidrocarburos, estriba en su contribución a la formación del ozono y por lo tanto, a sus efectos. Además, ciertos hidrocarburos cíclicos aromáticos presentes en las gasolinas de alto octano, como el benceno, resultan particularmente tóxicos.

#### Bióxido de Azufre

El bióxido de azufre es un irritante respiratorio muy soluble, por lo que la mayor parte de lo que se inhala se absorbe en la nariz y en las vías respiratorias superiores, siendo muy escasa la cantidad que llega a los pulmones. En una atmósfera contaminada con partículas suspendidas, el bióxido de azufre puede resultar perjudicial, al ser transportado por éstas hasta los tejidos de los pulmones.



## Partículas

La contaminación por partículas puede causar el deterioro de la función respiratoria en el corto plazo. En el largo plazo puede contribuir a enfermedades crónicas. Las partículas finas conocidas como **PM10** de un tamaño menor a 10 micras, son nocivas porque pueden afectar directamente a los pulmones.

Entre los grupos poblacionales más sensibles a los efectos de las partículas finas respirables, están las personas con influenza, enfermedades crónicas respiratorias y cardiovasculares, los niños y los ancianos. Otros grupos considerados sensibles son los fumadores y los atletas debido a su respiración forzada durante el ejercicio.

## Efectos en la vegetación

Además de los efectos en los seres humanos, la contaminación afecta a las plantas. Las hojas son el principal indicador de la contaminación del aire sobre ellas. El ozono daña los tejidos superficiales e intermedios de las hojas, lo que se manifiesta en manchas café rojizo que se vuelven blancas después de pocos días.

Por otra parte, el crecimiento de las plantas puede ser inhibido por una exposición continua al  $\text{NO}_2$ ; exposiciones más intensas o prolongadas pueden producir manchado de la superficie de las hojas debido a la pérdida de protoplasma o necrosis.

La necrosis es también un signo del daño causado por los óxidos de azufre, que puede presentarse a partir de altas concentraciones. Niveles menores durante períodos más largos de exposición producirán blanqueo de las hojas por pérdida de clorofila.

El efecto neto de los contaminantes del aire consiste en un menor crecimiento y en la producción de frutos pequeños o semillas inviables.

## Efectos sobre las edificaciones

También, existe una preocupación difundida por el efecto que la contaminación puede tener sobre los materiales de construcción al dañar edificios y monumentos.

Los mecanismos de deterioro de los materiales atribuibles a la contaminación del aire son abrasión, deposición y remoción, ataque químico directo e indirecto y corrosión.

En realidad, solamente las partículas sólidas de tamaño relativamente grande y que viajan a velocidades rápidas pueden causar deterioro por abrasión. Este es el caso de las partículas del suelo suspendidas y transportadas en tolvaneras. El resto de las partículas presentes en la atmósfera de la Ciudad de México son tan pequeñas y viajan a velocidades tan bajas que no tienen un efecto abrasivo considerable.





---

Las partículas pequeñas y sólidas, provenientes de procesos de combustión, gases de escape o del polvo de las calles, se sedimentan sobre superficies expuestas de monumentos y edificios históricos. Estas partículas, en presencia de humedad, pueden corroer o atacar químicamente las superficies donde se depositan. Ello afecta la conservación del patrimonio cultural de la Ciudad.

## 1.2 INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

En los años cuarentas, el país optó por un intenso proceso de industrialización, fundamentado en sustituir importaciones. Para ello, se establecieron en México nuevos usos y tecnologías de producción, y la naciente planta industrial fue radicándose en la cercanía de sus mercados más grandes ubicados fundamentalmente en la Ciudad de México y sus alrededores.

En aquellas épocas se pensaba en la necesidad de multiplicar la actividad productiva de la Ciudad, como un poderoso polo de desarrollo, a partir del cual se podría dinamizar la economía de todo el país. Se crearon incentivos especiales para la industria, tanto fiscales como de infraestructura, al tiempo que se configuró todo un sistema de precios relativos que inclinó los términos de intercambio en favor de la ciudad respecto a las áreas rurales. En su momento, esta concepción del desarrollo arrojó saldos favorables, conociendo México varios años de crecimiento con estabilidad y multiplicación de expectativas y oportunidades reales para una población que creció muy rápidamente. El mayor bienestar tuvo como contraparte la generación de volúmenes crecientes de contaminación.

Como se ha descrito, la contaminación del aire es producida a través de complejos procesos que involucran las variables fundamentales del comportamiento social y económico, tales como la forma e intensidad en que se consume la energía, la cual a su vez depende de la manera en que se realizan los movimientos, la producción industrial y los servicios que requiere la Ciudad.

La más importante de las variables que explican la contaminación atmosférica, es el consumo energético en términos de los combustibles fósiles que se queman. Los procesos de combustión en vehículos, industrias y establecimientos de servicio contribuyen con alrededor del 90% del volumen de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

La cantidad de energía consumida por unidad de producto en una economía regional o nacional, refleja la eficiencia de la misma y puede expresarse como **Intensidad energética (IE)**, la cual se obtiene dividiendo el suministro de energía cuantificada en millones de toneladas de petróleo crudo equivalente, entre el Producto Interno Bruto. Con fines ilustrativos, es conveniente indicar la IE de la economía mexicana y compararla con la de otros países:

**INTENSIDAD ENERGETICA (IE)**  
**de varios países del mundo en 1988**  
(millones de tonelada de petróleo equivalente por cada  
mil millones de dólares de producto interno bruto)

Turquía	México	España	EUA	RFA	Italia	Japón
0.79	0.67	0.45	0.44	0.40	0.32	0.26

Como se observa en la información anterior, la economía mexicana requiere de mayores cantidades de energía primaria para producir una misma cantidad de bienes y servicios que otros países, aún con un desarrollo industrial superior y climas menos benignos. Esto plantea amplios márgenes para incrementar la eficiencia energética de nuestra economía, lo que reduciría las presiones ambientales del desarrollo.

Por otra parte, la elasticidad del consumo energético al crecimiento anual del P.I.B., es muy considerable en nuestro país. Incluso creciente en los últimos años. Pasó de 0.5 en 1984 a 1.1 en 88 y 2.1 en 89.

Esto significa que, al crecer la economía, el gasto de energía es mayor. Consecuentemente las emisiones de contaminantes tienden a aumentar. Por ello, en ausencia de medidas firmes para racionalizar y aumentar la eficiencia en el uso de la energía, el crecimiento económico estará asociado con mayores emisiones. Adicionalmente, con una base de comparación regional, la ZMCM supera en casi 150 veces el consumo promedio nacional por unidad de superficie, como puede observarse en la **Gráfica 12**.

Hay una relación estrecha entre el consumo de energía y las emisiones contaminantes por sector de actividad (**Gráfica 13**). En efecto, el consumo de gasolina en el sector transporte representa, simultáneamente, el mayor gasto relativo de energía y la mayor aportación de contaminantes con respecto al volumen total (CO, NOx, HC y Pb, principalmente).

Asimismo, las mayores emisiones de SO<sub>2</sub>, PST y también de NOx encuentran su contraparte proporcional en aquellos sectores de actividades cuyos insumos energéticos son el combustóleo y el diesel, como la industria, la generación de electricidad y los servicios. Estas correlaciones que se complementan considerando el consumo de otros energéticos como el gas natural, gas LP y electricidad en los diferentes sectores, establecen dos referencias cruciales para el programa contra la contaminación que además debe incluir a la calidad de los combustibles, la tecnología de combustión y de control de emisiones.

La economía mexicana requiere el doble de energía que Italia y Japón, para producir un valor igual de bienes y servicios. Todo lo anterior, nos demuestra que con políticas de ahorro de energía, la Ciudad tiene un margen para que crezca su economía (el bienestar de la población), sin que aumente la contaminación del aire.

**GRAFICA 12. CONSUMO REGIONAL DE ENERGIA**

REGION	AREA (KM2)	CONSUMO DE ENERGIA	
		KCAL x 10 <sup>12</sup> / AÑO	KCAL x 10 <sup>8</sup> / Km <sup>2</sup>
NOROESTE	414,437	83.952	2.02
NORTE	366,735	24.048	0.65
NORESTE	295,955	152.124	5.14
CENTRO-NORTE	143,477	17.028	1.18
CENTRO-PACIFICO	145,456	67.140	4.61
CENTRO-GOLFO	72,815	64.128	8.80
CENTRO	126,683	133.582	10.54
<b>Z.M.C.M.</b>	<b>2,396</b>	<b>121.550</b>	<b>507.30</b>
PACIFICO SUR	233,045	19.896	0.85
PENINSULAR	166,184	19.585	1.17
TOTAL	2,039,988	703.033	3.45*

FUENTE: SEMIP, (1986)

\* PROMEDIO NACIONAL

**GRAFICA 13. BALANCE ENERGETICO POR SECTORES ZMCM**

(COEFICIENTES NORMALIZADOS AL 100% RESPECTO DEL CONSUMO TOTAL EN LA ZMCM)

	TRANSPORTE	TERMOCLE- TRICAS	INDUSTRIA	SERVICIOS	OTROS	TOTAL
GASOLINA	35.66					35.66
DIESEL	8.24	0.02	5.21	0.39		13.96
COMBUSTOLEO		8.12	1.56	0.34		10.04
GAS LP				0.83	9.09	9.93
GAS NATURAL		5.61	13.93		0.51	20.07
ELECTRICIDAD	0.49		4.77	1.66	4.38	10.32
TOTAL	44.48	13.77	25.49	3.23	12.99	100.00*

\* EL CONSUMO ANUAL TOTAL DE LA ZMCM ASCIENDE A 121.55 x 10<sup>12</sup> Kcal (1986)

## Consumo y Calidad de Combustibles

### Gasolinas

La **Gráfica 14** ilustra el comportamiento histórico y esperado de la demanda de gasolinas a nivel nacional y de la ZMCM para el período de 1985 a 2010.

Entre 1985 y 1989, el mercado nacional de este combustible se incrementó a una tasa media anual de 5.6% pasando de 321 a 400 miles de barriles diarios (MBD). No obstante, se espera que a partir de 1990 y hasta el 2010, la demanda crezca a un ritmo promedio anual de 4.9%, para alcanzar un consumo de 1,091 MBD en el año 2010.

Por su parte, el consumo en la ZMCM representó en el pasado reciente entre 25 y 30% del total nacional. Para las siguientes décadas se estima que el crecimiento de la demanda, se dará a una tasa anual ligeramente menor al 4%, con lo cual se pasaría de un consumo de 100 a 217 MBD entre 1989 y el año 2010. Este crecimiento es tan alto, que deberá de seguirse actuando sobre la demanda.

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

A partir de septiembre de 1990 se sustituyó la gasolina Extra por la denominada Magna Sin, la cual posee 92 octanos (equivalente a 87 de acuerdo al nuevo procedimiento internacional de evaluación) y tiene un contenido de plomo casi nulo, inferior a 0.01g/gal. Esta gasolina es indispensable para los autos modelo 1991 con convertidor catalítico.

### Diesel

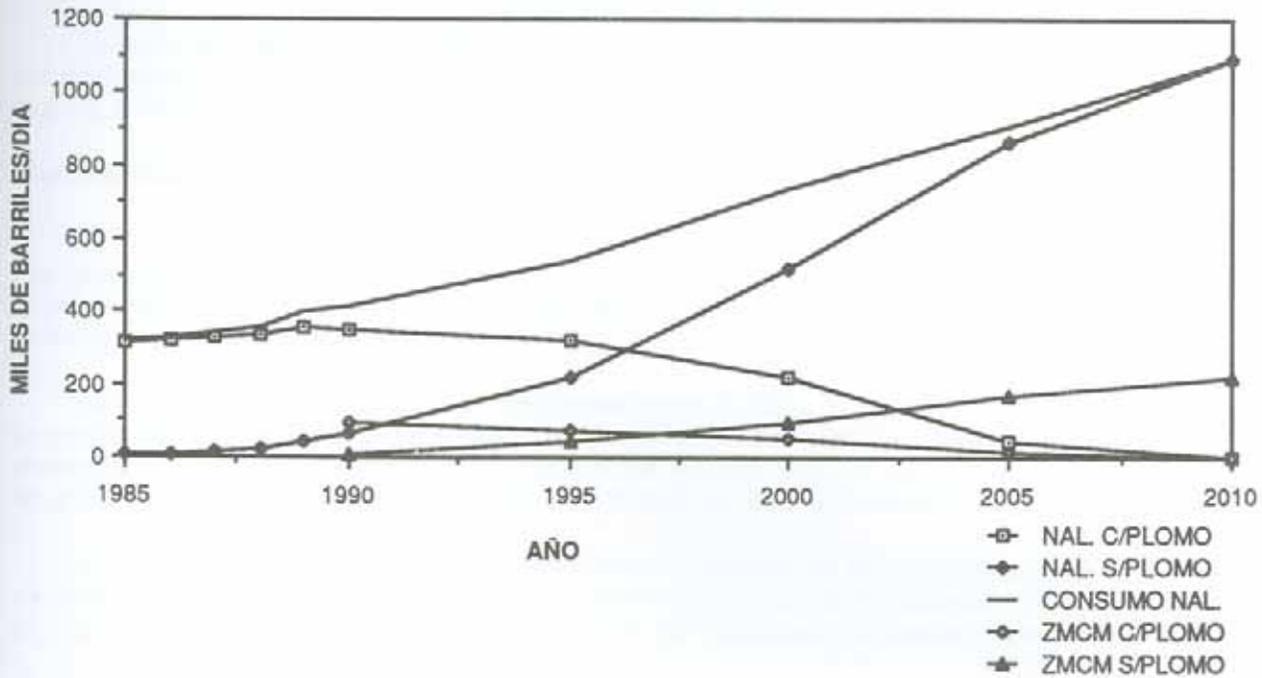
La evolución del mercado interno de diesel y sus proyecciones al 2010 se presentan en la **Gráfica 15**, donde se advierte que entre los años de 1985 y 1989 el consumo nacional pasó de 201 a 195 MBD, lo cual equivale a una tasa media anual negativa del 1%. Dentro de este total, el consumo que se efectúa dentro de la ZMCM ha tenido una participación promedio del 16% (31 MBD).

Se estima que para el período 1990-2010 la demanda nacional se incremente con una tasa promedio anual de 4.4%, para llegar a un consumo de 482 MBD. En la ZMCM el crecimiento será menor, de tal forma que su participación en los consumos será ligeramente inferior a la histórica.

