

00561



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EVALUACIÓN DEL IMPACTO CONTAMINANTE DE LAS
EMISIONES AUTOMOTRICES EN LA ZONA
METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN
INDUSTRIAL

P R E S E N T A :
TEJEDA RICARDEZ JESÚS ALBERTO.



MEXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente: Dr. Martín Hernández Luna

Vocal: M.en A. Raúl Valdivieso Martínez

Secretario I.Q. Vladimir Estivill Riera

1er. Suplente: M. en C. Eduardo Montaña Aubert

2º. Suplente: M en A. Alejandro Vega Sánchez

Sitio donde se desarrollo el tema: Facultad de Química.

Dr. Julio Landgrave Romero
(Director de tesis)

I.Q. Jesús Alberto Tejeda Ricardez
(Sustentante)

ÍNDICE

ANTECEDENTES

Estructura y Lineamientos	10
---------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

El Fideicomiso Ambiental	18
--------------------------	-----------

El Órgano Asesor CONSERVA	19
---------------------------	-----------

Marco de Referencia	20
---------------------	-----------

Hipótesis	22
-----------	-----------

Objetivos	
-----------	--

CAPÍTULO 1

El Gobierno y la Política Ambiental

1.1 Análisis de las actividades desarrolladas por el gobierno local y federal con relación a la contaminación del aire en la ZMVM	23
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.2 Política Ambiental	24
------------------------	-----------

1.3 La puesta en marcha de la Rama (1970-1976)	26
------------------------------------------------	-----------

1.4 Medidas aplicadas hasta 1990	27
----------------------------------	-----------

a) Combustibles	27
-----------------	-----------

b) Uso del convertidor catalítico	
-----------------------------------	--

c) Verificación vehicular	29
---------------------------	-----------

d) Modernización de la industria	
----------------------------------	--

e) Ampliación del sistema de transporte eléctrico	
---------------------------------------------------	--

f) Investigación y educación ambiental	30
----------------------------------------	-----------

g) Recursos naturales	31
-----------------------	-----------

1.5 Acuerdos y financiamientos	32
--------------------------------	-----------

1.6	Efectos de la contaminación en la salud de la población.	35
1.6.1	Efecto de las Partículas suspendidas en la salud	36
1.6.2	Efecto del Ozono (O ₃)	38
1.6.3	Efecto del carbón (CO)	41
1.6.4	Efecto de los sulfatos (SO ₂)	42
1.6.5	Efecto del nitrógeno (NO _x)	43
1.6.6	Efecto de los hidrocarburos	
1.6.7	Efecto del Benceno	
1.6.8	Efecto del Formaldehído	44
1.6.9	Costos económicos	45
1.6.10	Efecto de la contaminación sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la ciudad de México.	46
1.6.11	Conclusiones.	49

CAPÍTULO 2

Estadísticas de las Autoridades Ambientales

2.1	Estadísticas de las medidas anticontaminantes	50
a)	Composición de la flota vehicular en circulación en la ZMVM en 1994	
b)	Composición de la flota vehicular en circulación en la ZMVM en 1996	51
c)	Distribución de emisiones de contaminantes generados por el sector transporte en 1994	52

d)	Distribución de emisiones de contaminantes generados por el sector transporte en 1996	53
e)	Distribución vehicular por año en circulación en la ZMVM 1996	54
2.2	Mejoramiento de la calidad de los combustibles	55
2.3	Mediciones comparativas de emisiones y consumo de combustibles por cambio de tipo de gasolina en vehículos sin convertidor catalítico.	62
2.3.1	Resultados	66
2.4	Verificación vehicular	

CAPÍTULO 3

Modelo Ambiental para la Predicción de Emisiones Contaminantes por Automóviles (MEV)

3.1	Antecedentes	73
3.2	Desarrollo del modelo	74
3.3	Ecuaciones	78
3.4	Resultados y tendencias	80
3.5	Análisis	91

CAPÍTULO 4

Propuesta para Disminuir las Emisiones por Automóviles

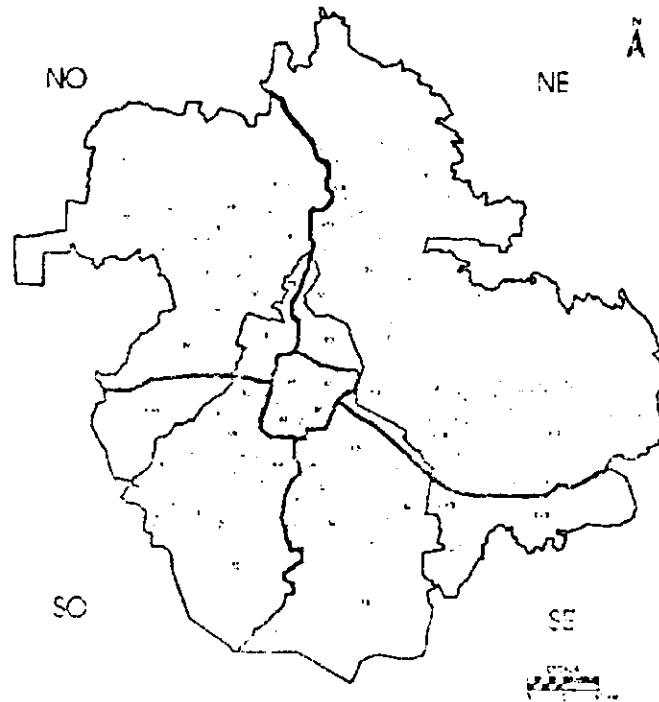
4.1	Introducción	99
4.2.	Justificación	102
4.2.	Mecanismos posibles	105

4.2. Análisis de las propuestas	110
CONCLUSIONES	124
BIBLIOGRAFÍA.	128
APÉNDICE	131

ANTECEDENTES

El Distrito Federal es el centro político, histórico, económico y cultural de los Estados Unidos Mexicanos. Las 16 Delegaciones sumadas a los 34 municipios conurbanos del Estado de México, conforman la principal metrópoli de los Estados Unidos Mexicanos.

Zona Metropolitana del Valle de México¹



[Ampliar Imagen](#)

Distrito Federal		Estado de México	
01 Azcapotzalco	09 Coyoacán	I Atizapán de Zaragoza	X Chimalhuacán
02 M.Hidalgo	10 Cuajimalpa	II Cuautitlán	XI Ecatepec
03 G. A. Madero	11 Magdalena C.	III Cuautitlán Izcalli	XII Ixtapaluca
04 B.Juárez	12 Tlalpan	IV Naucalpan	XIII La Paz
05 Cuauhtémoc	13 Iztapalapa	V Nicolás Romero	XIV Nezahualcóyotl
06 Iztacalco	14 Milpa Alta	VI Tlalnepantla	XV Tecámac
07 V. Carranza	15 Tláhuac	VII Tultitlán	XVI Huixquilucan
08 A.Obregón	16 Xochimilco	VIII Coacalco de B.	XVII Chalco
		IX Chicoloapan	XVIII Valle de Chalco S.