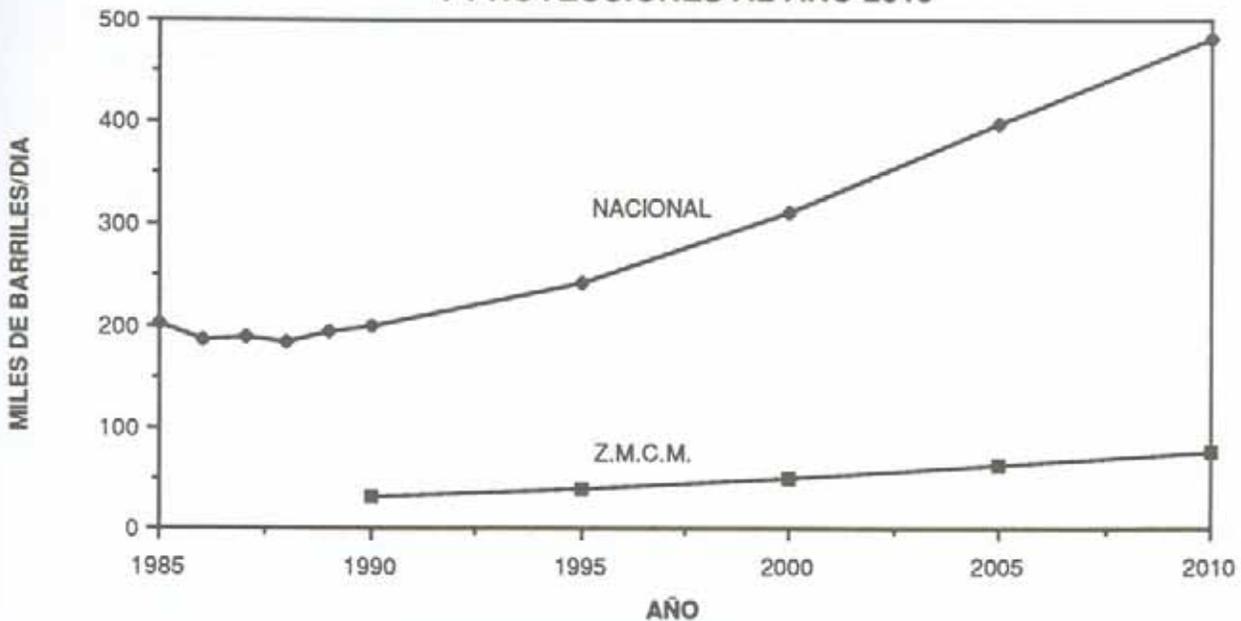
El diesel es consumido principalmente por autobuses urbanos, camiones de carga y de pasajeros. Algunas industrias y establecimientos de servicio emplean este combustible pero en menor cantidad que el combustóleo.



**GRAFICA 14. CONSUMO HISTORICO DE GASOLINA 1985-1989  
Y PROYECCIONES AL AÑO 2010**



**GRAFICA 15. CONSUMO HISTORICO DE DIESEL 1985-1989  
Y PROYECCIONES AL AÑO 2010**



A partir de mayo de 1986, PEMEX ha distribuido en la ZMCM 23 mil BPD de diesel especial para consumo automotriz, con un contenido de azufre menor a 0.5% en peso. El resto del diesel consumido en la zona, 8 mil BPD, posee un contenido promedio de 1% de azufre.

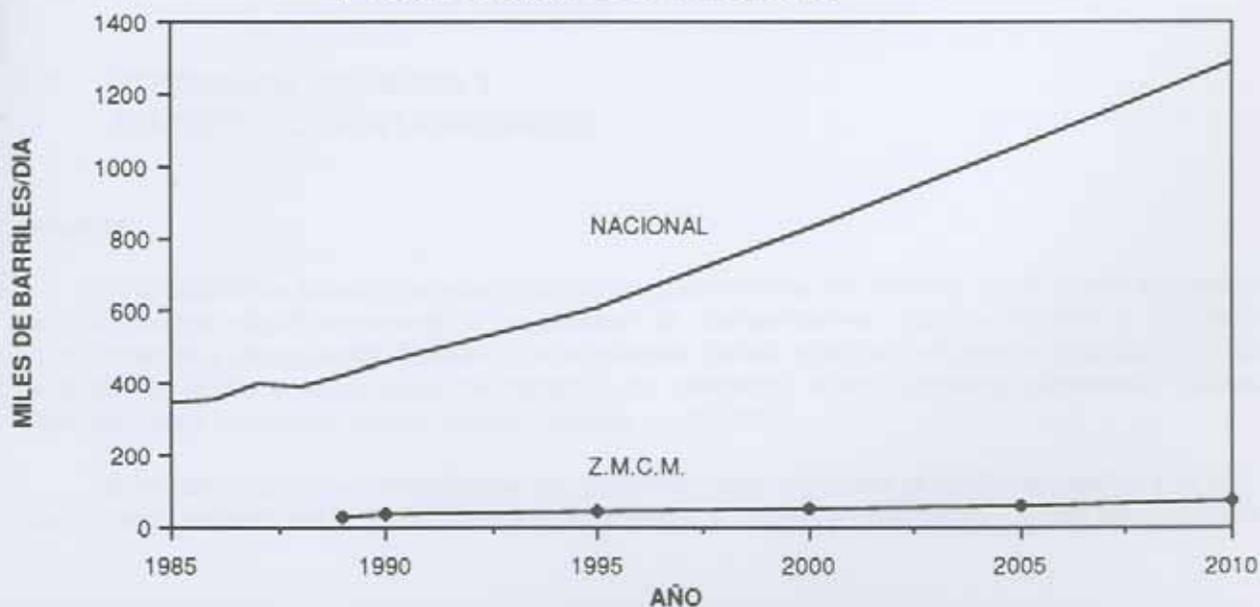
### Combustóleo

Conforme a la información que muestra la **Gráfica 16**, el mercado interno de combustóleo creció a una tasa media anual de 5%. Durante los últimos años, el consumo en la ZMCM mostró un crecimiento anual negativo, a partir de su sustitución por gas en las termoeléctricas, representando en la actualidad solamente el 7% de la demanda nacional.

Con base en las proyecciones efectuadas para el lapso 1990-2010 se anticipa un crecimiento sostenido del 5.5% anual a nivel nacional. En este contexto, en ausencia de medidas de racionalización y eficiencia, el crecimiento esperado en el consumo de la ZMCM será de 4.4% anual, con lo que se pasaría de un consumo de 28.6 MBD en 1990 a cerca de 71 MBD en el 2010 de combustóleo.

El combustóleo es empleado principalmente en la industria, las termoeléctricas y los establecimientos de servicio. Por ser un combustible de baja calidad con un contenido promedio de 4.2% de azufre, las emisiones contaminantes producidas al ser quemado son sumamente agresivas al medio ambiente.

**GRAFICA 16. CONSUMO HISTORICO DE COMBUSTOLEO 1985-1989 Y PROYECCIONES AL AÑO 2010**





---

Para reducir la emisión de óxidos de azufre, PEMEX ha producido a partir de noviembre de 1986 un combustóleo ligero especial, con un máximo de 3% de azufre en peso, para su distribución en la ZMCM. En la actualidad se suministran 12 mil BPD de este combustible, que representa aproximadamente el 42% del consumo total en el Valle de México.

Las razones que conllevan al uso de combustóleo a pesar de su alto impacto ambiental, son fundamentalmente su bajo precio (es el combustible más barato) y su disponibilidad en el mercado. En contraposición, el gas LP, que tiene un precio bajo subsidiado, y el gas natural, presentan una combustión más benigna para la calidad del aire; sin embargo, existe poca disponibilidad y su distribución aún es limitada.

#### **Uso de gas para sustituir combustibles contaminantes**

En los medios de opinión pública ha aparecido la sugerencia de convertir todos los procesos de combustión a uso de gas. Aunque en principio la sustitución de diesel o combustóleo por gas abatiría la emisión de partículas y dióxido de azufre, ello no es del todo recomendable por varias razones. **Primero**, porque el nivel de óxidos de nitrógeno, principales precursores del ozono (el único contaminante que continuamente rebasa la norma en la ciudad), se elevaría drásticamente, exponiendo a la ciudadanía a niveles de toxicidad. Por ello, la sustitución se ha venido realizando sólo en procesos que cuentan con quemadores de alta eficiencia. **Segundo**, la construcción de la infraestructura (gasoductos, estaciones de bombeo, presión y control) provocaría un caos urbano prolongado al abrir avenidas para su introducción. **Tercero**, no existe suficiente disponibilidad nacional, ni infraestructura para su conducción en caso de ser importado. **Cuarto**, dada la necesidad de su delicado manejo por su explosividad, volúmenes muy superiores de gas acrecentarían significativamente el nivel de riesgo para la población. Debido a los factores mencionados, el uso de gas en la Ciudad debe ser priorizado cuidadosamente para generar el mayor beneficio ambiental, con el menor riesgo.

### **1.3 PROCESOS URBANOS Y EMISIÓN DE CONTAMINANTES**

#### **Industria**

En la Ciudad de México hay más de 30 mil establecimientos industriales, de los cuales alrededor de 4 mil contribuyen significativamente a la emisión de contaminantes, por su tamaño y procesos de transformación y combustión. Destacan las siguientes ramas: química (incluyendo pinturas y solventes), fundición de hierro y acero, textil, de minerales no metálicos, hule, papelera, alimenticia, vidriera, de plásticos, metal mecánica, asfalto, grasas y aceites, y cementera.

La industria química y metalúrgica son particularmente agresivas al medio ambiente, y lo son más cuando sus procesos están tecnológicamente atrasados y no poseen equipos de control de emisiones. En



---

general, la obsolescencia y poco control de los procesos de combustión, el empleo de combustibles con alto contenido de azufre y el uso de solventes, causan las mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera.

En cuanto a la cobertura de equipos de control de emisiones en la industria, inspecciones realizadas permiten señalar que su uso es muy limitado y deficiente. En la mayoría de los casos, las industrias que poseen dispositivos de control lo hacen para capturar polvos fugitivos, tanto por necesidades del proceso, como para evitar pérdidas. El nivel de operación y mantenimiento de los equipos de control es bajo, dando como resultado que, aunque se tengan equipos, éstos no operan eficientemente de acuerdo a su diseño.

El control de gases de combustión en calderas de mediano y gran tamaño es prácticamente inexistente. En este tipo de sistemas es necesaria una capacitación de los operadores y equipos de control del proceso.

La operación correcta de una caldera implica que las temperaturas dentro de la cámara de combustión sean muy altas y por lo tanto que las emisiones de NOx sean elevadas. La instalación de quemadores de bajos NOx es una alternativa para el control de estas emisiones.

Por su parte, el control de emisiones en las operaciones donde se aplican solventes, constituidos por hidrocarburos con diferentes grados de reactividad fotoquímica, es prácticamente inexistente y las mismas técnicas de aplicación y otros usos de estas sustancias propician su desperdicio y consumo excesivo.

### **Establecimientos de Servicios**

Se estima que en la ZMCM operan 12 mil establecimientos de servicios que poseen procesos de combustión e incineración. De acuerdo con la magnitud y tipo de calderas, cada giro emplea distintos combustibles. Los baños públicos, panificadoras, hoteles, deportivos y hospitales utilizan combustóleo preferentemente. Algunos hoteles consumen diesel, las tintorerías usan principalmente petróleo diáfano, mientras los expendios de alimentos consumen gas LP.

La infraestructura de combustión actualmente instalada en los establecimientos comerciales y de servicios es antigua, presenta un deterioro avanzado y es operada inadecuadamente. La alternativa más viable para optimizar su operación es incrementar su eficiencia de combustión, por medio de una mejor regulación de la relación aire/combustible, incluyendo el control de la temperatura del combustible, la eventual sustitución de quemadores, la adecuada capacitación de los fogoneros, y sobretodo, la reducción del azufre contenido en el diesel y combustóleo, como medida general que mejorará en forma significativa la calidad del aire.

### **Generación de Energía Eléctrica**

Las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México producen en conjunto más del 9% del total de los contaminantes emitidos por el conjunto de industrias y establecimientos comerciales y de



---

servicio (fuentes fijas). Sus emisiones de bióxido de azufre han disminuido en 80% con la sustitución de combustóleo por gas natural. No obstante, las emisiones de NOx siguen siendo importantes porque estos se generan en todo proceso de combustión.

### **Producción, Almacenamiento y Distribución de Combustibles**

Este rubro genera alrededor del 14% de la contaminación proveniente de fuentes fijas. Casi la tercera parte de estas emisiones están constituidas por hidrocarburos, y alrededor de la sexta parte por bióxido de azufre.

Los vapores de gasolinas y combustibles en general son especialmente nocivos a la salud. Las principales fuentes de hidrocarburos crudos provienen de centros de proceso, distribución, transporte y almacenamiento.

### **Transporte**

La extensión del área urbana y la intensa vida económica y social de la Ciudad, obliga a sus pobladores a transportarse grandes distancias para cumplir con sus actividades cotidianas. Se estima que diariamente se realizan 29.5 millones de viajes, los cuales se hacen en 2 millones 372 mil autos privados, 57 mil taxis, 69 mil combis y microbuses, 10 mil 500 autobuses urbanos, 8 líneas del metro con 2,205 vagones, una línea de tren ligero y 450 trolebuses.

Además, se estima que circulan en la ZMCM cerca de 196 mil camiones a gasolina distribuidores de mercancía y 60 mil camiones a diesel que mueven carga y pasajeros de rutas foráneas.

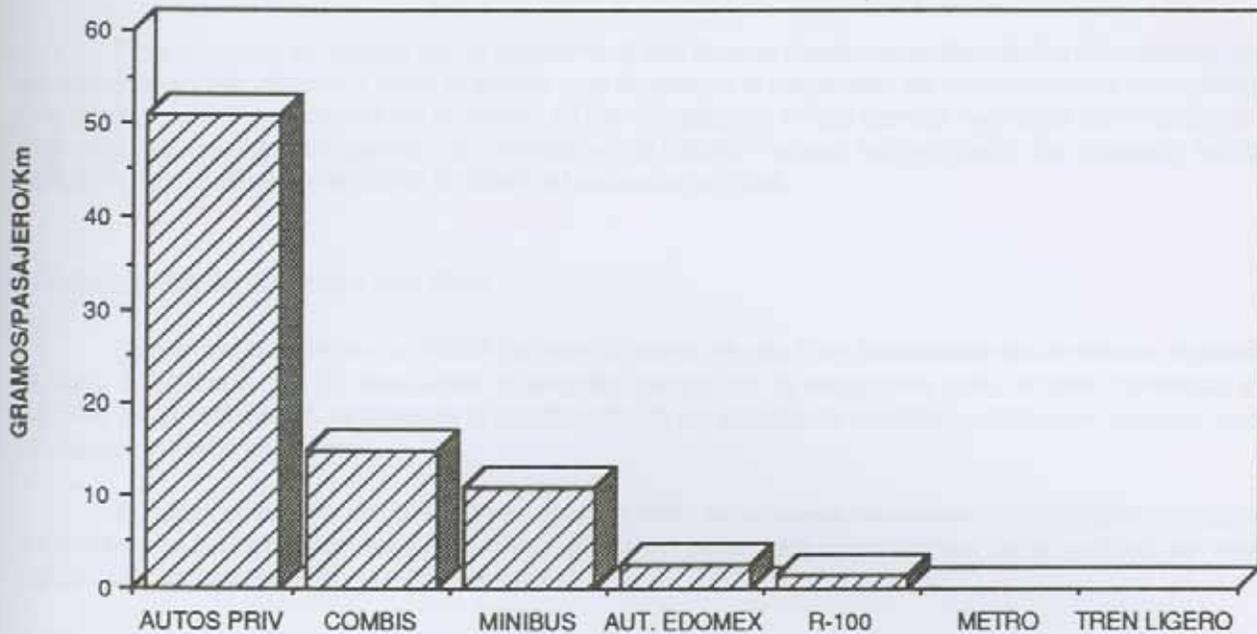
Entre estos modos de transporte, el taxi y el auto privado emiten mayor carga contaminante por pasajero-kilómetro transportado, como se muestra en la Gráfica 17.

Las emisiones vehiculares representan el 76% del total de contaminantes emitidos a la atmósfera de la Ciudad de México. Los autos particulares emiten más de la mitad de los contaminantes de origen vehicular y al emplear gasolina generan además óxidos de plomo, de azufre y partículas.

Por otra parte, los taxis, combis y minibuses emiten en conjunto el 24% de las emisiones vehiculares, representando el grupo de transporte colectivo con mayor aportación contaminante por cada viaje realizado. A fines de 1990, Ruta 100 emitirá menos del 1% de los contaminantes originados por el transporte.