A partir de la década de los cuarenta se produjeron importantes cambios en el modelo de desarrollo del país en la tecnología y en el crecimiento de la población, lo cual creó un desarrollo sin precedentes de la actividad industrial. La Ciudad de México constituyó el motor principal y a ella se dirigieron la mayor parte de los flujos migratorios.

La ciudad creció más en su territorio que demográficamente. En el Distrito Federal la tasa de crecimiento ha sido de 0.6% anual en la última década, en tanto que para los municipios conurbanos es de 3.7%. Sin embargo, hay municipios como Chimalhuacán o Chalco con tasas de crecimiento cercanas al 10% anual.

La tasa de erosión es de 3.4 hectáreas/tonelada/ año, principalmente debido a que cambiaron su uso de suelo por actividad económica. Los automóviles particulares transportan el 22.4% del total de viajes por persona al día; los taxis y microbuses el 59.9%; los trolebuses y el tren ligero el 0.7%; el Metro, el 12.6% y los autobuses el 4.4%.²

El inicio de la actividad industrial y el crecimiento demográfico acelerado generaron una reducción en la visibilidad, lo cual es uno de los indicadores del avance de la contaminación atmosférica en la Ciudad. De acuerdo a los datos disponibles, en 1940 la visibilidad era de 4 a 10 kilómetros, durante los años cincuenta, ésta disminuyó de 2 a 4 kilómetros y a la fecha se ubica entre 1 y 2 kilómetros.

Debido a la incipiente preocupación sobre la pérdida de visibilidad en la Ciudad de México, en 1967 inicia la operación de la Red Panamericana de Muestreo Normalizado, la cual fue una base para los sistemas de monitoreo. Tal vez las únicas medidas que ayudaron en ese entonces a reducir los niveles de

² Comisión Ambiental Metropolitana <http://www.cam.ddf.gob.mx>

contaminación fueron la realización de ejes viales y la ampliación del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

El crecimiento poblacional e industrial en el Distrito Federal ha generado una serie de problemas ambientales que hasta el momento no ha podido solucionarse. En 1990 Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, desarrollaron en conjunto una serie de medidas en el Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica (PICCA), cuyo objetivo primordial era mejorar la calidad del aire. Estas medidas estuvieron dirigidas al transporte, industria, servicios y recursos naturales, siendo la estrategia más rentable el mejoramiento y cambio de combustibles y las medidas tecnológicas y de control asociadas a fuentes móviles.

La instrumentación del PICCA hizo necesaria la creación de un órgano coordinador metropolitano que incluyera a diferentes instancias tanto del gobierno, como del sector privado y de la academia. De esta manera, por acuerdo Presidencial, surgió en 1991, la Comisión Metropolitana para la Prevención y el Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México (CMPCCVM). La Presidencia de la Comisión estuvo a cargo del Regente del Distrito Federal y el Secretariado Técnico recayó en la entonces Coordinación General para la Prevención y Control de la Contaminación. De esta manera dicha Coordinación General se le consignó la concertación, seguimiento y evaluación del PICCA, así como otros programas exclusivos del Departamento del Distrito Federal, en coordinación con la otrora Dirección de Ecología y la

Comisión Coordinadora de Recursos Naturales y Desarrollo Urbano (COCODER).

La importancia del PICCA y el aumento de la conciencia sobre los crecientes problemas de nuestra ciudad hicieron necesario el fortalecimiento y expansión de la Coordinación General dando como resultado la creación de la Secretaría del Medio Ambiente; Actualmente la Secretaría esta formada por la Comisión de Recursos Naturales, CORENA (antes COCODER), por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación (antes Dirección de Ecología), por la Dirección General de Educación Ambiental y por la Dirección General de Planeación y Política Ambiental (antes Dirección General de Proyectos Ambientales). Así, esta última se consolida como el área estratégica donde surgen las actividades de estudio, investigación y planeación de las iniciativas y programas que otras direcciones o instancias del sector público y privado se encargarán de implementar y operar.

La Dirección General de Planeación y Política Ambiental tiene como objetivo principal definir y coordinar las políticas, programas y proyectos ambientales, así como verificar la ejecución de las acciones que las dependencias y entidades de la Administración Pública del Distrito Federal deban emprender contra la contaminación ambiental.

A partir de 1996, a la Dirección General de Planeación y Política Ambiental le fue asignado presupuesto propio con el propósito de realizar los programas, estudios y proyectos de protección y restauración ecológica que le confiere el Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal en su artículo 54.

Estructura y lineamientos: en búsqueda de un control ambiental

La Secretaría del Medio Ambiente tiene como función primordial la formulación, ejecución y evaluación de la política en materia ecológica, en el territorio de su jurisdicción, en los términos establecidos en el Reglamento de la Administración Pública del Distrito Federal, así como en la Ley Ambiental del Distrito Federal. En este contexto, a la Dirección General de Planeación y Política Ambiental le corresponde, de acuerdo a lo establecido en el artículo 54 de dicho reglamento³:

- I. Participar en el diseño de los planes y programas prioritarios de la gestión ambiental para el Distrito Federal;
- II. Participar en la definición de los lineamientos generales de la política ambiental y de sus instrumentos de gestión;
- III. Realizar estudios para la caracterización y diagnóstico de la situación ambiental en el Valle de México;
- IV. Formular proyectos y programas para el control de la contaminación ambiental;
- V. Dar seguimiento permanente y evaluar resultados de las acciones derivadas de los programas de control de la contaminación ambiental de la Ciudad de México;
- VI. Desarrollar elementos para el diseño de estrategias para la prevención y control de la contaminación ambiental de la Ciudad de México;

³ Comisión Ambiental Metropolitana <http://www.cam.ddf.gob.mx>

- VII. Evaluar la factibilidad técnica de los proyectos en materia ambiental, propuestos por instituciones gubernamentales, centros de investigación, organizaciones sociales e instituciones internacionales;
- VIII. Participar en el diseño de la política ambiental en materia de estímulos e incentivos para el control de la contaminación ambiental;
- IX. Realizar análisis económicos para evaluar la eficacia y eficiencia de los programas de gestión ambiental;
- X. Realizar análisis de costo-beneficio de las políticas e instrumentos ambientales;
- XI. Realizar análisis económicos aplicados para ponderar diferentes opciones ligadas, tanto al aprovechamiento y la conservación de recursos y servicios ambientales, como a la prevención y el control de procesos de contaminación ambiental.
- XII. Recopilar y procesar la información relativa a la tecnología disponible para prevenir y controlar la contaminación ambiental;
- XIII. Supervisar la elaboración de programas e informes en materia de contaminación ambiental;
- XIV. Proporcionar los fundamentos técnicos para el diseño y la aplicación de leyes, reglamentos y normas en materia de protección al ambiente;
- XV. Participar en la coordinación interinstitucional en materia ambiental con otras Dependencias de la Administración Pública local, de gobiernos estatales, del gobierno federal y de organismos internacionales.
- XVI. Realizar sistemas de información geográfica y de ordenamiento ecológico del Distrito Federal;

XVII. Realizar sistemas de organización, análisis y presentación de la información ambiental generada por las distintas Unidades Administrativas de la Secretaría.