Los camiones de carga a gasolina emiten más del 26% de los contaminantes de origen vehicular. Los camiones de carga a diesel registrados en la ciudad representan alrededor del 2% de la contaminación emitida por vehículos automotores. Sin embargo su contribución en bióxido de azufre y partículas es muy elevada. Esta cifra no incluye los vehículos a diesel que entran con registro federal de autotransporte de carga y de pasajeros.

**GRAFICA 17. EMISION DE CONTAMINANTES POR MODO DE TRANSPORTE**



### El uso del suelo

El tamaño de la población y del área urbana de la ZMCM, obliga a sus habitantes a recorrer distancias considerables y a invertir una parte importante de su tiempo para transportarse. En algunos casos la población invierte hasta 4 horas diarias en traslados para realizar sus actividades cotidianas.

En cuanto al suelo suburbano o semirural y rural, saltan al escenario las profundas alteraciones ecológicas que ha sufrido el Valle de México y las montañas que lo rodean. El 99% del área lacustre y las tres cuartas partes de los bosques originales han desaparecido. Interpretación de imágenes de satélite permiten estimar 41 mil 600 hectáreas de superficie en proceso de erosión por viento. En ellas se incluyen zonas agrícolas, de agostadero, lechos de antiguos lagos y zonas suburbanas sin pavimentar. Estas regiones contribuyen con partículas suspendidas a la contaminación del aire en la ZMCM. Cada año se deforestan más de mil hectáreas y se pierde otro tanto de tierras productivas.

Estos fenómenos han afectado la productividad natural del territorio, la diversidad biológica y la permanencia de procesos ecológicos e hidrológicos vitales. La deforestación, la desecación de cuerpos de agua y el decaimiento de prácticas agropecuarias, han propiciado que los suelos deshidratados y desprovistos de una cubierta vegetal permanente estén sujetos a la acción erosiva del viento, generando la emisión de partículas en suspensión, principalmente en la época de estiaje. Su influencia sobre la contaminación del aire alcanza el 42% del total de partículas.

Esta situación se agrava con el fecalismo al aire libre, la inadecuada disposición de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto, y otras prácticas que favorecen la dispersión de contaminantes aerobiológicos. Las zonas oriente y suroriente de la ZMCM se han constituido en las fuentes naturales de emisión de PST más importantes. La introducción de drenaje en el Distrito Federal es prioritaria. Se proyecta reducir el déficit en cuatro años a menos de la mitad del existente en 1988.

### Medición de la Calidad del Aire

La calidad del aire en la ZMCM se mide a través de una Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) constituida por 25 estaciones, y una red manual de 19 estaciones más, ambas, operadas por la SEDUE. En la **Gráfica 18** se muestra la distribución de las estaciones en cinco cuadrantes: Centro, Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste.

En México, a partir del 29 de noviembre de 1982, la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia, estableció los lineamientos para determinar el criterio base para la evaluación de la calidad del aire; los valores fijados aparecen en la tabla siguiente.

CONTAMINANTE	CRITERIO (NORMA)
Monóxido de Carbono	13 ppm en 8 hrs
Dióxido de Azufre	0.13 ppm en 24 hrs
Dióxido de Nitrógeno	0.21 ppm en 1 hr
Ozono	0.11 ppm en 1 hr
Partículas menores a 10 micrómetros	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24hrs
Partículas Suspendidas Totales	275 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24hrs
Plomo*	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio de 3 meses

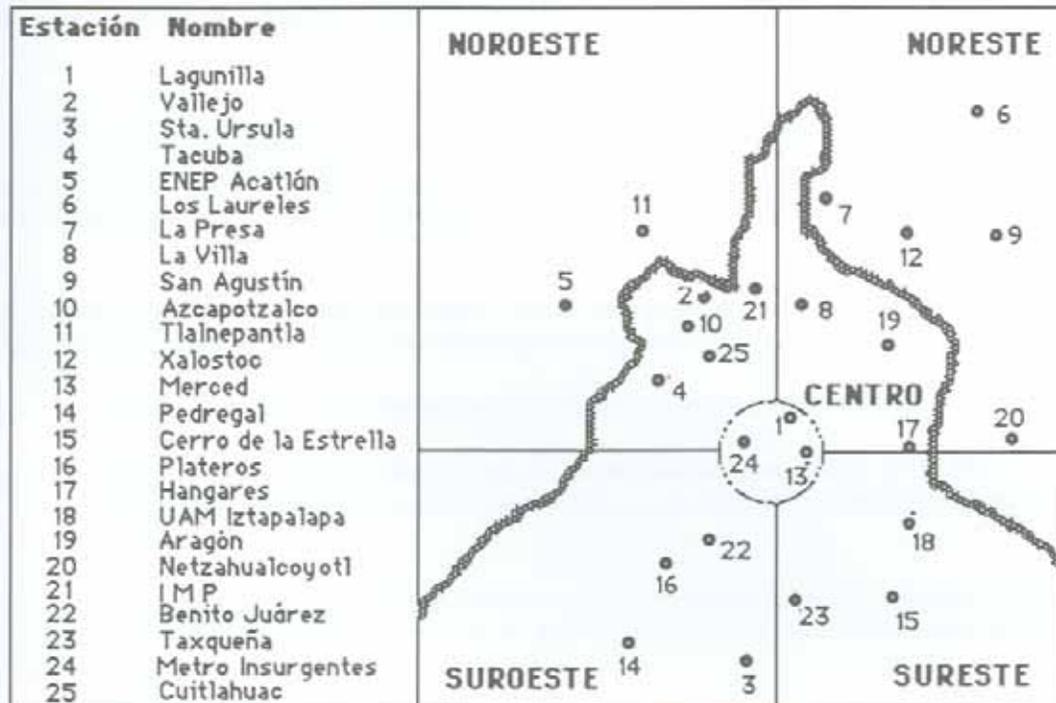
ppm partes por millón

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  microgramos por metro cúbico

\*criterio utilizado en algunos países industrializados

Actualmente, el Sector Salud tiene a su cargo la ratificación o rectificación de estos criterios y la adición de otros que, como en el caso del plomo y la fracción respirable de las partículas suspendidas, se evalúan con base en la experiencia internacional.

**GRAFICA 18. RED AUTOMATICA DE MONITOREO ATMOSFERICO ( RAMA )**



**RED MANUAL DE MONITOREO ATMOSFERICO**





---

## 1.4 INVENTARIO DE EMISIONES POR ACTIVIDAD Y SECTOR

Como se ha dicho, la contaminación del aire es algo inherente al desarrollo y funcionamiento de la Ciudad. Por tanto, para comprender la estructura del problema, en términos de contribución relativa de cada proceso urbano a las emisiones totales, es indispensable plantear un Inventario de Emisiones. Esto permite identificar responsabilidades y prioridades, como fundamento para un programa efectivo (Gráficas 19 y 20).

Del análisis del Inventario de Emisiones y de la contribución a la contaminación atmosférica de la Ciudad de México por sector, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. Los automóviles particulares son la principal fuente de contaminación.
2. Los vehículos concesionados (Taxis, Combis y Minibuses), dada la frecuencia de sus recorridos, generan una alta contaminación, equivalente a la mitad de los automóviles privados.
3. Los camiones de carga de circulación interior y foránea tienen una menor contribución a la contaminación global. Sin embargo, ésta es muy alta en partículas suspendidas y bióxido de azufre.
4. La contribución de la Industria a la contaminación total, en volúmen, es menor que la de los vehículos. Sin embargo, tomando en cuenta algunos de los problemas más graves de contaminación como el del ozono, bióxido de azufre y las partículas, su contribución aumenta significativamente, aproximándose a la que generan los vehículos particulares.
5. Si los datos de niveles de emisiones contaminantes se ponderan por su grado de toxicidad, aparece un fenómeno que hasta este momento no ha sido adecuadamente reconocido: el gran problema que significan las partículas suspendidas en la Ciudad. La reforestación, erosión de las tierras, depósitos a cielo abierto de basuras y la contaminación que se genera en ciertas zonas industriales de la Ciudad de México, como la de Xalostoc, tienen un efecto negativo sobre la salud de los habitantes de la Ciudad mucho mayor al que se conocía. De ahí la necesidad de complementar las decisiones de calidad del aire con una estrategia de control de desechos, con programas masivos de reforestación y protección de suelos y con metas de introducción de drenaje que reduzcan en plazos breves los altos porcentajes de población que aún carecen de estos servicios en la Ciudad de México y en los municipios conurbados.

## GRAFICA 19. INVENTARIO DE EMISIONES (TONELADAS / AÑO)

### INVENTARIO DE EMISIONES 1989 (TON/AÑO)

SECTOR	FUENTES	SO2	NOx	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	PEMEX	14,781	3,233	31,730	52,645	1,154	103,543
	TERMOLÉCTRICAS	58,247	6,613	113	560	3,545	69,078
INDUSTRIA Y SERVICIOS	INDUSTRIA E. MERCANTILES	65,732 22,060	28,883 3,988	39,981 121	15,816 466	10,242 2,469	160,654 29,104
TRANSPORTE	AUTOS PRIVADOS	3,557	41,976	141,059	1,328,133	4,398	1,519,123
	TAXIS	806	9,518	31,986	301,162	997	344,469
	COMBIS Y MINIBUSES	856	10,059	42,748	404,471	1,062	459,196
	R-100	5,224	8,058	2,439	6,260	240	22,221
	AUTOBUSES EDO MEX	13,062	18,262	5,298	12,612	601	49,835
	CARGA A GASOLINA	955	16,994	67,864	779,585	1,186	866,584
	CARGA A DIESEL	20,063	26,126	7,293	16,515	923	70,920
OTROS (TRENES, AVIONES, ETC.)	251	2,698	1,693	5,040	142	9,824	
DEGRADACION ECOLOGICA	AREAS CON EROSION*	0	0	0	0	419,439	419,439
	INCENDIOS Y OTROS PROCESOS	131	931	199,776	27,362	4,201	232,401
TOTALES		205,725	177,339	572,101	2,950,627	450,599	4,356,391

### INVENTARIO DE EMISIONES 1989 PORCENTAJES EN PESO POR CONTAMINANTE

SECTOR	FUENTES	SO2	NOx	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	PEMEX	7.2	1.8	5.5	1.8	0.3	2.4
	TERMOLÉCTRICAS	28.3	3.7	0.0	0.0	0.8	1.6
INDUSTRIA Y SERVICIOS	INDUSTRIA E. MERCANTILES	32.0 10.7	16.3 2.2	7.0 0.0	0.5 0.0	2.3 0.5	3.7 0.7
TRANSPORTE	AUTOS PRIVADOS	1.7	23.7	24.7	45.0	1.0	34.9
	TAXIS	0.4	5.4	5.6	10.2	0.2	7.9
	COMBIS Y MINIBUSES	0.4	5.7	7.5	13.7	0.2	10.5
	R-100	2.5	4.5	0.4	0.2	0.1	0.5
	AUTOBUSES EDO MEX	6.3	10.3	0.9	0.4	0.1	1.1
	CARGA A GASOLINA	0.5	9.6	11.9	26.4	0.3	19.9
	CARGA A DIESEL	9.8	14.7	1.3	0.6	0.2	1.6
OTROS (TRENES, AVIONES, ETC.)	0.1	1.5	0.3	0.2	0.0	0.2	
DEGRADACION ECOLOGICA	AREAS CON EROSION*	0.0	0.0	0.0	0.0	93.1	9.6
	INCENDIOS Y OTROS PROCESOS	0.1	0.5	34.9	0.9	0.9	5.3
TOTALES		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**GRAFICA 20. RESUMEN DEL INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR Y TOXICIDAD**

INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR  
TONELADAS / AÑO

SECTOR	SO2	NOx	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	73,028	9,846	31,843	53,205	4,699	172,621
INDUSTRIA Y SERVICIOS	87,792	32,871	40,102	16,282	12,711	189,758
TRANSPORTE	44,774	133,691	300,380	2,853,778	9,549	3,342,172
DEGRADACION ECOLOGICA	131	931	199,776	27,362	423,640	651,840
TOTALES	205,725	177,339	572,101	2,950,627	450,599	4,356,391

INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR  
PORCENTAJES EN PESO

SECTOR	SO2	NOx	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	35.5	5.6	5.6	1.8	1.0	4.0
INDUSTRIA Y SERVICIOS	42.7	18.5	7.0	0.6	2.8	4.4
TRANSPORTE	21.8	75.4	52.5	96.7	2.1	76.7
DEGRADACION ECOLOGICA	0.1	0.5	34.9	0.9	94.0	15.0
TOTALES	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

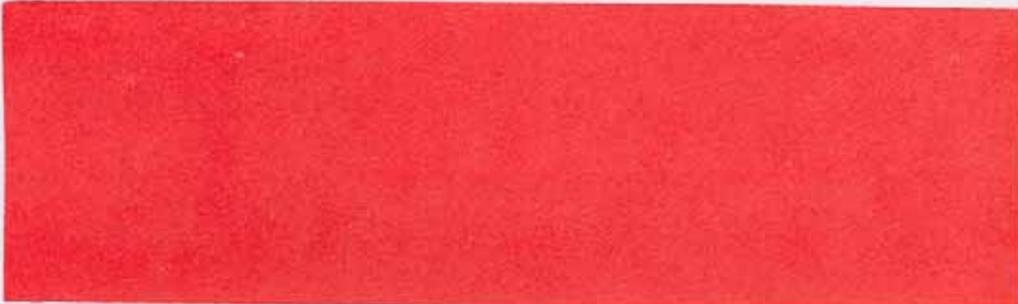
INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR  
PONDERADO POR TOXICIDAD  
PORCENTAJES

SECTOR	SO2	NOx	HC	CO	PST	TOTAL
ENERGIA	7.2	1.1	1.3	0.2	1.0	10.8
INDUSTRIA Y SERVICIOS	8.6	3.7	1.7	0.0	2.8	16.9
TRANSPORTE	4.4	14.9	12.6	8.4	2.1	42.4
DEGRADACION ECOLOGICA	0.0	0.1	8.4	0.1	21.3	29.9
TOTALES	20.2	19.8	23.9	8.7	27.3	100.0



---

# ESTRATEGIA INTEGRAL Y COMPROMISOS CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA



## 2

### 2.1 ESTRATEGIA

En la Ciudad existe un número considerable y creciente de procesos de consumo energético y fuentes de emisión de contaminantes, que incluye a diferentes sistemas y medios de transporte, actividades industriales, giros mercantiles o de servicios y áreas ecológicamente degradadas que aportan polvos y partículas en suspensión. Estas actividades o procesos satisfacen necesidades esenciales de la Ciudad y cada una posee su propia dinámica económica, social y urbana, la cual no debe aislarse del análisis y planeación ambiental.

Por otra parte, son varios los contaminantes primarios significativos registrados, con distinta toxicidad, grado de exposición de la población, impacto en la visibilidad y que son emitidos simultáneamente, aunque en proporción variable, por todos los procesos emisores. Adicionalmente, algunos contaminantes observan relaciones antinómicas entre sí (en ocasiones disminuir uno implica aumentar otro) o bien, participan en complicadas reacciones fotoquímicas en la atmósfera, que a su vez dan origen a contaminantes secundarios como el ozono.

De ahí que las decisiones para combatir la contaminación requieren de un trabajo integral de análisis, evaluación e instrumentación; este debe ser, al mismo tiempo, específico y comprensivo.

La contaminación atmosférica es un fenómeno que responde a múltiples factores, lo que hace compleja una gestión exitosa de la política ambiental. En efecto, además del amplio espectro de mecanismos económicos, institucionales, normativos y regulatorios, capaces de llevar a la práctica estas posibilidades, cada una de ellas encierra distintas opciones tecnológicas con relación costo/beneficio y un impacto económico y social diferentes.