La Dirección General de Planeación y política Ambiental está conformada por cinco direcciones de área que son:

- Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales
- Dirección de Enlace Sectorial
- Dirección de Información Ambiental
- Dirección Jurídica
- Dirección de Evaluación Financiera

Estas Direcciones realizan acciones, estudios, proyectos y programas enfocados a manejar la problemática ambiental del aire, del manejo de los residuos peligrosos, de la problemática del agua, del ordenamiento ecológico, de los recursos naturales y de convenios de cooperación nacional e internacional. Asimismo, la Dirección General es el puente para atraer oportunidades de cooperación internacional, por medio de préstamos, donaciones, así como del intercambio técnico y experiencias de otros países, haciendo énfasis de su gestión en la parte financiera.

Además, es necesario señalar que existen programas como CONSERVA y el FIDEICOMISO AMBIENTAL, que se reconocen como instrumentos económicos innovadores que han dado la posibilidad de generar fondos para proyectos

como recuperación de vapores en gasolineras, educación ambiental y estudios para mejorar la base científica del conocimiento ambiental.

En resumen, las líneas de la gestión ambiental del Gobierno de la Ciudad, y por lo tanto de la Dirección General de Planeación y Política Ambiental, se enmarcan dentro del concepto de Desarrollo Sustentable que abarca los temas de aire, suelo, agua y la preservación de los recursos naturales, agrupándose en temas sectoriales y transectoriales a fin de darle coherencia con la planeación ambiental enmarcada en la Agenda 21⁴.

⁴ Comisión Ambiental Metropolitana <http://www.cam.ddf.gob.mx>

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica generada por los vehículos automotores es uno de los problemas ambientales más graves que afecta a millones de habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México. Durante los últimos diez años, la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y las instituciones que la integran han llevado a cabo diversas acciones, entre las cuales destacan las siguientes:

- Introducción de la gasolina sin plomo y eliminación definitiva de la gasolina con plomo;
- Reducción sustancial de olefinas, aromáticos, benceno y de la presión de vapor Reid de la gasolina, así como la incorporación de compuestos oxigenantes en este combustible;
- Introducción de diesel con bajo contenido de azufre;
- Promulgación de normas de emisiones cada vez más estrictas y otros instrumentos relacionados con su control en los vehículos nuevos y los existentes;
- Introducción de convertidores catalíticos y de otros sistemas avanzados de control de emisiones en vehículos nuevos y
- Fortalecimiento del programa de verificación vehicular

Mientras que estas medidas han contrarrestado el deterioro de la calidad del aire, los niveles de concentración promedio de ozono aún están muy por encima de la norma de calidad del aire. La magnitud de las concentraciones de

óxidos de nitrógeno (NOx) y de compuestos orgánicos volátiles (COV) (precursores de ozono) es alta, al igual que la de las partículas respirables (PM10 y PM2.5). La Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y sus integrantes, así como amplios sectores de la sociedad, están de acuerdo en la necesidad de contar con planes de largo plazo, así como en reglamentaciones y acciones basadas en análisis profundos. Algunas de las medidas potenciales disponibles con un impacto sustancial sobre la calidad del aire incluyen: la continuidad en el mejoramiento de las especificaciones de la gasolina y del diesel, al lado del avance en la tecnología vehicular y en la introducción de combustibles alternos.

De acuerdo con los análisis oficiales, el mejoramiento en la calidad de los combustibles y a la vez, el establecimiento de las normas de emisiones, han probado ser medios efectivos para controlar la contaminación proveniente de los vehículos.

En el ámbito internacional, las normas que limitan las emisiones vehiculares generalmente se han acompañado de cambios en las especificaciones de los combustibles. En los Estados Unidos⁵, por ejemplo las reglamentaciones federales sobre la gasolina reformulada incluyen disposiciones para cumplir con los requerimientos relativos a los estándares de emisión TIER 1, tanto para la Fase 1 (1995-1999) como para la Fase 2 (posteriores al año 2000), con respecto a NOx, COVs y tóxicos. Las disposiciones de la Fase II enfocadas

⁵ The Journal of Energy, USA, 1991 Vol. 6 p.p. 66-72

hacia la reducción del contenido de NOx y las normas más estrictas de COVs necesitarán de reducciones significativas en el contenido de azufre de los combustibles, con respecto a los niveles de 1990, apoyándose en los avances de la tecnología vehicular (motores, catalizadores, sistemas de escape de emisiones etc.). Aparte de esto, para cumplir con el próximo conjunto de normas de emisiones vehiculares de CO, NOx, PM y COVs que establecerán los estándares TIER 2 a partir del año 2004, se requiere de un avance paralelo de las especificaciones de los combustibles, en particular con respecto a la reducción de su contenido de azufre. Así, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) está diseñando un programa combinado de combustible de bajo contenido de azufre y emisiones vehiculares, que permita cumplir tanto con la Fase II como con las normas requeridas del Tier 2. Actualmente, las autoridades ambientales de los Estados Unidos proponen que para el año 2004, el contenido nacional promedio en la gasolina sea de 30 ppm., con un tope de 80 ppm. Por otra parte, Canadá está estudiando la factibilidad de alcanzar una reducción similar para el año 2001.

Especificaciones de combustibles en México

Las normas de especificaciones de combustibles en México están basadas en la composición y no en su desempeño. México está actualmente aplicando normas de emisión similares a las del TIER 1 de los Estados Unidos, (sin los requerimientos de durabilidad, garantía y "recall"). Sin embargo, el INE ya está investigando la posibilidad de legislar la obligación de las 50,000 a 100,000 millas de durabilidad, para estar a la par con la TIER 1 de los Estados Unidos.

Esta medida está directamente relacionada con el costo-efectividad de las modificaciones a las especificaciones de los combustibles.

Una cuestión clave en México consiste en determinar cuándo, y sobre qué período de tiempo, el INE requerirá el cumplimiento de especificaciones de combustible y de normas más estrictas para vehículos de acuerdo a los lineamientos de la TIER 2.

El Banco Mundial ha ofrecido su apoyo en el proceso de reforma de las políticas en la materia, así como para el fortalecimiento tecnológico y las inversiones donde se requieran para reducir la contaminación atmosférica, a través de la propuesta del Segundo Proyecto de la Calidad del Aire en México⁶.

La creación de la Comisión Ambiental refuerza los mecanismos de coordinación interinstitucional, bajo una perspectiva de actuación metropolitana. Es en el seno de esta Comisión donde se discuten las medidas necesarias a tomar en diversos campos, como; educación, ordenamiento ecológico, protección y restauración de recursos naturales, gestión de los instrumentos de política ambiental, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos, restauración de sitios contaminados, entre otros, para la recuperación ecológica de la ciudad de México y Área Metropolitana.