---

En general, las alternativas de acción de una política de gestión de la calidad del aire pueden abarcar: el mejoramiento de la calidad de los combustibles que se utilizan; la racionalización y reestructuración del transporte urbano; la modernización de las tecnologías de producción y la instalación de sistemas de control de emisiones vehiculares e industriales, la prohibición al establecimiento de nuevas actividades contaminantes y la reubicación de las existentes; el rescate, protección y recuperación de áreas ecológicas sensibles o deterioradas; el control y disposición de desechos sólidos e introducción de drenaje; y, la educación, comunicación y participación ciudadana.

Todas estas alternativas se consideran en los diferentes sectores de actividad causantes de la contaminación, y se aplican en función de su pertinencia tecnológica, económica e impacto en la reducción de emisiones.

La ciudadanía impone a todos los sectores sus demandas, requiriéndoles no sólo contribuciones, sino resultados que le garanticen una vida digna y sin riesgos a la salud. En los términos que establece la Constitución, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y el Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente 1990-1994, los esfuerzos para frenar el crecimiento de la contaminación en el Valle de México, buscan que cada quién contribuya según las emisiones que genere y su grado de toxicidad. El compromiso fundamental de este programa, es que nadie diga que no, al esfuerzo que le corresponde.

Los compromisos así, se identifican alrededor de los causantes de la contaminación y las áreas prioritarias de acción:

1. **La Industria Petrolera**, en sus aspectos de refinación, distribución y calidad de combustibles.
2. **El Transporte**, en sus modalidades de carga, colectivo e individual, tanto en su eficiencia urbana y ambiental, como en su avance tecnológico, racional aprovechamiento energético y control de emisiones contaminantes.
3. **La Industria Privada y los Establecimientos de Servicios**, en su modernización tecnológica y productiva, así como en su eficiencia energética y control de emisiones contaminantes.
4. **Las Termoeléctricas**, por ser los mayores consumidores de combustibles en la Ciudad, en el uso continuo de energéticos limpios.
5. **Reforestación y Restauración Ecológica** de los suelos deforestados, zonas sin drenaje, reservas ecológicas ocupadas y tiraderos a cielo abierto.
6. **Investigación, Educación Ecológica y Comunicación Social**, por las entidades a cargo del monitoreo de la calidad del aire, de la investigación y de la comunicación social.



---

## 2.2 COMPROMISOS

### INDUSTRIA PETROLERA

El mejoramiento de los combustibles que se emplean en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México constituye la estrategia principal del Programa, tanto desde el punto de vista económico y financiero, como de las metas que se pueden alcanzar en la reducción de emisiones contaminantes.

El compromiso que se ha impuesto PEMEX es el de producir mejores combustibles en los plazos más cortos. Para ello, ya se han realizado importantes erogaciones, para adicionar MTBE a las gasolinas y distribuir la nueva gasolina Magna Sin. Adicionalmente, se han gestionado recursos financieros del exterior para invertir en la eliminación de los elementos y compuestos nocivos a la salud y los ecosistemas.

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

1. **Elaboración de gasolinas de calidad ecológica Internacional**
2. **Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre**
3. **Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre**
4. **Elaboración de los compuestos oxigenados TAME y MTBE**
5. **Suministro de gasolina sin plomo a los vehículos 1991 y con convertidor catalítico**
6. **Continuar con el suministro de gasolinas oxigenadas en la ZMCM**
7. **Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo**
8. **Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo**
9. **Monitoreo de emisiones en chimeneas de la Refinería 18 de Marzo**
10. **Instalación de membranas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles**
11. **Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles, y gasolineras**

## TRANSPORTE

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

Para cambiar las tendencias se necesita privilegiar el transporte colectivo sobre el individual, el mejoramiento tecnológico de los vehículos automotores que circulan en la Ciudad, el control de la circulación y la expansión de los sistemas eléctricos de transporte.

Las acciones tomadas a la fecha en este sector transporte se redoblarán y además se establecerán nuevos compromisos bajo las siguientes medidas:

12. **Introducción Inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991.**
13. **Ampliación del METRO**
14. **Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión de contaminantes**
15. **Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico**
16. **Mejoramiento de vialidades, estacionamientos, semaforización y coordinación de modos de transporte**
17. **Autorización de Rutas de Autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte Institucional, de escolares y empleados**
18. **Continuación del programa HOY NO CIRCULA.**
19. **Ampliación del Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas LP**
20. **Reconversión de flotillas de camiones de carga de gasolina a gas LP, Incorporando convertidores catalíticos.**
21. **Instalación de convertidores catalíticos en nuevos Combi y Microbuses.**
22. **Sustitución de gasolina por gas LP en camiones distribuidores de carga en el Valle de México**



---

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

## **INDUSTRIA PRIVADA Y ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS**

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

En este programa, los sectores industrial, de servicios y giros mercantiles se comprometen a:

23. **Cambio de combustóleo por gas natural en Industrias**
24. **Convenios con la Industria para control de emisiones**
25. **Prohibición de nuevas industrias contaminantes**
26. **Racionalización del abasto de materiales y bienes en la Ciudad**
27. **Control de emisiones y reubicación de fundidoras**
28. **Realización de monitoreos continuos en las industrias más contaminantes**
29. **Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicio**

## **TERMoeLECTRICAS**

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

La sustitución fue cada vez mayor en tiempo y volumen y hoy día ha alcanzado su punto óptimo de proceso, de tal suerte que las centrales termoeléctricas operan todo el año con una relación promedio 80% gas natural, 20% combustóleo. Es importante mencionar, que al final de la vida útil de las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México, se construirán nuevas centrales fuera del Valle de México y así eliminar esta importante fuente de emisiones contaminantes.



---

Los compromisos de la CFE en este campo son:

30. **Utilización de gas natural hasta no contar con combustóleo de bajo contenido de azufre**
31. **Suspensión Invernal en la operación de dos unidades de generación**
32. **Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas**

#### **REFORESTACION Y RESTAURACION ECOLOGICA**

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

33. **Programa de Reforestación Urbana**
34. **Reforestación del Valle de México y su área de influencia ecológica**

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

#### **INVESTIGACION, EDUCACION ECOLOGICA Y COMUNICACION SOCIAL**

En los últimos años ha habido un avance notable en la conciencia ecológica de los habitantes de la Ciudad de México. La mejor manera de garantizar su permanencia y profundizar sus efectos positivos es transmitir a la población infantil una información científica que los oriente sobre la situación de su Ciudad, los problemas y las soluciones en marcha. Es imprescindible sobre todo, educar a las nuevas generaciones en el tipo de comportamientos sociales y comunitarios, sin los cuales sería imposible tener éxito en la lucha contra la contaminación del aire, del agua, del suelo.

##### **Investigación Científica y Tecnológica**

Los fenómenos atmosféricos del Valle de México relacionados con la calidad del aire y la contaminación requieren ser estudiados con profundidad y seriedad científica. Para ello, diversas instituciones académicas y de investigación, nacionales y extranjeras, encabezadas por el Instituto Mexicano del Petróleo, llevarán a cabo un estudio global sobre estos fenómenos. Los resultados de su



---

esfuerzo servirán de base para simular, bajo distintas condiciones climáticas y meteorológicas, la dispersión de los contaminantes emitidos al aire y su transformación en el Valle.

#### Información didáctica de alta calidad

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

#### Formación de profesionales y capacitación técnica

Con las universidades se tendrá que desarrollar un gran trabajo de formación de profesionales e investigadores en distintas ramas que incidan sobre el conocimiento de la Ecología y su vinculación con los procesos económicos, urbanos, con la Psicología Social, la elaboración de proyectos, la Administración Pública y Privada y el Derecho. En este momento se realizan ya nuevos programas de postgrado y administración con estos contenidos, que están mostrando el amplio potencial que existe para preparar a profesionales que la Ciudad, el gobierno, el sector privado y la propia comunidad pueden emplear.

#### Comunicación Social

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

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

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

35. **Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores**
36. **Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles**
37. **Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA)**
38. **Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA)**

- 
- 
39. **Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM**
  40. **Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación**
  41. **Capacitación de maestros y formación de los niños**
  42. **Programas de formación profesional y capacitación**

#### **Programa de Contingencias Ambientales**

Las acciones que se han adoptado y que se realizarán bajo este Programa, los avances en la participación social, la información cada vez más amplia de los problemas ambientales y sus causas, disminuyen la posibilidad de episodios de emergencia, pero no se puede afirmar que, bajo condiciones atmosféricas y climáticas especialmente adversas, no exista la necesidad de aplicar el Programa de Contingencias Ambientales.

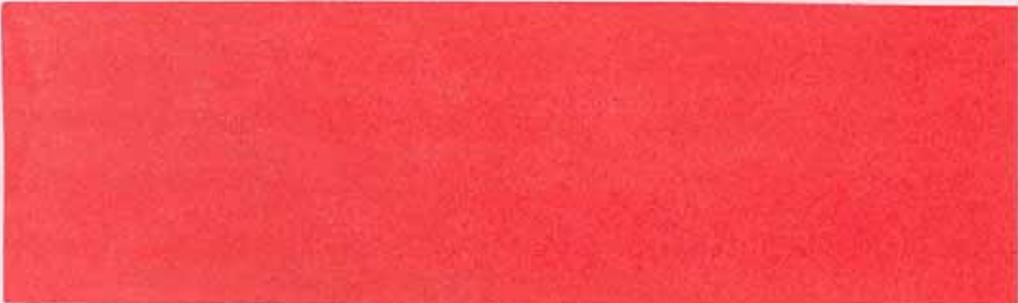
Ciudades con mejores condiciones fisiográficas y climáticas, con mucho menor carga industrial y menor número de vehículos, han sufrido adversidades ambientales. En caso de preverse condiciones críticas, con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se aplicaría el Plan de Contingencias.



---

# INSTRUMENTACION DEL PROGRAMA

## 3



### 3.1 METAS

Con el Programa se podrán lograr los siguientes resultados:

1. Que en la Ciudad de México no se rebasen las normas internacionales de plomo. La eliminación progresiva del plomo en las gasolineras para los automóviles y de control en la industria, permitirá alcanzar lo obtenido en los países de mayor desarrollo durante la década anterior. Esta medida se considera en los países desarrollados, como el mayor avance obtenido en materia de salud.
2. Lograr, en forma permanente, que en el aire de la Ciudad de México no se rebasen las normas nacionales e internacionales de dióxido de azufre. El Programa permitirá reducir en dos terceras partes, los contenidos actuales de dióxidos de azufre, lo que representa un importante avance para la salud humana.
3. Se frenará el incremento en el aire de los niveles de partículas originadas por la destrucción de bosques, erosión de suelos y tiraderos clandestinos. Se ampliará la cobertura del servicio de drenaje en las colonias populares. Una experiencia exitosa en el esfuerzo de reducir partículas es el Plan Texcoco. Con esfuerzos masivos en este campo, se reducirán muchos problemas de salud, incluyendo los relacionados con infecciones intestinales.

- 
- 
4. Con este Programa se reducirán en forma significativa los hidrocarburos, uno de los precursores del ozono. Con la incorporación gradual de los convertidores catalíticos y mejores sistemas de combustión en la industria y los servicios, los óxidos de nitrógeno, otro de los precursores del ozono, también se reducirán.

Será más difícil avanzar en la reducción de las tasas de crecimiento de la contaminación por ozono. La experiencia internacional muestra que se desconocen muchos aspectos de su formación y desarrollo, y que se requiere aplicar estrategias consistentes durante largos períodos de tiempo, para modificar esas tendencias. El ejemplo más ilustrativo es el de Los Angeles, E.U.A., donde el problema alcanzó en los años cincuenta, niveles peligrosos para la salud. Desde entonces se ha aplicado un programa consistente para reducirlo y no será sino hasta el año 2010 cuando se espera cumplir con la norma establecida.

En suma: si en 1986 no se hubiera empezado a sustituir combustóleo por gas en las termoeléctricas, ni se hubiera reducido el tetraetilo de plomo; si en 1989 no se hubiera organizado la verificación vehicular, ni se hubieran introducido las gasolinas oxigenadas y el programa HOY NO CIRCULA; y, sobre todo, si no se contara con este Programa Integral el problema de la contaminación atmosférica habría atentado contra la viabilidad de la Ciudad. Si cada sector cumple con la parte que le corresponde, podrán modificarse las tendencias y garantizar condiciones de salud y vida digna a todos los habitantes del Valle de México.

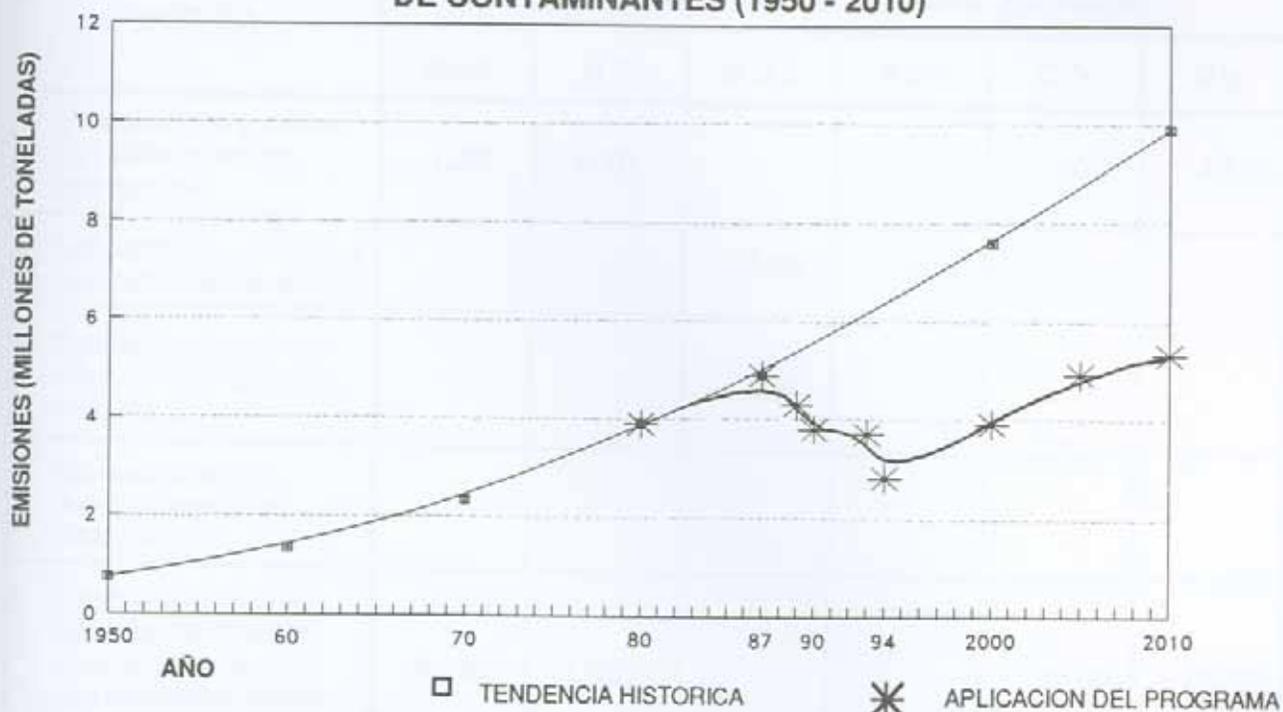
En la **Gráfica 21** se muestra la evolución que han tenido las emisiones de contaminantes a través de las últimas décadas en la ZMCM. Indica también las tendencias al año 1994, cuando todas las medidas del Programa entren en vigor, y al horizonte 2010. Las estimaciones se realizaron con base en los consumos totales de combustibles para el Valle de México y los Inventarios de Emisiones elaborados por las instituciones que participan en este Programa.