⁶ SERMANAP, Congreso Nacional de Política Ambiental 22 y 23 de Noviembre de 1999, México D.F.

El Fideicomiso Ambiental

Como un esquema innovador para el financiamiento de iniciativas para mejorar el medio ambiente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en 1995 iniciaron las operaciones del Fideicomiso Ambiental. El Fideicomiso capta recursos provenientes del impuesto al consumo de las gasolinas que se venden en la ZMVM, de esta forma financian programas prioritarios, como lo es el programa de instalación de sistemas de recuperación de vapores en gasolineras, a través de créditos blandos para la adquisición de estos equipos. Adicionalmente, el Fideicomiso canaliza recursos para fortalecer acciones en materia de educación ambiental, en proyectos piloto para el uso de combustibles alternos y para el fortalecimiento de la Comisión Ambiental Metropolitana, entre otros.

El Fideicomiso es administrado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), su fiduciario es BANOBRAS y cuenta con un Comité Técnico integrado por el Instituto Nacional de Ecología, el Gobierno del Estado de México, el Gobierno del Distrito Federal y el Secretario Técnico de la Comisión Ambiental Metropolitana.

El Órgano Asesor CONSERVA

El Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental⁷ (CONSERVA), se creó en 1995 como un órgano asesor y auxiliar del Departamento del Distrito Federal en la promoción, análisis, evaluación, dictamen y seguimiento de estudios, investigaciones y desarrollo de tecnología aplicada para el cuidado, recuperación y mejoramiento ambiental.

En el Consejo participan diferentes instituciones de educación superior e investigación. El programa CONSERVA establece las bases para que a través de una convocatoria anual, se apoye financieramente la elaboración de estudios, proyectos e investigaciones para mejorar la calidad del ambiente del Distrito Federal. Entre 1995 y 1997 se financiaron 33 proyectos por un monto de más de 9 millones de pesos corrientes, abordando temas de recursos naturales, aire, agua, salud y suelo.

⁷ SERMANAP, Congreso Nacional de Política Ambiental 22 y 23 de Noviembre de 1999, México D.F.

MARCO TEÓRICO

En este trabajo se trata uno de los problemas ambientales de la ZMVM y que se ha convertido en punto de crítica de todas las administraciones del gobierno de la ciudad de México, la contaminación atmosférica.

El aumento de la contaminación en la atmósfera del valle de México, trae consigo una paulatina disminución de la visibilidad y principalmente un grave problema de salud. Esto ha propiciado la utilización de presupuestos por parte del gobierno local y federal para crear mecanismos de combate de la contaminación. Entre las medidas tomadas, se encuentran la creación de comisiones, subsecretarías, leyes, reglamentos e impuestos ambientales que no han podido atacar eficientemente el problema de la contaminación del aire. La falta de planeación para determinar lo que realmente se necesita hacer en relación a este problema, y la mejor forma para lograrlo; los fallidos intentos de organización de la autoridades ambientales, es decir, la asignación de actividades claves a organismos ó instituciones especializadas, la falta de dirección para emprender verdaderos proyectos bien definidos desde su arranque hasta la culminación de sus objetivos, la ausencia total de control para monitorear los proyectos ambientales en los periodos de transición política en la ciudad de México; todo esto, ha ocasionado que hasta la fecha no exista un programa de prevención y control de la contaminación que considere los factores determinantes de cada tipo de emisiones contaminantes basado en un análisis detallado y minucioso de la calidad del aire.

En este trabajo se pretende elaborar uno ó más mecanismos de reducción y prevención de la contaminación por automotores. Primero a través de la búsqueda exhaustiva de información estadística relacionada con las emisiones por automotores a lo largo de la última década en la ZMVM.

Segundo el análisis de esta información a través de técnicas estadísticas (análisis multivariantes, prueba "t" de student) para validar dicha información, así como de herramientas matemáticas para determinar tendencias de las

MARCO TEÓRICO

En este trabajo se trata uno de los problemas ambientales de la ZMVM y que se ha convertido en punto de crítica de todas las administraciones del gobierno de la ciudad de México, la contaminación atmosférica.

El aumento de la contaminación en la atmósfera del valle de México, trae consigo una paulatina disminución de la visibilidad y principalmente un grave problema de salud. Esto ha propiciado la utilización de presupuestos por parte del gobierno local y federal para crear mecanismos de combate de la contaminación. Entre las medidas tomadas, se encuentran la creación de comisiones, subsecretarías, leyes, reglamentos e impuestos ambientales que no han podido atacar eficientemente el problema de la contaminación del aire. La falta de planeación para determinar lo que realmente se necesita hacer en relación a este problema, y la mejor forma para lograrlo; los fallidos intentos de organización de las autoridades ambientales, es decir, la asignación de actividades claves a organismos o instituciones especializadas, la falta de dirección para emprender verdaderos proyectos bien definidos desde su arranque hasta la culminación de sus objetivos, la ausencia total de control para monitorear los proyectos ambientales en los periodos de transición política en la ciudad de México; todo esto, ha ocasionado que hasta la fecha no exista un programa de prevención y control de la contaminación que considere los factores determinantes de cada tipo de emisiones contaminantes basado en un análisis detallado y minucioso de la calidad del aire.

En este trabajo se pretende elaborar uno o más mecanismos de reducción y prevención de la contaminación por automotores. Primero a través de la búsqueda exhaustiva de información estadística relacionada con las emisiones por automotores a lo largo de la última década en la ZMVM.

Segundo el análisis de esta información a través de técnicas estadísticas (análisis multivariantes, prueba "t" de student) para validar dicha información, así como de herramientas matemáticas para determinar tendencias de las

emisiones a lo largo del tiempo, y de aquellas variables que influyen de manera determinante en la generación de contaminantes.

Tercero, la elaboración de una propuesta de disminución de la contaminación atmosférica, con base en los resultados obtenidos en el puntos número dos así como su medio de financiamiento.

Es así como se pretende desarrollar el actual trabajo y de la misma manera, se establecen los siguientes objetivos.

Hipótesis

Los automotores generan el porcentaje más alto de emisiones de CO, Hidrocarburos, NO_x, principalmente, en la Zona Metropolitana del valle de México.

Objetivos

Los objetivos de este estudio son:

- Conocer las políticas de control de la contaminación del aire, en ZMVM adoptadas por el gobierno local y federal hasta la fecha, así como los medios de financiamiento y sus resultados.
- Determinar a través de datos históricos y con el conocimiento del impacto de las principales variables en las emisiones por automóviles, la concentración de contaminantes en el aire de ZMVM.
- Elaborar una propuesta de la disminución de la contaminación por automóviles considerando el análisis anterior.

CAPITULO 1

El Gobierno y la Política Ambiental

1.1 Análisis de las actividades desarrolladas por el gobierno local y federal con relación a la contaminación del aire en la ZMVM

En esta parte inicial del trabajo, se transcriben las principales actividades desarrolladas por las autoridades ambientales en el desarrollo de sus políticas anticontaminantes con el fin de realizar un análisis comparativo en capítulos posteriores.