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

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

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

**GRAFICA 21. COMPORTAMIENTO HISTORICO Y PROYECCIONES DE CONTAMINANTES (1950 - 2010)**



Para el invierno de 1989-90, se tomaron medidas drásticas, que a la fecha continúan, las cuales incluyen: HOY NO CIRCULA, adición de MTBE a las gasolinas, verificación semestral de vehículos automotores e incremento, al nivel óptimo, en la sustitución de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas Valle de México y Jorge Luque. El efecto de las medidas tomadas entre 1987 y 1989 se manifestó en una reducción de los niveles de emisión calculada en 600 mil toneladas respecto al inventario de 1987; para dar como resultado un total de 4.3 millones de toneladas en 1989. De no haberse aplicado estas medidas, se estima que las emisiones hubieran llegado a 5.5 millones de toneladas en dicho año.

En 1990 se inicia el presente Programa, cuya aplicación será gradual y reducirá paulatinamente las emisiones de contaminantes atmosféricos, hasta alcanzar una meta de 2.8 millones de toneladas. En este período, mientras se construyen las plantas que proporcionarán a la ZMCM combustibles de mejor calidad y se instrumentan los mecanismos de prevención y control de emisiones, se estima un ligero incremento de las mismas, proporcional al crecimiento económico de la Ciudad y al consumo de energéticos (Gráfica 22).

Para los horizontes 2000 y 2010, las emisiones totales crecerán, de no llevarse a cabo nuevas medidas de control de emisiones, cambio de tecnologías en la industria y vehículos automotores, reestructuración del transporte y racionalización del consumo de energéticos. En este caso, se estima que los efectos del Programa permitirían llegar al año 2010 con un volumen de emisiones similar al de 1986.

**GRAFICA 22. ESTIMACION DE REDUCCIONES AL INVENTARIO DE EMISIONES**

MEDIDA	PORCENTAJE DE REDUCCION ESTIMADO					
	NOx	HC	SO2	PST	CO	Pb
1. Elaboración de gasolina de calidad ecológica internacional	1.20	4.10			10.3	40.0
2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre			7.20	12.0		
3. Elaboración de combustible con bajo contenido de azufre			35.9			
4. Elaboración de compuestos oxigenados TAME y MTBE						
5. Suministro de gasolina sin plomo, MAGNA SIN para los vehículos 1991 con convertidor catalítico	(0.20)	(1.30)			(2.60)	(0.50)
6. Continuación de suministro de gasolina oxigenada con MTBE						
7. Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo			2.40			
8. Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo		1.09				

En esta tabla se consideran únicamente las medidas del Programa que tienen un impacto directo y significativo sobre el inventario de emisiones.

En la medida 1 se considera el empleo de gasolina en vehículos automotores sumando las reducciones logradas en las medidas 4 y 6. El impacto de la medida 5 se incluye en la 12. Las medidas 10 y 11 se contabilizan juntas.

**GRAFICA 22. ESTIMACION DE REDUCCIONES AL INVENTARIO DE EMISIONES**

MEDIDA	PORCENTAJE DE REDUCCION ESTIMADO					
	NOx	HC	SO2	PST	CO	Pb
10. Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento		3.70				
11. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolineras						
12. Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina modelo 1991	0.20	1.30			2.60	0.50
13. Ampliación del Metro	1.60	0.70			1.30	
14. Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión contaminante	0.40	0.20		0.00	0.20	
15. Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico	1.00	0.30			0.40	
17. Autorización de rutas de autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional de escolares y empleados	0.50	0.80			1.70	
18. Continuación del Programa Hoy No Circula	1.10	1.20			2.40	

**GRAFICA 22. ESTIMACION DE REDUCCIONES AL INVENTARIO DE EMISIONES**

MEDIDA	PORCENTAJE DE REDUCCION ESTIMADO					
	NOx	HC	SO2	PST	CO	Pb
19. Ampliación del Programa de Verificación Obligatoria de vehículos a gasolina, diesel y gas LP		5.60			5.90	
20. Reconversión de flotillas de camiones de carga a gas LP, incorporando convertidores catalíticos	1.50	5.80			8.70	
21. Introducción de convertidores catalíticos en nuevas combis y minibuses	1.70	1.10			2.20	
22. Cambio de combustóleo por gas natural en industrias			7.20			
26. Control de emisiones y reubicación de fundidoras	0.01		0.05	0.07	0.05	
28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicios	0.22	0.002	1.04	0.05	0.01	
29. Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de azufre			23.20			
30. Suspensión invernal en la operación de unidades de generación.			2.90			

**GRAFICA 22. ESTIMACION DE REDUCCIONES AL INVENTARIO DE EMISIONES**

MEDIDA	PORCENTAJE DE REDUCCION ESTIMADO					
	NOx	HC	SO2	PST	CO	Pb
32. Programa de reforestación Urbana				9.60		
33. Reforestación del Valle de México y su área ecológica de influencia				33.50		
REDUCCION TOTAL	5.36	26.05	79.40	55.20	36.10	40.50
EMISIONES 1989 (TON / AÑO)	177,339	572,101	205,725	450,599	2'950,627	1,237
REDUCCION ESTIMADA (TON / AÑO)	9,505	149,032	163,346	248,731	1'065,176	501

La reducción total estimada en masa asciende a 1'635,790 ton / año, lo que significa una disminución del 37.5% del total del inventario actual, dando como resultado un inventario de aproximadamente 2.8 millones de toneladas.

Por su importancia en la salud, el plomo se ha incluido en la presente tabla, aunque su masa se considera dentro de las partículas suspendidas totales.



---

## 3.2 MEDIDAS

### INDUSTRIA PETROLERA

#### 1. Elaboración de gasolina de calidad ecológica Internacional

- Producción y distribución de gasolina sin plomo "Magna Sin", para todos los automotores que para 1991 incluyen convertidor catalítico.

Se contempla además, la ejecución de proyectos de inversión que permitirán incrementar la capacidad de elaboración de gasolina sin plomo. Los proyectos que integran esta medida son los siguientes:

- Modificación a un proceso de regeneración continua del proceso semi-regenerativo de las plantas reformadoras de naftas de las refinerías de Tula, Cadereyta, Salamanca y Minatitlán.
- Ampliación de la planta reformadora de naftas de la refinería de Ciudad Madero y su conversión a regeneración continua.
- Modificación del proceso de reacción combinado a proceso de regeneración continua en las refinerías de Tula y Ciudad Madero.
- Isomerización de pentanos y hexanos, mediante la instalación de tres plantas en Cangrejera, Minatitlán y Cadereyta.

La reconversión de las reformadoras de naftas del proceso semi-regenerativo al de regeneración continua contribuirá al aumento del índice de octano de las gasolinas reduciendo la adición de tetraetilo de plomo.

Además, dicha reconversión facilitará disponer de una gasolina adecuada para ser utilizada en vehículos equipados con convertidores catalíticos de tres vías y, adicionalmente, cumplir con los requerimientos de motores de combustión interna más eficientes.

Por su parte, el proyecto de isomerización de pentanos y de hexanos tiene como objetivo la obtención de compuestos de baja reactividad fotoquímica que contribuyan al aumento del índice de octano. Se contempla la instalación de tres plantas: la primera de ellas producirá una corriente rica de pentanos y será construida como parte de las instalaciones del Complejo Petroquímico de La Cangrejera; las otras dos plantas entregarán corrientes ricas de hexanos y se construirán para formar parte de las instalaciones productivas de la refinería de Minatitlán y Cadereyta, respectivamente.



---

La ejecución de este proyecto concluirá en treinta y seis meses. La inversión global requerida para la ejecución de estas obras es de 455 millones de dólares, que incluyen lo concerniente a la producción de compuestos oxigenados y metanol descritos en la medida número cuatro del presente documento.

Estos proyectos son los que mayor efecto positivo tendrán sobre la calidad del aire, pues permitirán eliminar progresivamente el plomo y contribuirán a reducir - vía la introducción de convertidores catalíticos en vehículos - emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. A medida en que se vaya renovando la planta vehicular, se irán abatiendo más emisiones contaminantes.

Los estudios de factibilidad de los proyectos relacionados con esta medida fueron preparados y negociados con el EXIMBANK del Japón y el Banco Mundial para la obtención de los financiamientos necesarios para su ejecución.

Adicionalmente, desde 1988 y con un costo de 345 millones de dólares, provenientes del presupuesto de PEMEX, se vienen realizando adecuaciones en las plantas existentes para incrementar el índice de octano de las gasolinas.

Por otra parte, se construyen dos conjuntos de plantas hidrodesulfuradoras y reformadoras de naftas con una capacidad de producción de 25,500 BPD cada una, que entrarán en operación en diciembre de 1990 y julio de 1991, respectivamente. Estos conjuntos representan una inversión de 270 millones de dólares.

## **2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre**

Este proyecto consiste en instalar cuatro plantas hidrodesulfuradoras en las refinerías de Cadereyta, Ciudad Madero, Salamanca y Tula, con el fin de obtener diesel con bajo contenido de azufre. Con esta medida se reducirá el contenido de azufre del 0.5% actual, a solamente el 0.1%. Es decir, permitirá reducir en 80% el azufre contenido en el diesel, con lo que se disminuirán las emisiones de partículas y bióxido de azufre a la atmósfera.

Se estima que la construcción de las plantas que integran este proyecto concluirá en 1993. Las inversiones para el proyecto de hidrodesulfuración de diesel suman 224 millones de dólares, provenientes de un crédito del Fondo de Cooperación Económica de Ultramar (OECF) de Japón.

Como un esfuerzo adicional, PEMEX tiene actualmente en construcción cuatro plantas hidrodesulfuradoras de 25 MBD cada una, dos en Tula y dos en Salina Cruz, con un costo de 200 millones de dólares, las cuales entrarán en operación entre diciembre de 1990 y julio de 1991.

## **3. Elaboración de combustóleo con bajo contenido de azufre**

Más de la mitad del combustóleo que se consume actualmente en la ZMCM contiene un promedio de 4% de azufre. Con la ejecución de esta medida, dicho contenido se reducirá a solamente 0.8%, una disminución de más del 80% en relación al contenido actual.



---

Para ello, se contempla la construcción de un complejo en la refinería de Tula que incluye plantas de hidrot ratamiento de residuales, generación de hidrógeno, fraccionamiento, recuperación de ligeros, endulzamiento de gas y recuperación de azufre.

Se estima que el tiempo de construcción del complejo será de 48 meses, a partir del inicio de los trabajos en marzo de 1991. Las inversiones que demanda esta medida ascienden a 483 millones de dólares.

El complejo hidrodesulfurador permitirá mejorar la calidad del combustóleo. Se estima que las emisiones de dióxido de azufre en la ZMCM disminuirán en 54.4% respecto a las que se generan actualmente por concepto de la quema de este combustible. Así esta medida ayudará a reducir las emisiones de contaminantes de todas las industrias y servicios que lo utilizan.

A partir de 1986, Petróleos Mexicanos se dió a la tarea de elaborar combustóleo ligero con un contenido de azufre controlado (3%). Actualmente, en la refinería de Azcapotzalco se tiene una capacidad de producción de 18 MBD. Este combustóleo, al ser el de mejor calidad producido hasta la fecha, ya se está utilizando por parte de las industrias altamente consumidoras en la ZMCM, con el fin de disminuir contaminantes.

#### **4. Elaboración de compuestos oxigenados de TAME Y MTBE.**

Esta medida comprende la instalación de plantas para la obtención de éter metil terbutílico (MTBE) y Eter ter-amil metílico (TAME). Asimismo, se construirá una planta para producir metanol para su uso como materia prima en la producción de dichos compuestos.

La adición de MTBE y el TAME tiene el fin de optimizar la combustión y elevar el índice de octano de las gasolinas.

El proyecto comprende la construcción de seis plantas. Una de ellas producirá metanol, ya sea como parte de la refinería de Tula o bien del Complejo Petroquímico Independencia. Otras tres producirán MTBE y pertenecerán a la refinería de Salamanca, a la de Tula y al Complejo Petroquímico Morelos, respectivamente. Las dos plantas restantes elaborarán TAME, una pertenecerá a la refinería de Salina Cruz y la otra formará parte de la de Cadereyta.

Se prevee que el tiempo de construcción de las seis plantas para la producción de MTBE, TAME y metanol será en conjunto de treinta y seis meses. Las inversiones deben de iniciarse en junio de 1991. El costo de este paquete de proyectos está considerado en el monto total de la medida uno.



---

**5. Suministro de gasolina sin plomo para los vehículos 1991 y con convertidor catalítico**

El Gobierno Federal y la Industria Automotriz acordaron en 1986 la instalación de convertidores catalíticos a partir de 1991. Con este acuerdo México se ha colocado a la vanguardia de los países en vías de desarrollo, en el uso de tecnologías para el control de la contaminación vehicular. Mientras en los Estados Unidos se empezaron a instalar irregularmente a partir de 1975 y en Europa sólo a partir de 1987, México es el único país del "Sur" que los ha incorporado.

Los convertidores catalíticos son capaces de reducir hasta en un 90% las emisiones contaminantes del escape, por lo que se han constituido en la solución técnica más avanzada para el control de las emisiones provenientes de autos a gasolina o gas LP. Sin embargo, para su adecuada operación, el auto debe usar gasolina sin plomo, en virtud de que éste elemento "envenena" al convertidor catalítico impidiendo la transformación química de contaminantes.

Por tal motivo, PEMEX programó la introducción de la gasolina MAGNA SIN, la cual posee un contenido de plomo inferior a los 0.01 g por galón y posee un índice de octano de 92 (equivalente a un índice de octano de 87 determinado con el nuevo procedimiento aprobado  $(RON + MON)/2$ ), de 7 a 9.5 libras de presión de vapor, un aditivo dispersante detergente y color verde.

La distribución de esta gasolina está garantizada a nivel nacional de manera que al menos cada 150 km exista una estación de servicio que la expendan en cantidades suficientes. Aproximadamente el 40% de las estaciones de servicio existentes ya cuentan con este tipo de combustible.

El consumo de la gasolina MAGNA SIN irá en aumento en la medida en que la planta vehicular se renueve. Por ello, esta acción se verá reforzada con la construcción de plantas reformadoras y de compuestos oxigenados, con el fin de satisfacer las futuras demandas de gasolina sin plomo. Se estima que para 1994 el 49% de la gasolina consumida en la ZMCM será sin plomo.

**6. Continuación del suministro de gasolina oxigenada con MTBE**

En la ZMCM los procesos de combustión a gasolina no se realizan en condiciones óptimas debido, entre otros factores, a que la concentración de oxígeno en el aire es aproximadamente 23% menor que a nivel del mar. Esto se traduce principalmente en una mayor emisión de CO y HC.

Por tal razón, el 20 de noviembre de 1989 se introdujeron gasolinas adicionadas con MTBE, el cual es un compuesto que compensa el déficit de oxígeno atmosférico y, en consecuencia, contribuye a aumentar la eficiencia de combustión. Además, incrementa el índice de octano.

Las emisiones de mezclas de gasolinas con 5% de MTBE son en promedio menores en 15% en CO y 12% en HC, comparadas con las gasolinas normales. El suministro de gasolinas con MTBE continuará debido a los impactos positivos que se han observado durante este período. Para ello, PEMEX continuará importando 5,000 barriles diarios, con un costo anual aproximado de 95 millones de dólares, hasta que entren en producción las nuevas plantas nacionales.



---

**7. Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo**

Esta medida contempla la modernización de la actual planta recuperadora del azufre contenido en los gases provenientes de la planta catalítica de la refinería de Azcapotzalco, en el Distrito Federal, y la instalación de una segunda planta del mismo tipo. Su objetivo es ampliar la eficiencia del proceso de recuperación de dicho elemento para reducir las emisiones de la refinería de Azcapotzalco a la atmósfera de la ZMCM.