1.2 Política Ambiental

El conocimiento de la problemática ambiental del Distrito Federal y Zona Metropolitana es un proceso que demanda una amplia disponibilidad y sistematización de información. La sociedad y el Gobierno requieren de instrumentos idóneos de información para evaluar: la evolución de los recursos naturales y el desempeño ambiental; el impacto de las políticas económicas al ambiente y el impacto de las políticas ambientales en la conservación de los recursos naturales. Este conocimiento es fundamental para garantizar la eficaz toma de decisiones y también para informar de manera adecuada y oportuna a la sociedad.

La Ciudad de México concentra una parte importante de las actividades económicas del país -casi un 23% del PIB en 1996 y aproximadamente una

quinta parte del consumo nacional de energía- generando grandes cantidades de contaminantes al aire, agua y suelo. Su expansión física a implicado el agotamiento de mantos freáticos y la reducción de las áreas boscosas cercanas, generando con ello presiones a su frágil capacidad de autorregulación natural. La contaminación del aire excede con frecuencia las normas de calidad, como es el caso de ozono y partículas suspendidas.⁸

Estimaciones realizadas en la Ciudad de México durante la década de los años setenta, permitieron determinar que los vehículos de combustión interna contribuyeron con cerca del 50% de la emisión total de contaminantes a la atmósfera⁹. Para 1994, el inventario de emisiones de fuentes móviles, el cual, consideró una flota vehicular de 2,720,000 vehículos, reveló que a menos de dos décadas el automóvil se había convertido en la principal fuente de contaminación del aire, contribuyendo con el 75% del total de los contaminantes emitidos en la atmósfera del valle de México.¹⁰

Hoy en día, el crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México se traduce en un aumento en el número de viajes, distancia recorrida, número de vehículos, ocasionado por una mayor actividad comercial y de servicio. En este sentido, cada año se incorporan 160 mil vehículos al parque vehicular de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que junto a la antigüedad de los vehículos (el 32% son unidades de modelo anterior a 1980), al inadecuado mantenimiento de los motores, a las grandes distancias que recorren

⁸ *Estudio de costos ambientales para México*, Instituto Nacional de Ecología <http://www.ine.gob.mx>

⁹ Legorreta Jorge (1989). *Transporte y Contaminación en la ciudad de México*, Ed. Centro de Ecodesarrollo.

diariamente, al tráfico y al tipo de combustible que utilizan, acrecientan el problema ambiental del área metropolitana. En la Ciudad de México y Zona Conurbana circulan alrededor de 3.2 millones de vehículos automotores que consumen un 56% del total de combustibles y que contribuyen con un 80% de las emisiones contaminantes al aire, de estos, más de 2 millones son vehículos particulares y alrededor del 45% tienen más de 10 años de uso. Los servicios, la industria, los suelos y vegetación contribuyen con un 10.3%, 2.6% y 11.6%, de emisiones contaminantes al aire, respectivamente.¹¹

Ante la problemática ambiental actual, se han formulado programas dirigidos a proteger la salud de la población de la ZMVM, buscando asimismo sentar las bases para el logro de un desarrollo sustentable.

Los programas en vigor hoy día son¹²:

- Programa para mejorar el aire en el valle de México (PROAIRE) 1995 - 2000
- Programa metropolitano de recursos naturales.
- Programa de reforestación 1998-1999.

¹⁰ Proyecto Ambiental Proaire, SERMANAP, <http://www.sermanap.gob.mx>

¹¹ Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la ZMVM de 1996, Publicación de la RAMA

¹² Comisión Ambiental Metropolitana, sección Calidad del Aire <http://www.cam.ddf.gob.mx>

Especial atención se dará al Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (ProAire). La calendarización de actividades tiene un horizonte de cinco años (1995-2000), período durante el cual, el ProAire se irá consolidando con la ejecución de las 94 acciones que lo conforman. Los objetivos de este programa para el año 2000 incluyen: reducir en un 75% la probabilidad de ocurrencia de contingencias por arriba de 250 puntos IMECA, duplicar el número de días en que se cumpla la norma (100 IMECA) y disminuir más de 300 mil casos de enfermedades respiratorias agudas.

1.3 La puesta en marcha de la RAMA (1970 -1976)¹³

En 1976 inició la operación de un sistema de mediciones atmosféricas automáticas, continuas y de tiempo real. Actualmente la Red Automática de Monitoreo Atmosférico se compone de 37 estaciones. Esta red de monitoreo verifica la concentración de óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales, monóxido de carbono y ozono. Además de los descritos anteriormente, se monitorea el bióxido de azufre, el plomo, la radiación ultravioleta y otros componentes atmosféricos.

¹³ SIMA, Sección: Mediciones de la Calidad del Aire <http://www.sima.gob.mx>

1.4 Medidas aplicadas hasta 1990¹⁴

Entre 1978 y 1986 se realizaron algunas medidas que no tuvieron el impacto deseado en el abatimiento de la contaminación. Tal vez las únicas medidas que ayudaron a reducir los niveles de contaminación fueron la realización de ejes viales y la ampliación del Sistema de Transporte Colectivo metro.

Es hasta 1986 en que se plantean 55 acciones ambientales entre las que destacaron la verificación de las emisiones de los vehículos en circulación, la disminución del azufre en el diesel y del plomo en la gasolina, la protección de las áreas forestales y el mejoramiento del transporte público de pasajeros.

En la década de los noventa surgen dos programas integrales contra la contaminación: el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) y el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, 1995-2000 (Proaire). Ambos tienen en común la propuesta de medidas tecnológicas aplicables en cuatro grandes áreas: transporte, industria, combustibles y establecimientos de servicio; además incluyen medidas sobre la reforestación, la educación ambiental y la participación ciudadana como elemento fundamental en la recuperación ambiental de la ciudad.

En el marco de estos programas se llevaron a cabo diversas acciones, entre las que destacan:

¹⁴ Comisión Ambiental Metropolitana, Sección: Dirección General de Planeación y Política Ambiental,

a) Combustibles

La política de comercialización está enfocada a mejorar la calidad de los combustibles, para lo cual se han invertido recursos por 7, 226 millones de dólares. Esta inversión permitió que los combustibles que se utilizan en la Ciudad de México hayan sido objeto de un continuo mejoramiento ambiental que incluye la oxigenación de las gasolinas para mejorar la combustión, la eliminación del plomo de las mismas, el uso del convertidor catalítico y la oferta de diesel con un contenido de 0.05% en volumen de azufre para reducir los niveles de bióxido de azufre y permitir la operación de los autobuses con tecnología EPA más recientes.