Con base en las estimaciones realizadas, se prevee que serán necesarios 36 meses para la realización de este proyecto y se requiere una inversión de 9.1 millones de dólares. A la fecha se ha concertado el financiamiento con el Gobierno Japonés para la ejecución de dichas obras. Se estima que esta acción podrá reducir en 2.7% las emisiones totales de bióxido de azufre dentro de la ZMCM.

**8. Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo**

Esta medida consiste en la instalación de una planta recuperadora de hidrocarburos, así como en la instalación y prueba de un quemador de bajo NOx en un equipo de combustión.

A la fecha se ha adquirido el total del equipo mayor y requisitado el material complementario. Asimismo, está en ejecución el programa de instalación, del cual se han terminado la ingeniería de montaje y la formulación de volúmenes de obra. La obra civil se inició recientemente. Por otra parte, se ha procedido a la instalación y prueba de un sistema reductor de NOx donado por el gobierno japonés, en una caldera del área de fuerza de la refinería.

El costo de esta medida asciende a 5.1 millones de dólares.

**9. Instalación de medidores continuos de emisiones en chimeneas de la Refinería 18 de Marzo**

Las emisiones de la Refinería 18 de Marzo son muy diversas, por lo que es necesario monitorearlas periódicamente. Esta información permitirá adoptar medidas inmediatas para el control de emisiones contaminantes. De igual manera, se apoyará a la Autoridad en la determinación de la calidad del aire en las inmediaciones de este centro de trabajo.

En cumplimiento de esta medida, PEMEX ha instalado en la Refinería 18 de Marzo medidores de oxígeno en las calderas 1, 2, 3, 4, 5, en la denominada caldera paquete y en la planta Perco No. 1, quedando pendientes por instalar los correspondientes a los calentadores de las plantas reductoras de viscosidad, alquilación, dodecibenceno, preparación de carga, polimerización y primarias. En adición a lo anterior, está en proceso de selección el equipo de medición de bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Con esta medida PEMEX, en coordinación con la SEDUE, llevará a cabo un programa de monitoreo en fuente y la instalación de controles de combustión, que permitan establecer y mantener un sistema de vigilancia ambiental en la Refinería 18 de Marzo.



---

Por otra parte, a partir de septiembre de 1990 se desarrolla un proyecto con el IMP con duración de dos meses para la medición directa de contaminantes atmosféricos, lo cual comprende la evaluación de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HC, temperatura, medición de flujos, partículas y humedad.

Además, desde febrero de 1990 se participa conjuntamente con SEDUE y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en un estudio enfocado al control de la contaminación producida por la industria y los establecimientos comerciales y de servicios. En complemento a estas acciones, desde 1988 se vienen realizando mediciones de SO<sub>2</sub> atmosférico en puntos aledaños a la Refinería.

**10. Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento de combustibles**

El programa de instalación de membranas internas flotantes comprende 23 tanques de almacenamiento de petróleo crudo y de gasolina, que evitarán pérdidas por evaporación hacia la atmósfera en un 98%.

A la fecha, se han instalado 9 techos flotantes y otros 14 se encuentran en proceso. Se prevee que el programa se concluirá en dos años más, con una inversión estimada en 1.6 millones de dólares.

**11. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles, y gasolineras**

En el manejo de la gasolina se desprenden vapores, que contribuyen a la formación de ozono. Además, algunos de estos vapores pueden ser tóxicos. La emisión de vapores se produce principalmente durante la carga y descarga de combustibles en las terminales de recibo y distribución, así como en las gasolineras. Las pérdidas de vapores en las instalaciones de gasolinas en el momento de carga del combustible se controlan mediante la recuperación de los vapores provenientes del tanque de almacenamiento.

Con relación a la medida en las terminales de recibo y distribución de Petróleos Mexicanos, se cuenta con un 80% de avance en la modificación de instalaciones para el llenado de autotanques por la parte inferior, con lo que se disminuye la emisión de vapores de hidrocarburos. Esta acción tiene un costo de un millón de dólares. Además, ya se han requerido los materiales necesarios para que en los próximos 18 meses se concluya la instalación de membranas internas flotantes en tanques de almacenamiento en las instalaciones de la ZMCM, con lo cual se logra recuperar el 98% de los vapores.

En relación a las gasolineras, se están concluyendo los proyectos de ingeniería, para instalar los sistemas de recuperación de vapores, ya que se estima se evapora más del 5% del combustible almacenado y servido en la ZMCM. La captación de los vapores generados al verter la gasolina en el tanque del vehículo se efectúa mediante una boquilla de aspiración instalada en la salida del surtidor, con una eficiencia de hasta el 95 por ciento. Esta medida se instrumentará a partir de junio de 1991 y recibirá financiamiento del Banco Mundial.



---

## TRANSPORTE

### 12. **Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991**

Todos los vehículos a gasolina modelo 1991 contarán, por primera vez en México, con convertidores catalíticos, los cuales reducen más del 80% las emisiones de escape de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

### 13. **Ampliación del Metro**

El objetivo principal del Programa Integral en materia de transporte es el de otorgar mayor peso al transporte colectivo que al individual, dando preferencia a los modos que puedan trasladar grandes volúmenes de personas, al menor costo para la sociedad y con la menor contaminación atmosférica por viaje posible.

El Metro es la alternativa de transporte ideal para cumplir con estos objetivos, por lo cual se continuará su expansión hacia las zonas más pobladas de la ZMCM, rebasando los límites del Distrito Federal, para llegar a los municipios conurbados del Estado de México, al oriente de la ciudad.

Para ello, se construirán 34 kilómetros más de líneas del Metro, empezando por la línea Pantitlán a Los Reyes-La Paz, que quedará concluida en 1991. Posteriormente se continuará con la línea 8 de Iztapalapa a Salto del Agua y en función de las disponibilidades financieras, con la línea Guerrero-Ecatepec.

### 14. **Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión de contaminantes**

Hasta 1989, los autobuses de R-100 poseían motores cuyas características no permitían controlar sus emisiones contaminantes, principalmente las de humo en el escape. Sus emisiones de humo negro son visibles a lo largo de las rutas que recorren, causando molestias a la población.

Para solucionar este problema, a la fecha se han renovado o adquirido 1,750 de los 3,500 autobuses de R-100 y los restantes se encuentran en proceso. La renovación incluye nuevos motores, mismos que cumplen con las normas de emisión de contaminantes más estrictas a nivel mundial.

## 15. Reordenación y ampliación del sistema de transporte eléctrico

El Sistema de Transporte Eléctrico del Distrito Federal que se compone de trolebuses y el tren ligero a Xochimilco actualmente sólo mueve a menos del 2% de los pasajeros de la ZMCM. Adicionalmente tiene el costo más alto de pasajero transportado de todos los sistemas de transporte público. Este modo representa una alternativa de transporte no contaminante y por ello es conveniente su expansión a partir de las siguientes medidas:

- Reordenación y reestructuración del funcionamiento del Sistema de Transportes Eléctricos.
- Promoción de los financiamientos que permitan su expansión en las zonas centrales de la Ciudad de acuerdo al Programa Integral de Transporte.

## 16. Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte

### 16.1 Construcción de Libramientos Carreteros

Para evitar el paso del transporte de carga regional a través del área urbana de la Ciudad de México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha diseñado y comenzado la construcción de un sistema de libramientos carreteros. Los siguientes tramos están ya en construcción o proyecto:

- la Venta-Lechería que permite conectar la carretera de Toluca con la de Querétaro sin tener que usar el anillo periférico.
- Peñón-Texcoco que aliviará el tránsito en la calzada Ignacio Zaragoza. Se estudia su prolongación hasta la carretera a Pachuca.
- Libramiento de nuevo trazo para ligar la carretera de Toluca con la de Cuernavaca.

### 16.2 Mejoramiento de los accesos a la ciudad

Con el fin de resolver los principales cuellos de botella viales de la ciudad, se han diseñado nuevas soluciones para los principales accesos.

- Calzada Ignacio Zaragoza. Junto con las obras de la nueva línea del METRO Pantitlán-Los Reyes que estarán listas en el primer semestre de 1991 se está transformando la calzada en una vía rápida con seis pasos a desnivel en una longitud de 11 kilómetros.

- 
- 
- Nueva carretera Toluca. La Secretaría de Comunicaciones y Transporte terminará en el último trimestre el tramo Universidad Iberoamericana-La Venta de la nueva carretera. Como complemento a esta obra se construirá el distribuidor Constituyentes-Reforma.
  - Boulevard actual carretera Toluca. Con la terminación de la nueva carretera Toluca, entre CONAFRUT y La Venta, la actual carretera pasará a convertirse en un boulevard arbolado de 11 kilómetros que mejore la circulación en toda la zona.
  - Accesos de Pachuca y Cuernavaca. En los accesos de la carretera federal de Cuernavaca y la carretera de Pachuca se realizarán obras destinadas a resolver los cuellos de botella que actualmente se presentan.

### **16.3 Obras Viales Urbanas**

El Programa Integral de Transporte pone el énfasis en el mejoramiento del transporte público, por lo que las mayores inversiones se destinarán a ello. Sin embargo existen algunas obras viales que permiten mejorar sustancialmente el tránsito y que han sido cuidadosamente seleccionadas y diseñadas. Destacan las siguientes:

- Continuación del Anillo Periférico. La ampliación del anillo periférico entre Cuernavaca y calzada México Tulyehualco se terminará en 1990. Durante 1991 se continuará el anillo en todo el sector oriente entre calzada México-Tulyehualco y la calzada Ignacio Zaragoza.
- Paso a desnivel Periférico-Las Flores. Durante 1990 quedará concluida la ampliación de este paso a desnivel que mejorará el tránsito en una amplia zona del poniente de Alvaro Obregón.
- Pasos a desnivel en calzada de Tlalpan. En el primer trimestre de 1991 se concluirán los dos pasos a desnivel en los ejes Municipio Libre y Zapata y se iniciará la construcción del de Tlalpan y División del Norte.

### **16.4 Estacionamientos**

Dentro del Programa Integral de Transporte, los estacionamientos se irán organizando para desalentar el uso del automóvil en las zonas centrales congestionadas mediante tarifas escalonadas. Se estimulará su construcción en la periferia del Centro Histórico y cerca de las estaciones del METRO y se utilizarán parquímetros para ordenar el estacionamiento en la vía pública y propiciar el uso de los edificios de estacionamiento.

### **16.5 Semaforización y Señalización**

La circulación de vehículos se optimiza con semáforos electrónicos, conexiones menores en cruces y glorietas y una adecuada señalización. Dentro de un esquema de prioridades se irán mejorando los cruceos más conflictivos de la Ciudad.



---

### **16.6 Programa Integral de Transporte**

A partir de los estudios y modelos de simulación con que cuenta el Departamento del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México y tomando en cuenta las aportaciones y recomendaciones de la primera Asamblea de Representantes del Distrito Federal y de la H. Cámara de Diputados se elaboró y puso en marcha el Programa Integral de Transporte. Este programa representa el primer avance para lograr una concepción integral y una adecuada coordinación de modos de transporte; prevenir los impactos ambientales y lograr una adecuada coordinación de recursos que permita atender los rezagos y cubrir las futuras demandas.

### **16.7 Descentralización del Sistema Aeroportuario del Valle de México**

La operación actual del Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México concentra prácticamente todas las operaciones aéreas de la ZMCM, con la consiguiente contaminación y congestión.

Para mitigar este problema, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte ha diseñado un sistema aeroportuario que descentralizará las operaciones a varios aeropuertos de la región centro del país. Dentro de este programa destaca la transferencia de las operaciones internacionales al aeropuerto de Toluca. Con ello, se disminuirá la contaminación producida por los aviones en el Valle al tiempo que se descongestionarán las vías de acceso al Aeropuerto Benito Juárez.

### **17. Autorización de Rutas de Autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional, de escolares y empleados.**

Con el objeto de desestimular el uso del auto particular en áreas residenciales, el DDF otorgará concesiones para autobuses que ofrezcan un servicio de alta comodidad.

Como una forma de incidir directamente en el tránsito y reducir el número de vehículos en circulación en horas pico y, en consecuencia, abatir los niveles de contaminación, el Departamento del Distrito Federal promoverá la concertación de acuerdos concretos entre transportistas y organizaciones de escuelas privadas y padres de familia, por un lado, y con sindicatos y empresas mayores públicas y privadas, por el otro, que incrementen y faciliten a costos accesibles, la utilización de autobuses privados para el transporte colectivo de escolares y empleados en la Ciudad de México.

### **18. Continuación del programa HOY NO CIRCULA**

El programa Hoy No Circula, iniciado el 20 de noviembre de 1989, se ha mantenido vigente por los impactos positivos logrados en la reducción de la contaminación atmosférica y del tráfico, así como por la participación y aceptación de la ciudadanía.



---

Esta medida consiste en retirar de la circulación el 20% de la planta vehicular de la ZMCM, ya que para cada día de la semana laboral (de lunes a viernes) se impuso la restricción de circular de acuerdo con el último dígito de las placas, tocando de esta forma dos dígitos por día: lunes 5 y 6, martes 7 y 8, miércoles 3 y 4, jueves 1 y 2, y, viernes 9 y 0.

La asignación de los números y color del engomado a los días de la semana se hizo con base en un sorteo. Con excepción de los vehículos dedicados al transporte público, ambulancias, autos de bomberos y de policía, todos los automóviles, camiones o camionetas con motor a diesel y gasolina que transitan en el área metropolitana tienen que respetar la restricción.

#### **19. Ampliación del Programa de Verificación Obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas LP**

El programa de verificación obligatoria de vehículos a gasolina se inició en Enero de 1989. El objetivo de este programa es reducir los gases de escape, con el fin de garantizar una combustión bajo condiciones óptimas del motor y controlar el estado del sistema de escape. Así como informar al automovilista del estado de su vehículo.

De contar con 16 centros de verificación en 1988, se pasó rápidamente a contar 795 centros, en tan sólo seis meses, lo que permitió verificar a toda la planta vehicular. Así a lo largo de un año se verificaron aproximadamente 2.7 millones de vehículos. Por otra parte, la verificación de los vehículos a diesel reducirá la emisión de humos, HC y CO.

Con respecto a los vehículos foráneos a diesel, la SEDUE y la SCT firmaron el acuerdo por el que se establece la verificación semestral obligatoria de emisiones contaminantes de los vehículos de transporte de pasaje y carga, que circulen por caminos de jurisdicción federal.

Derivado de ello, desde el 1o. de junio de 1990, la SCT está aplicando a nivel nacional el programa de verificación de emisiones contaminantes, a un parque vehicular estimado en 200,000 unidades de transporte público federal, además de aquellas de propiedad de los Gobiernos Federal, Estatal y municipal que transitan por caminos de jurisdicción libre, las cuales se estiman en 100,000 unidades.

La verificación de los vehículos a diesel se realiza con base en la norma técnica ecológica que para el efecto expidió la SEDUE en diciembre de 1988. Al término del procesamiento de datos de la primera verificación, se hará un análisis exhaustivo de los resultados. Estos servirán de base para una nueva norma que será más estricta, hasta alcanzar la combustión más eficiente posible.

#### **20. Reconversión de flotillas de camiones de carga de gasolina a gas LP, Incorporando convertidores catalíticos**

El gas LP puede emplearse como sustituto de la gasolina en vehículos automotores, su empleo disminuye en un 60% las emisiones de HC y 40% las de CO.



---

En la ZMCM existe una disponibilidad de 15,000 BPD de gas LP, susceptible de ser empleado en vehículos automotores con un precio real, no subsidiado como lo es el gas doméstico. Este volumen permitiría abastecer a cerca de 45 mil camiones distribuidores.