También se han reducido elementos tóxicos y altamente reactivos en las gasolinas como el benceno, las olefinas y los aromáticos. El cambio a gasolina sin plomo significó una reducción de emisiones por más de 1, 000 toneladas de contaminantes al año (entre ellas plomo y azufre). Es a partir de septiembre de 1997 cuando se comercializa exclusivamente gasolina sin plomo en la Ciudad de México. También se mejoró la calidad del combustóleo con relación al contenido de azufre.

b) Uso del convertidor catalítico

El uso de convertidor catalítico en nuestro país inició con 20 años de retraso en comparación con los Estados Unidos de América. Su uso fue

posible gracias a la homologación de las normas automotrices mexicanas con las de este país y a la oferta de gasolina sin plomo en la Ciudad de México. En la actualidad, casi un 50% de los vehículos en la Ciudad de México tienen este equipo.

c) Verificación vehicular

El Programa de Verificación Vehicular se ha estado mejorando continuamente. Hoy día la verificación está descentralizada, se realiza con analizadores de cinco gases acoplados a un dinamómetro de chasis en donde se aplica una evaluación similar a la utilizada en el Estado de California, Estados Unidos.

e) Modernización de la industria

En el caso de la industria, por una parte se han elaborado normas que establecen los niveles de emisión por giro industrial y por contaminante. Por otro lado se han establecido programas de verificación y auditoría ambiental a las mismas.

Estas acciones han motivado la modernización gradual de los procesos productivos y la instalación de equipos de control de emisiones.

f) Ampliación del sistema de transporte eléctrico

En cuanto al transporte eléctrico de pasajeros se han realizado esfuerzos para ampliar y mejorar este servicio, con el objeto de desincentivar el uso del transporte individual. En este contexto, el Sistema de Transporte Colectivo Metro cuenta con nueve líneas, cuya longitud es de 178

kilómetros y está en construcción una más que tendrá un carácter metropolitano porque se adentra en terreno del Estado de México, con lo cual la extensión de vías será de 200 kilómetros.

Asimismo, se han creado dos rutas de tren ligero y se han estado adquiriendo trolebuses, los cuales utilizan para su locomoción energía eléctrica por lo que prácticamente no contaminan. Es importante mencionar que el transporte no eléctrico de superficie es el área más rezagada desde el punto de vista ambiental, ya que está conformado por vehículos que carecen de sistemas de control de emisiones y operan desordenadamente.

g) Investigación y educación ambiental

El Gobierno de la Ciudad sabe de la importancia de la investigación en el campo ambiental. Es por eso que año con año se establecen las condiciones que permitan apoyar económicamente a los centros de investigación y desarrollo en nuestro país con el objeto obtener los insumos informativos que mejoren la comprensión del problema ambiental y facilite la toma de decisiones.

La educación ambiental está integrada a los programas escolares de educación básica y a sus textos de apoyo. Existen instituciones relacionadas con este ámbito educativo; tal es el caso de la Facultad de Química, la facultad de Ingeniería de la UNAM, el IMTA, IMT a través de materias educativas enfocadas a ciertas áreas específicas como :

- Agua
- Aire
- Suelo y aguas
- Sustancias y residuos peligrosos
- Economía de la energía y el medio ambiente.
- Uso eficiente de la energía
- Sistemas automáticos de mediciones.

h) Recursos naturales

El Programa de Reforestación Rural con Pago de Servicios Ambientales instrumentado desde 1998 persigue la reforestación de un área total de 32,600 hectáreas del total de la zona rural del Distrito Federal que necesita regenerarse. A partir de este mecanismo los dueños y poseedores reciben incentivos o aportaciones económicas por parte de las autoridades del Distrito Federal. Durante 1998, se plantaron 9 millones de árboles en una superficie de 7,200 hectáreas.

1.5 Acuerdos y financiamientos ¹⁵

Como se mencionó en los antecedentes de este estudio, en 1992, se creó la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, la cual incluía a varias dependencias federales. En 1996 se modificó esta Comisión y se creó la Comisión Ambiental

¹⁵ Comisión Ambiental Metropolitana, Sección: Organizacional, <http://www.cam.ddf.gob.mx>

Metropolitana (CAM) en la cual son miembros permanentes dos dependencias federales, la Secretaría de Salud, y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) a través del Instituto Nacional de Ecología (INE); así como el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México, entre otros integrantes eventuales.

Entre las tareas de fondo de la CAM se encuentra el rediseño de un esquema que otorgue a esta Comisión mayores posibilidades y fuerza de gestión financiera aún en áreas que no están estrictamente dentro del área ambiental, pero que están relacionadas con el deterioro ambiental.

En los últimos años, en el ámbito internacional, se ha fortalecido la preocupación en favor del mejoramiento del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. Diversos actores, tales como instituciones gubernamentales, organismos internacionales, asociaciones privadas y organismos no gubernamentales han buscado verse favorecidos por variados mecanismos de cooperación para coadyuvar en la instrumentación de políticas de desarrollo sustentable a nivel mundial.

Esto explica por que las autoridades ambientales de la Ciudad de México han desarrollado en los últimos quince años una agenda internacional sumamente diversa y activa, que les ha permitido beneficiarse de la amplia experiencia adquirida en otros países, en materia de control de la contaminación del aire. Particularmente, se han establecido una serie de compromisos y acuerdos internacionales en materia ambiental que han generado importantes recursos

complementarios para los diversos programas ambientales que las distintas dependencias están instrumentando.

Estos acuerdos, en la mayoría de los casos, han sido la semilla para ampliar el campo de acción a nuevas áreas de la gestión ambiental. Los convenios y programas de cooperación internacional han abierto para la Ciudad de México posibilidades de transferencia de tecnologías, capacitación y financiamiento. En términos esquemáticos, la agenda internacional se ha enfocado en la atención de cuatro grandes tipos de cooperación: proyectos en los que han participado distintas dependencias locales y federales encargadas de la administración y gestión ambientales. Con estos créditos se han obtenido importantes avances en materia de control de las emisiones por transporte industria, así como para la conservación de los recursos naturales. Se han recibido diversas donaciones japonesas para proyectos de calidad del aire.

- En materia de transporte, apoyando a la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad (COMETRAVI) a través de estudios y diversos proyectos. Con respecto a proyectos más específicos, se adquirieron motores anticontaminantes para el transporte público, durante 1990-1996.

Adicionalmente, se administran créditos para la conservación ecológica del Banco Interamericano de Desarrollo, cuyo objetivo es reducir el número de partículas suspendidas en la atmósfera de la ZMVM a través de la reforestación rural con recursos otorgados por el Fondo de Ultramar de Japón, y otro del *Overseas Economic Cooperation Fund* (OECF).

Hasta la fecha en México se han realizado 164 operaciones con el Banco Mundial. Siendo el principal prestatario de este Banco, ya que concentra 11% del total de los préstamos de esta institución. Se han acordado con el Banco Interamericano de Desarrollo un total de 160 operaciones, por lo que también México es el principal país prestatario, ya que un 21% de los créditos destinados a países de América Latina y el Caribe se han otorgado a nuestro país.

Las actividades que han desarrollado de manera conjunta desde 1992 gobierno federal y gobierno del Distrito Federal para conocer, controlar y disminuir la contaminación ambiental, son las siguientes:

- Introducción de la gasolina sin plomo y eliminación definitiva de la gasolina con plomo;
- Reducción sustancial de olefinas, aromáticos, benceno y de la Presión de Vapor Reid de la gasolina, así como la incorporación de compuestos oxigenantes en este combustible;
- Introducción de diesel con bajo contenido de azufre;
- Promulgación de normas de emisiones cada vez más estrictas y otros instrumentos relacionados con el control de emisiones en los vehículos nuevos y los existentes;
- Introducción de convertidores catalíticos y de otros sistemas avanzados de control de emisiones en vehículos nuevos, y fortalecimiento del programa de verificación vehicular.

1.6 Efectos de la contaminación en la salud de la Población

La investigación publicada en México en el área concerniente al impacto en la salud por los contaminantes ambientales es escasa. Incluso una investigación publicada por el Instituto Nacional de Salud Pública encontró que: "la diversidad de temas es restringida, el abordaje metodológico es limitado y existe en el país una distribución muy desigual de los recursos humanos y materiales para realizar los estudios. Esto ha ocasionado que se tenga un conocimiento científico muy incipiente de los problemas de salud pública originados por contaminantes químicos contaminantes."¹⁶

Así podemos ver que el estudio de la responsabilidad de la contaminación ambiental en la salud presenta diversas dificultades debido a que para su estudio, solamente se puede sacar una muestra representativa de la población y en un tiempo limitado, lo cual significa años de vigilancia, aunado a la sensibilidad que cada individuo presenta; sin embargo, es una prioridad saber sobre los efectos que está ocasionando y más aún, el costo tanto social como económico que representa para que se puedan formular en el futuro políticas efectivas y bien dirigidas.

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud pueden clasificarse como agudos, cuando se trata de molestias generales, síntomas respiratorios (tos, producción de flemas etc.), y los crónicos (aumento en la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias previas como asma bronquial o efisema pulmonar y agravamiento de enfermedades cardiovasculares como insuficiencia cardíaca)¹⁷.

¹⁶ *La Investigación en México sobre el Impacto en la Salud por los Contaminantes Químicos Ambientales*, Javier Ortega Ceseña, Tania Carreón Vlencia et.al. Instituto Nacional de Salud Pública, Noviembre – Diciembre 1993, Vol.35, No.6

¹⁷ *Contaminación atmosférica y Salud*; Regalado, Pineda Justino, La Jornada, Ciencia en Internet, 10 de abril de 1997 <http://www.jornada.unam.mx/1997/abr97/970410/c-regalado.html>

Texto original elaborado y publicado por The University of British Columbia, Departement of Medicine, *Environmental and Occupational Lung Disease Research Unit*, Vancouver B.C. Canadá.

A continuación se presenta una recopilación y análisis de los efectos en la salud de cada contaminante y cómo estos se han manifestado en la ZMVM.

1.6.1 Partículas suspendidas (pm₁₀) y partículas suspendidas totales (pts)

Características Generales

- Las partículas suspendidas una vez inhaladas no siempre son expulsadas por los sistemas de defensa del organismo, lo cual puede causar problemas al sistema respiratorio. Las partículas PM_{2.5} que tienen un diámetro menor o igual a 2.5 µm no son emitidas directamente a la atmósfera sino que es un producto de reacciones fotoquímicas. Actualmente se está discutiendo su incorporación la normatividad como contaminante criterio, bien si se sabe que un 40% de ellas son retenidas en los bronquios y en los alvéolos causando síntomas respiratorias agudos (dolor y accesos de tos)¹⁸.

Enfermedades respiratorias

Dentro de los efectos crónicos ocasionados por la contaminación, las partículas PM₁₀ y el ozono pueden favorecer el desarrollo de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y asma; los cuales están caracterizados por una disminución de la función pulmonar, específicamente por obstrucción del flujo del aire dentro de las vías respiratorias¹⁹.

Riesgo de Muerte Prematura

La contaminación por partículas puede causar la disminución de la función pulmonar, lo cual contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias. Se estima que el riesgo de morir prematuramente aumenta en 2-

¹⁸ *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vl/cap-21.html

¹⁹ *Contaminación atmosférica y Salud*, Regalado, Pineda Justino, , *La Jornada*, Ciencia en Internet, 10 de abril de 1997 <http://www.jornada.unam.mx/1997/abr97/970410/c-regalado.html> Texto original elaborado y publicado por The University of British Columbia, Department of Medicine, *Environmental and Occupational Lung Diseases Research Unit*, Vancouver B.C. Canadá.

8% por cada incremento de 50 μg de PM10 (Comisión Ambiental Metropolitana, 1996)²⁰.

Situación actual en México

- Síntomas respiratorios en los niños

De acuerdo con estudios realizados en niños asmáticos en México, se ha encontrado un incremento en los síntomas respiratorios y un descenso en la función pulmonar relacionados a la exposición a PM10. "Los resultados sugieren que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 se asocia a un incremento de 4% en síntomas de las vías respiratorias bajas y a un descenso de .35% en la tasa del flujo espiratorio máximo"²¹

- Mortalidad infantil

La Secretaría de Salud ha observado un exceso de mortalidad asociada a niveles elevados de contaminación por PST (Partículas Suspendidas Totales) en especial en la población mayor de 65 años²².

- Efectos agudos en la población

De acuerdo a un estudio publicado por la Dirección General de Salud Ambiental durante la contingencia ambiental en la Cd. de México del 19 de enero de 1996 en la zona noroeste se observó que existe una evidente "dosis / respuesta" con relación a las horas del ozono y PM10 por arriba de la norma y la probabilidad de presentar dolor de cabeza, ya que hubo un aumento de hasta 30% cuando la norma se rebasó por más de cinco horas, lo cual representó un aumento significativo. Más aún para la relación de PM10 y el dolor de cabeza se observó

²⁰ *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html

²¹ Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle; ECO / GTZ / Departamento del Distrito Federal. *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Capítulo 7: Efectos de la contaminación del aire en la salud, Sección 7.2.1) Estudios Epidemiológicos en América Latina. Textos Completos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

²² *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html

un comportamiento similar, cuando se rebasó por más de 10 horas se incrementó la probabilidad de tener dolor de cabeza en un 40%.²³

1.6.2 Ozono (O₃)

Características Generales

- La presencia del ozono en la capa baja de la atmósfera (troposfera) se debe a la transformación que sufren los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno por medio de reacciones fotoquímicas. A pesar de que se trata de un contaminante muy inestable ya que se destruye con facilidad, por breve que sea su permanencia, se ha demostrado que es un agente irritante para el sistema respiratorio, produciendo tos, flema, dolor al respirar e inflamación en el tejido pulmonar, lo que reduce su capacidad de respuesta a agentes extraños²⁴.

- Efectos en los pulmones

Los estudios experimentales en humanos en animales han demostrado que el O₃ aumenta la permeabilidad de las vías respiratorias, disminuye la limpieza de las partículas, causa inflamación de las vías aéreas y un descenso en la capacidad de eliminación bacteriana, así como alteraciones en la estructura de los pulmones²⁵ y un envejecimiento acelerado del pulmón²⁶.