Sin embargo, pruebas realizadas por el IMP indican un incremento substancial en la emisión de óxidos de nitrógeno al emplear este combustible. Antes de aplicar esta medida es necesario continuar con la evaluación de la factibilidad técnica y económica y proceder a instalar en forma paralela convertidores catalíticos.

## **21. Introducción de convertidores catalíticos en nuevos Combis y Microbuses**

Una importante fuente de contaminación son los combis y microbuses, que consumen aproximadamente el 18 % del total de la gasolina que se expende en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, pues no obstante su reducido número, realizan múltiples viajes.

En este sector, la estrategia es evitar la introducción de tecnología contaminante en los nuevos vehículos. Dado el alto kilometraje que actualmente recorren, la reposición de motores se hace cada dos o tres años. Lo que implica que la normatividad que ahora se establezca, por la velocidad de reposición, será prevaleciente en un período de 4 a 5 años.

Las decisiones incluyen:

- Sustituir con la mayor velocidad posible las unidades de menor tamaño y mayor contaminación, por aquellas de mayor tamaño y menor contaminación por viaje-persona.
- Efectuar las pruebas técnicas necesarias que aseguren la efectividad de la retroadaptación de convertidores catalíticos en unidades usadas. Aunque en el momento actual no es posible exigir esta medida, por no disponer de suficiente gasolina sin plomo y, sobre todo, porque repercutiría fuertemente en las tarifas de un servicio esencial de la economía popular, la medida deberá quedar técnicamente preparada para su instrumentación en previsión del mejoramiento de las condiciones económicas.
- Todos los vehículos de transporte colectivo, continuarán sujetos a la verificación de sus emisiones.
- Se realizarán acuerdos con la industria para que las nuevas unidades incorporen los avances tecnológicos e incluyan convertidores catalíticos, alcanzando niveles mínimos de emisiones. Se establecerá una norma técnica estricta a más tardar en febrero de 1991. No se otorgará concesión alguna a taxis, combis o microbuses que no cumplan con la norma.



---

## INDUSTRIA PRIVADA Y ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO

### 22. Cambio del combustóleo por gas natural en Industrias.

La SEDUE, en coordinación con PEMEX, ha identificado los establecimientos industriales que por su elevado consumo de combustibles y localización, constituyen fuentes de contaminación especialmente importantes. Para reducir significativamente sus emisiones, diversas empresas sustituirán el combustóleo que consumen por gas natural, para reducir 40 toneladas de emanaciones de azufre al día.

Estas industrias están integradas a la red metropolitana de distribución de gas natural y cuentan con las instalaciones necesarias para su recibo y empleo. PEMEX asume el compromiso de suministrar 28 millones de pies cúbicos por día de este combustible.

### 23. Convenios con la Industria para control de emisiones

Las 1,550 industrias grandes y medianas firmarán convenios específicos con la SEDUE para que en el plazo más breve que permitan sus recursos y posibilidades, pero no mayor a 36 meses a partir del 15 de noviembre de 1990, sustituyan procesos contaminantes o instalen equipos de control para que sus emisiones no rebasen las normas técnicas ecológicas pertinentes.

El cumplimiento de este compromiso está sujeto a verificación de las autoridades correspondientes. Las empresas que no estén en posibilidad de cumplir con la normatividad vigente serán clausuradas temporal o definitivamente y deberán reubicarse fuera del Valle de México, incorporando tecnología no contaminante. Las industrias se comprometen a enviar trimestralmente un avance de la instrumentación de las medidas acordadas.

Para lograr un avance rápido en la lucha contra la contaminación y en favor de la productividad y competitividad, el Gobierno Federal continuará actuando :

- Con la participación del Sector Privado para el establecimiento de normas y estándares, así como la firma de convenios, acordando tiempos específicos y responsabilidades para su cumplimiento.
- Facilitando los trámites para la reconversión y en su caso reubicación industrial.
- Facilitando créditos para la modernización tecnológica y la adquisición de equipo de control de contaminantes.
- Promoviendo reuniones de empresarios mexicanos con grupos internacionales con tecnologías de punta.
- Obteniendo información internacional y otorgando asesoría sobre procesos y tecnologías de baja emisión de contaminantes y de generación de residuos.



---

**24. Prohibición de nuevas industrias contaminantes**

Queda prohibida la instalación de nuevas empresas o la ampliación de procesos altamente consumidores de hidrocarburos o agua potable. El Gobierno Federal definirá y establecerá con precisión los parámetros de medición del consumo de hidrocarburos y agua potable máximos, para la fijación y aplicación de este programa.

**25. Racionalización del abasto de materiales y bienes en la ciudad.**

El gobierno de la ciudad acordará con la industria y los servicios, la aplicación del reglamento correspondiente, a fin de hacer más fluido el flujo de tránsito en la Ciudad y reducir las concentraciones de los contaminantes vehiculares .

Se irán estableciendo acuerdos, rama por rama, en relación a horarios de abastecimiento de materiales de construcción, insumos industriales y productos mercantiles.

**26. Control de emisiones y reubicación de Fundidoras**

En la ZMCM existen 216 fundidoras y acereras registradas legalmente. Se estima que alrededor de 100 más operan clandestinamente y cambian frecuentemente de ubicación.

La SEDUE, junto con el DDF y el gobierno del Estado de México, han realizado diversos acuerdos con la CANACINTRA, CANACERO y la Asociación Mexicana de la Industria de la Fundición, con los siguientes propósitos:

1. Instalar equipo de control de emisiones fugitivas y por chimenea en aquellas fundidoras que puedan permanecer en la ZMCM.
2. Identificar y clausurar total y definitivamente las fundidoras clandestinas.
3. Clausurar las fundidoras legalmente establecidas que no controlen sus emisiones.
4. A través de NAFINSA, otorgar financiamiento a fundidoras que deseen reubicarse, así como una prórroga de funcionamiento mientras se lleve a cabo la reubicación.

A la fecha, se han visitado 38 de estos establecimientos. En 36 de ellos no se contaba con el equipo de control correspondiente, por lo que fueron clausurados. Se tienen emplazados 80 establecimientos, mismos que podrían ser clausurados en caso de que no alcancen los lineamientos de operación requeridos. Eventualmente, sólo permanecerán en la ZMCM las fundidoras que cumplan cabalmente con la legislación vigente.



---

**27. Realización de monitoreo continuo en las industrias más contaminantes**

La SEDUE ha exigido la inmediata instalación de medidores continuos en las empresas de mayor potencial de aporte contaminante en la ZMCM; a la fecha, en las chimeneas de 25 establecimientos mayores se están instalando medidores de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

Las principales empresas consumidoras de hidrocarburos instalarán equipos de monitoreo continuo de sus emisiones y establecerán una red de laboratorios para la caracterización de sus afluentes y residuos sólidos.

Con esta medida se reforzarán las tareas de control y vigilancia en la ZMCM, ya que en un futuro próximo las mediciones se transmitirán de manera automática y directa al centro de operaciones de la RAMA.

Con relación al monitoreo ambiental en la Refinería 18 de Marzo, se ha establecido una estación de monitoreo de contaminantes y parámetros meteorológicos en su zona de influencia desde noviembre de 1989. Además, se ha complementado la vigilancia a la refinería con las estaciones de la SEDUE que se encuentran en las proximidades.

**28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en Establecimientos de Servicio**

Los establecimientos de servicio, como son baños públicos, lavanderías, panificadoras, restaurantes, hoteles y hospitales, entre otros, poseen procesos de combustión o de incineración bajo deficientes condiciones operativas, y representan una fuente significativa de emisiones por su consumo de combustóleo. El abatimiento de sus emisiones será destacado en la proporción en que la medida de fondo, que consiste en contar con una mejor calidad de combustóleo sin azufre, se vaya instrumentando y en base también a que se sustituya el uso y consumo de combustibles pesados por gas en estos giros.

Se incluye también la optimización de la eficiencia de combustión de las calderas instaladas en estos establecimientos, mediante ajustes operativos, mantenimiento preventivo y correctivo de estos procesos y la modernización de sus tecnologías.

**Baños Públicos y Bañearios**

Todos los baños públicos del D.F. han realizado ya su verificación de emisiones y han venido contribuyendo, junto con los del Estado de México, con un día a la semana sin funcionar para reducir sus emisiones contaminantes, desde el mes de agosto de 1990. Esta medida será reemplazada a partir de noviembre de este año, por una disminución equivalente a un mínimo de un 10% comprobable, bajo la supervisión de instituciones académicas como la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



---

En este mismo sector, se modernizarán en un lapso no mayor a seis meses un mínimo de 40 establecimientos con una inversión de 2,000 MM de pesos, y se integrará en los restantes los instrumentos y dispositivos necesarios para mejorar los procesos de combustión y controlar emisiones contaminantes, lo que permitirá una reducción combinada del 20% en humo y gases tóxicos.

La instalación de nueva tecnología redundará además en una mayor productividad y rentabilidad de estos giros mercantiles.

#### **Panificadoras**

Igualmente, se continúa con el programa de cambio de combustibles, preferentemente por Gas L.P., que se lleva a cabo en las 350 panificadoras que actualmente utilizan diesel y combustóleo con un avance de más de 90 establecimientos y que representan una disminución del 18% en emisiones. Para 1991, esta medida se aplicará a las 270 empresas, y permitirá reducir las emisiones contaminantes en estos giros en un 35% adicional.

#### **Lavanderías y Planchadurías**

En lo que se refiere a las 3,000 lavanderías y planchadurías de la Ciudad de México, se programan acciones que se iniciarán a partir del mes de noviembre de 1990 que consisten en:

- Para lavanderías industriales, un mantenimiento y limpieza más frecuente, reducción del tiempo de operación de 12 a 10 horas diarias, lo que significa bajar el consumo de combustibles y las emisiones contaminantes en un 16%.
- Para plantas de lavado en seco, las unidades que recogen y entregan ropa limitarán su salidas de 2 a 1 por día y los 80 establecimientos que forman este grupo cambiarán el combustible a Gas L.P., lo que redundará en una reducción del 50% de su emisión de contaminantes.
- Los establecimientos de autoservicio bajarán en 2 horas la operación de sus calderas para reducir en 33% sus emisiones.
- El sector más numeroso son las planchadurías, que a su vez bajarán en una hora la operación de sus calderas optimizando su proceso productivo para lograr reducir sus emisiones en 16%.
- El sector de lavanderías y planchadurías en su conjunto reducirá sus emisiones entre 20 y 25%.

#### **Restaurantes, Hoteles y Hospitales**

En el renglón de restaurantes, se ha logrado inducir una reducción sustancial superior al 50% del uso de carbón, que es el factor más importante de emisiones contaminantes.



---

En general, se promoverá que estos giros de servicios optimicen sus procesos de combustión e incineración mediante la modernización tecnológica de su equipo y la instalación de dispositivos de control.

### **Evaluación y Supervisión**

Las Cámaras y Organizaciones que agrupan a los establecimientos mercantiles y de servicios, se encuentran en proceso de instrumentar sus propios servicios de análisis y evaluación de emisiones contaminantes, para poder cumplir cabalmente con las normas vigentes y los compromisos adquiridos con la autoridad.

Por otra parte, se aplicará un programa de vigilancia periódica de carburación de calderas, así como la operación de instrumentación y control de proceso.

### **Capacitación Técnica**

En coordinación con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social se ha iniciado ya el programa de capacitación de fogoneros, con un enfoque especial hacia la prevención y reducción de emisiones a través de la operación correcta de los equipos de combustión.

## **TERMOELECTRICAS**

### **29. Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de Azufre**

Tomando en cuenta que la combustión es uno de los procesos de mayor aporte de emisiones a la atmósfera y que por sus actividades específicas las centrales termoeléctricas consumen importantes cantidades de combustibles, la Comisión Federal de Electricidad inició en 1986 la sustitución paulatina del combustóleo por gas natural en la Central Valle de México. Ese esfuerzo significó una importante reducción de emisiones a la atmósfera.

Sin embargo, ante la magnitud del problema de la contaminación del aire en la ZMCM, a partir de noviembre de 1989 se amplió el consumo de gas natural. Actualmente, la Central Valle de México consume 84% de gas natural y la Jorge Luque 78%, en promedio.

### **30. Suspensión Invernal en la operación de unidades de generación**

Adicionalmente, durante el período invernal (1990-91) ambas centrales suspenderán la operación de una de sus cuatro unidades, lo que dará lugar a una mayor reducción de emisiones. Se estima que la reducción de emisiones de dióxido de azufre ya lograda es del orden de 200 toneladas por día. Esta medida, que inicialmente se pensaba aplicar solamente durante la época invernal, será permanente mientras no se cuente con combustóleo de bajo contenido de azufre.



---

**31. Instalación de monitores continuos de emisiones en las centrales termoeléctricas**

En las centrales termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México se ha iniciado el proceso de adquisición de los medidores de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre en chimeneas, habiéndose previsto su puesta en operación en el transcurso de la temporada invernal 1990-1991.

**REFORESTACION Y RESTAURACION ECOLOGICA**

**32. Programa de Reforestación Urbana**

El programa **Cada Familia Un Arbol** fue aplicado por el Departamento del Distrito Federal en la época de lluvias de 1990, con el objeto de arborizar el área urbana de la ciudad, involucrando activamente a la ciudadanía.

Entre junio y agosto se distribuyeron y sembraron 1.8 millones de árboles. Para garantizar la supervivencia de los mismos, se buscó que cada familia, escuela, colonia o persona interesada sembrara sus árboles con el compromiso implícito de su cuidado. Adicionalmente, el gobierno de la ciudad con apoyo de los conscriptos, abrió cepas para arborizar calles, avenidas y plazas.

En apoyo al programa se distribuyeron 18 especies distintas de árboles, así como arbustos y especies florales, susceptibles de ser sembrados con éxito en 5 diferentes zonas edafoclimáticas del Valle.

Esta experiencia permitirá que, año con año, se realicen campañas cada vez más amplias, incorporando irrigación urbana con aguas residuales tratadas a nivel terciario.

**33. Reforestación del Valle de México y su área de influencia ecológica**

Los gobiernos del Distrito Federal, el Estado de México y el Estado de Morelos preparan un programa de reforestación rural, que tiene como meta sembrar 100 millones de árboles en diversos sitios dentro de un área de 364 mil hectáreas en un período de cuatro años.

Las prioridades de atención del programa son las siguientes:

- Proteger las actuales zonas boscosas que rodean la ZMCM.
- Reforestar áreas deterioradas y con vocación forestal.
- Mejorar y expandir la infraestructura física y los recursos humanos dedicados a las labores de reforestación y cuidado de Areas Naturales Protegidas.
- Expropiar terrenos para constituir Areas Naturales Protegidas y detener la expansión de la mancha urbana.



---

En este programa, Xochimilco, las sierras de Guadalupe, Santa Catarina y sobre todo del Cerro del Ajusco, tienen alta prioridad. A la fecha, el DDF han expropiado 2 mil 447 mil hectáreas para constituir áreas verdes y boscosas, cuerpos de agua y zonas recreativas.

Las primeras acciones se relizarán durante el verano de 1991. Se busca realizar un esfuerzo sin precedente a nivel mundial, a partir de cuidadosos estudios de edafología, propiedad de la tierra, concertación con la comunidad, protección y combate de incendios y preservación contra actividades que destruyen el bosque.

#### **INVESTIGACION, EDUCACION ECOLOGICA Y COMUNICACION SOCIAL**

##### **34. Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores**

El Instituto Mexicano del Petróleo y el DDF, junto con la SEDUE han venido probando dispositivos y combustibles alternos en vehículos ligeros y pesados, bajo las diversas normas nacionales e internacionales.

Por tal motivo, ha instrumentado un programa de pruebas de dispositivos, que se están tratando de introducir comercial o institucionalmente en la planta vehicular de la ZMCM. El programa de pruebas en flotilla de automotores comprende prioritariamente la evaluación de mezclas gasolina-MTBE, gas LP en vehículos de reparto y el uso de convertidores catalíticos en vehículos en circulación.

##### **35. Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles**

Petróleos Mexicanos pondrá en marcha un programa permanente de control de calidad de combustibles en las instalaciones del Sistema Nacional de Distribución y Comercialización, el cual incluye autos-tanque, depósitos de almacenamiento, poliductos y estaciones de servicio.

Al respecto, se cuenta con un avance del 75% en la instalación de laboratorios, en los 82 centros de trabajo. Además, se planea incorporar laboratorios móviles para incrementar la cobertura de control y garantizar así la calidad requerida.

Por otra parte, la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) se encargará de un programa similar en gasolineras.

**36. Ampliación y Reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA)**

La medición de la contaminación atmosférica es una de las bases fundamentales para la evaluación de la calidad del aire, así como para el seguimiento de los resultados de las acciones de control puestas en práctica. Por ello se incluye en este programa la ampliación, complementación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de la ZMCM.

Como se ha mencionado, la RAMA cuenta actualmente con 25 estaciones, equipada con analizadores de SO<sub>2</sub>, NO, HC, CO, O<sub>3</sub>, así como con instrumentos para la medición de velocidad y dirección de viento, humedad relativa y temperatura. Pocas ciudades del mundo cuentan con una red semejante.

El crecimiento de la ZMCM obliga a la ampliación de la red actual. Con un costo de 2.7 millones de dólares, se instalarán siete nuevas estaciones para aumentar el radio de la cobertura geográfica de la RAMA: tres serán ubicadas en áreas industriales del norte de la ciudad, dos en el sector noroeste (en el municipio de Naucalpan), una cerca del sífon de Yautepec y la última en el Ajusco (límite del sector suroeste).

Por otra parte, se adquirirán unidades móviles de monitoreo, sistemas de medición meteorológica para ampliar la infraestructura actual, monitores de lluvia ácida, así como instrumentos para el análisis de compuestos específicos.

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

**37. Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA)**

El Instituto Mexicano del Petróleo y el Laboratorio de Los Alamos, Nuevo México, E.U.A., desarrollan el proyecto "Estudio Global de la Calidad del Aire" que se orienta al desarrollo de un mayor conocimiento de este fenómeno. Su propósito fundamental es contribuir a la identificación, fundamentación y evaluación de alternativas para mejorar la calidad del aire en la ZMCM.

El estudio abarca aspectos muy diversos. Para afinar el diagnóstico de la situación actual, se avanzará en la evaluación de las emisiones y de la calidad del aire, así como de la influencia de los factores meteorológicos. A la vez, se generará la información necesaria para la aplicación de modelos que coadyuven a la comprensión de la compleja fotoquímica atmosférica que gobierna la formación de contaminantes secundarios en la atmósfera de la ZMCM, así como su distribución en el espacio y en el tiempo; se estima que la duración del proyecto será de 33 meses.



---

### **38. Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM**

El control de la contaminación atmosférica tiene el propósito de proteger a la salud de la población. Por ello, el objetivo del Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) consiste en evaluar los daños causados por la contaminación atmosférica en la ZMCM, así como el impacto de las medidas de control sobre la salud.

El SVE funcionará en tres áreas de la ZMCM: sur (Pedregal), centro (Merced) y norte (Xalostoc). En cada una de éstas existe una estación de monitoreo de la RAMA y se han seleccionado tres unidades de atención del Sector Salud que funcionarán como unidades primarias de vigilancia.

En dichas unidades se recolectará información acerca de todas las consultas en menores de 15 y mayores de 60 años. La captación de la información básica sobre los efectos nocivos en la salud de la población, será realizado en unidades médicas del Sector Salud mediante formatos de registro diario de las actividades del médico y en reportes de vigilancia.

Esta información será procesada con el fin de integrar una base de datos accesible a la comunidad médica y generar reportes periódicos de los resultados. Toda la información de salud se correlacionará con los datos de los niveles de contaminantes atmosféricos para generar un diagnóstico integrado.

En el SVE participarán diversas entidades del sector salud (SS, IMSS, ISSSTE, DDF e ISEM), así como la SEDUE.

### **40. Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación**

Conforme se avance en la aplicación del Programa Integral, se irá haciendo necesario por un lado, la evaluación de los resultados obtenidos y por el otro, el diseño de nuevas medidas que permitan avances adicionales. Ello sólo será posible si se cuenta con el apoyo de las Universidades y los Centros de Investigación. Estas instituciones irán seleccionando y desarrollando las tecnologías más adecuadas para la protección ambiental.

De igual importancia es la investigación aplicada a técnicas, procesos, instrumentos y dispositivos de medición y control de la contaminación atmosférica. Para ello, se apoyarán proyectos e iniciativas que conduzcan a la aplicación en México de tecnología avanzada en materia de ciencias ambientales.

### **41. Capacitación de maestros y formación de los niños**

Este esfuerzo tendrá que ser acentuado con la producción de materiales de información de alta calidad, en forma didáctica, que faciliten el conocimiento de la Ciudad y su medio ambiente, aprovechando las mejores tecnologías. Estos esfuerzos, que se coordinarán a través del Centro de Información y Estudios de la Ciudad de México, quedarán entrelazados de manera permanente con las tareas de investigación que se realizan en las universidades, en el IMP y los distintos institutos de investigación de nuestra Ciudad que generan conocimientos, evalúan tecnologías y realizan esfuerzos de difusión.



---

## 42. Programas de formación profesional y capacitación

Como en pocos campos de la actividad humana, los avances en materia de protección ambiental dependen de una selección adecuada de tecnologías y de una evaluación rigurosa de los costos y los beneficios. De ahí la necesidad de mantener la más amplia comunicación con los centros de producción nacional e internacional de tecnologías y de facilitar la comunicación entre empresarios, técnicos y científicos, para ir desarrollando los conocimientos sobre los avances que se realizan y los métodos para aplicarlos y administrarlos. Pocas inversiones resultarán más útiles que la realizada en la formación de cuadros de profesionales de alto nivel del sector público, las universidades y el sector social en esta materia.

La tarea de capacitación recibirá especial atención, para poder contar con un número suficiente de recursos humanos que permitan difundir los conocimientos y garantizar la aplicación de los programas. El ejemplo de la rapidez con la que se difundió el conocimiento para la verificación de automóviles, nos muestra que esta difusión se puede realizar con eficacia para hacer frente a problemas que exigen de personal capacitado numeroso.

### 3.3 FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA

Frenar el crecimiento de la contaminación representa un alto costo para la ciudad. Si se quisiera realizar la inversión pública necesaria, con los recursos actuales del gobierno de la ciudad, indudablemente no podría realizarse, pues el costo total es superior a todos los ingresos de agua y predial de 10 años. Por ello resulta vital obtener recursos externos, en las más favorables condiciones. Esto ha sido posible a pesar de las severas restricciones financieras internacionales.

Aprovechando el clima alcanzado en la renegociación de la deuda externa, se presentó a las fuentes internacionales de financiamiento la concepción de la estrategia contra la Contaminación Atmosférica, a fin de obtener recursos con largos períodos de gracia y de amortización, y bajas tasas de interés. La seriedad de las propuestas y la calidad técnica de los proyectos permitió la formalización de compromisos con la Agencia de Cooperación Económica a Ultramar y el Eximbank de Japón, así como con el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. Se preparan además mecanismos financieros innovadores, para realizar programas de reforestación y de restauración ecológica de áreas naturales deterioradas.

Los compromisos establecidos permiten garantizar la realización de parte importante del programa, en situaciones financieramente difíciles a nivel internacional. Los cambios en Europa del Este, la unificación Alemana, el conflicto en el Golfo Pérsico, las necesidades de China, y los déficits presupuestales y de balanza de pagos de algunos grandes países industrializados, crecientemente han venido absorbiendo los ahorros internacionales disponibles.

Los compromisos financieros internacionales han sido factibles, porque los organismos han visto el esfuerzo social y económico ya realizado por el Gobierno y los habitantes de la Ciudad de México. Pero sobre todo, por la seriedad en la conducción de la política económica del país.



---

El costo directo total del Programa es de 2 mil 520 millones de dólares, 42% de crédito externo, y 58% de recursos nacionales. Estas cifras no incluyen las inversiones en vialidades, ni transporte, que han sido presentadas en sus programas respectivos, gracias a la mejoría de las finanzas públicas del Distrito Federal (**Gráfica 23**).

Las inversiones beneficiarán a cada uno de los 15 millones de habitantes de la zona metropolitana y a todas las actividades productivas relacionadas con el consumo de combustibles, cuya calidad se verá mejorada al mayor costo financiero. Este último esfuerzo beneficiará a todos los estados de la República, al ser éstos surtidos con combustibles de calidad internacional.

## GRAFICA 23. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA

MEDIDA	EJECUTOR	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (MILLONES DE DOLARES )		
		NACIONAL	EXTERNO	TOTAL
1. Elaboración de gasolina de calidad ecológica internacional.	PEMEX	227.5	227.5 (2)	455.0
2. Elaboración de diesel con bajo contenido de azufre.	PEMEX	56.0	168.0 (1)	224.0
3. Elaboración de combustible con bajo contenido de azufre.	PEMEX	120.75	362.25 (1)	483.0
4. Elaboración de compuestos oxigenados TAME y MTBE.	PEMEX			(5)
5. Suministro de gasolina sin plomo, MAGNA SIN para los vehículos 1991 con convertidor catalítico.	PEMEX	345.0		345.0
6. Continuación de suministro de gasolina oxigenada con MTBE.	PEMEX	95.0		95.0
7. Recuperación de azufre en la Refinería 18 de Marzo.	PEMEX	2.27	6.83 (1)	9.1
8. Recuperación de vapores de HC y cambio de quemadores en la Refinería 18 de Marzo.	PEMEX	5.1		5.1
9. Instalación de medidores continuos de emisiones en chimeneas de la Refinería 18 de Marzo.	IMP PEMEX SEDUE	3.0		3.0
10. Instalación de membranas internas flotantes en los tanques de almacenamiento.	PEMEX	1.6		1.6
11. Instalación de equipos para la recuperación de vapores en terminales de recibo y distribución de combustibles y gasolineras.	PEMEX SECTOR PRIVADO	3.4	13.5 (3)	16.9 16.9

- (1) FONDO PARA LA COOPERACION ECONOMICA A ULTRAMAR (OECE), JAPON  
 (2) EXIMBANK, JAPON  
 (3) BANCO MUNDIAL  
 (4) BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO  
 (5) COSTO INCLUIDO EN MEDIDA 1

## GRAFICA 23. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA

MEDIDA	EJECUTOR	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (MILLONES DE DOLARES)		
		NACIONAL	EXTERNO	TOTAL
12. Instalación inmediata de convertidores catalíticos en todos los vehículos a gasolina, modelo 1991.	SECTOR PRIVADO			
13. Ampliación de Metro.	DDF			
14. Renovación de R-100 con 3,500 unidades de baja emisión contaminante.	DDF	92.3	18.0 (3)	110.3
15. Reordenación y ampliación del Sistema de Transporte Eléctrico.	DDF			(5)
16. Mejoramiento de vialidades, semaforización, estacionamientos y coordinación de modos de transporte.	DDF EDO MEX			(5)
17. Autorización de rutas de autobuses para reducir el uso de vehículos privados y estimular el transporte institucional de escolares y empleados.	SECTOR PRIVADO	30.0		30.0
18. Continuación del Programa Hoy No Circula.	DDF EDO MEX	58.4		58.4
19. Ampliación del Programa de Verificación obligatoria de Vehículos a gasolina, diesel y gas L.P.	EDO MEX SCT DDF SEDUE	11.2		11.2
20. Reconversión de flotillas de camiones de carga a gas LP incorporando convertidores catalíticos.	PEMEX SEDUE DDF EDO MEX	11.2		
21. Introducción de convertidores catalíticos en taxis, combís y minibuses.	EDO MEX DDF	67.0		67.0
22. Cambio de combustóleo por gas natural en industrias.	SEDUE SECTOR PRIVADO	1.8		1.6

- (1) FONDO PARA LA COOPERACION ECONOMICA A ULTRAMAR (OECE), JAPON  
 (2) EXIMBANK, JAPON  
 (3) BANCO MUNDIAL  
 (4) BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO  
 (5) EL FINANCIAMIENTO ESTA EN OTROS PROGRAMAS, DEL DDF O DEL GOBIERNO FEDERAL  
 \* CIFRA ESTIMADA

## GRAFICA 23. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA

MEDIDA	EJECUTOR	FUENTE DE FINANCIAMIENTO (MILLONES DE DOLARES)		
		NACIONAL	EXTERNO	TOTAL
23. Convenios con la industria para control de emisiones.	DDF SEDUE SECTOR PRIVADO			
24. Prohibición de nuevas industrias contaminantes	DDF EDO MEX			
25. Racionalización del abasto de materiales y bienes en la ciudad.	DDF SECTOR PRIVADO			
26. Control de emisiones y reubicación de fundidoras.	SEDUE SECTOR PRIVADO	52.5		52.5
27. Realización de monitoreo continuo en las industrias más contaminantes.	SEDUE SECTOR PRIVADO	5.0		5.0
28. Mejoramiento de procesos de combustión e instalación de equipos de control en establecimientos de servicios.	SECTOR PRIVADO	30.0		30.0
29. Utilización de gas natural en las termoeléctricas hasta contar con combustóleo de bajo contenido de azufre.	CFE PEMEX	8.9		8.9
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		2.0
32. Programa de Reforestación Urbana.	DDF	28.25	28.25 (4)	56.5

(1) FONDO PARA LA COOPERACION ECONOMICA A ULTRAMAR (OECE), JAPON

(2) EXIMBANK, JAPON

(3) BANCO MUNDIAL

(4) BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

## GRAFICA 23. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA

MEDIDA	EJECUTOR	FUENTES DE FINANCIAMIENTO (MILLONES DE DOLARES)		
		NACIONAL	EXTERNO	TOTAL
33. Reforestación rural del Valle de México y su área ecológica de influencia.	DDF EDO MEX MORELOS	134.0	215.0 (1)	349.0
34. Programa de pruebas de dispositivos anticontaminantes y combustibles alternos en vehículos automotores.	IMP PEMEX	0.2		0.2
35. Instalación de laboratorios de control de calidad de combustibles.	PEMEX SECTOR PRIVADO	4.6		4.6
36. Ampliación y reforzamiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).	SEDUE	0.5	2.42 (3)	2.92
37. Desarrollo del "Estudio Global de la Calidad del Aire" (EGCA).	SEDUE IMP	5.0	5.0 (5)	10.0
38. Instrumentación del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la ZMCM.	SSA SEDUE	3.0		3.0
39. Relación permanente con Universidades y Centros de Investigación.	SEDUE DDF IMP			
40. Capacitación de maestros y formación de los niños.	SECTOR EDUCACION			
41. Programas de formación profesional y capacitación.	SECTOR EDUCACION			

<b>TOTAL</b>	<b>1,473.8 1,046.8 2,520.5</b>
--------------	--------------------------------

- (1) FONDO PARA LA COOPERACION ECONOMICA A ULTRAMAR, JAPON
- (2) EXIMBANK, JAPON
- (3) BANCO MUNDIAL
- (4) DEPARTAMENTO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
- (5) DEPARTAMENTO DE ENERGIA, EUA