Situación Actual en México

Varios estudios que se llevaron a cabo en la ciudad de México ilustran el efecto agudo de la exposición al ozono sobre la salud respiratoria.

²³ Nota: información perteneciente a la Dirección General de Salud Ambiental, SSA, 1998 y publicada en Cap. 4 *Calidad del Aire y Efectos a la Salud*, Instituto Nacional de Ecología, http://www.ine.gob.mx/upsec/programas/prog_gcacj/4calidad.html

²⁴ *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html

²⁵ Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle; ECO / GTZ / Departamento del Distrito Federal. *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Capítulo 7: Efectos de la contaminación del aire en la salud, Sección 7.2.1) Estudios Epidemiológicos en América Latina. Textos Completos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

²⁶ *Ibidem*

- Efecto en los niños

De acuerdo con lo que señaló Gustavo Olaiz Fernández en el estudio "Patrones de exposición atmosférica a PM10 y ozono en una cohorte de niños escolares de la Ciudad de México"²⁷ se comprobó que el ozono es un potente irritante que está afectando la mucosa ocular y respiratoria de los niños. Más aún, de acuerdo a estudios realizados, se ha observado que las enfermedades respiratorias son más frecuentes en niños expuestos al ozono²⁸.

- Deficiencia en función pulmonar

De acuerdo con el estudio llevado a cabo por Catillejos y cols.²⁹ en México, se informa de un efecto agudo y subagudo del O₃ sobre la función pulmonar. Un incremento de 53 ppb en los niveles medios de 48 hrs. de O₃ predijeron un decremento de 2% en el VEF¹ (Volumen Espiratorio Forzado en un segundo) y un decremento de 7.45 en el FMEM₂₅₋₂₇ (Flujo Máximo de Expiración Media) Se observó un decremento mayor en niños con tos crónica, flema crónica y sibilancias.

- Incremento del ausentismo escolar

En un estudio llevado a cabo con niños preescolares en la Cd. de México, Romieu y cols.³⁰ reportaron un incremento en el ausentismo por enfermedades respiratorias entre niños expuestos a concentraciones mayores de ozono de preescolar y primaria.

²⁷ "Catorce estudios aseguran que el ozono en el D.F. causa enfermedades respiratorias" La Crónica de Hoy Del Pilar, Martínez María; México D.F. a viernes 28 de Mayo de 1999
<http://www.webcom.com.mx/cronica/1999/may/28/med05.html>

²⁸ *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html

²⁹ Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle; ECO / GTZ / Departamento del Distrito Federal. *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Capítulo 7: Efectos de la contaminación del aire en la salud, Sección 7.2.1) Estudios Epidemiológicos en América Latina. Textos Completos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

³⁰ Romieu I, Cortés-Lugo M, Ruiz-Velasco S, Sánchez S., Meneses F, Hernández M. *Air Pollution and School Absenteeism among Children in Mexico City*. Am J Epidemiol 1992

Nota: Referencia utilizada en la publicación: *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

- Riesgo a enfermedades respiratorias

De acuerdo con estudio de Romieu y Cols³¹. Los niños expuestos a niveles mayores o igual a 130 ppb por dos días consecutivos tuvieron un incremento del 20% en el riesgo de enfermedad respiratoria. Más aún, para los niños expuestos a niveles de ozono mayores o igual a 130 ppb por días consecutivos y el día anterior a temperaturas menores de 5.1 °C, el riesgo de enfermedad respiratoria alcanzó el 40%. Los resultados anteriores son alarmantes si tomamos en consideración que en la ciudad de México se rebasan con frecuencia los 130 ppb durante varios días consecutivos.

- Problemas con niños asmáticos

Los niños asmáticos pueden ser más susceptibles a los efectos de ozono. Estudios realizados³² han documentado que las visitas de urgencia por asma se relacionaron con el incremento de un 30% de O₃ y cuando el máximo diario en 1 hora incrementaba las 70 ppb se ha relacionado un decremento en la tasa de flujo pico espiratorio y un incremento en los síntomas respiratorios y la exposición al ozono en grupos de niños asmáticos.

Actualmente, existe una asociación estadística entre las variaciones diarias en los niveles de ozono y la demanda de consulta por asma y otros problemas respiratorios.³³

- Fenómeno de tolerancia

De acuerdo con estudios hechos en México, se ha contemplado la existencia de un "Fenómeno de Tolerancia"³⁴. Esto es, las exposiciones repetidas tienden a

³¹ Romieu I, Meneses F, Sienra-Monge JLL, Huerta J, Ruiz Velasco S, White MC et al. *Effects of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City*. Am. J. Epidemiol, 1995.

Nota: Referencia utilizada en la publicación: *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

³² Ibidem

³³ *Testimonios de Investigación 1995-2000* Instituto Nacional de Salud Pública, Capítulo No.1 Medio Ambiente <http://www.insp.mx/portal3/testimonio.html>

³⁴ Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle; ECO / GTZ / Departamento del Distrito Federal. *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Capítulo 7: Efectos de la contaminación del aire en la salud, Sección 7.2.1) Estudios

producir una respuesta menor. Sin embargo, se desconoce el efecto adverso potencial de tal "adaptación funcional". Más aún, si bien se piensa que los síntomas de irritación tienden a desaparecer, esta "atenuación de la respuesta" no es del todo positivo ya que el hecho que no haya reacciones obvias a la exposición, no significa necesariamente que el cuerpo se haya adaptado al mismo. Existen evidencias que muestran que la lesión pulmonar continúa aún durante la atenuación. El ozono puede marcar una cicatriz en los pulmones causándoles daño permanente³⁵.

1.6.3 Monóxido de Carbono (co)

Características Generales

Los efectos de altas concentraciones de CO en la salud se manifiestan debido a que este compuesto tiene la capacidad para reaccionar con la Hemoglobina, la cual es la proteína encargada de transportar el oxígeno en los glóbulos rojos. Así, el aumento en los niveles de CO desplaza al oxígeno, ya que esta primera tiene mayor afinidad por la hemoglobina. Con esto se imposibilita el transporte del oxígeno a los tejidos periféricos y la consiguiente hipoxia. Cuando en ocasiones aumenta el nivel de CO en el aire, como en un tráfico intenso, puede ocurrir un envenenamiento dependiendo del grado de concentración.³⁶

- Riesgos de infartos

Epidemiológicos en América Latina. Textos Completos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

³⁵ Gong, H. M. (1987). "Effects of ozone on exercise performance". Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.

³⁶ Regalado, Pineda Justino; *Contaminación atmosférica y Salud, La Jornada*, Ciencia en Internet, 10 de abril de 1997 <http://www.jornada.unam.mx/1997/abr97/970410/c-regalado.html> Texto original elaborado y publicado por The University of British Columbia, Department of Medicine, Environmental and Occupational Lung Disease Research Unit, Vancouver B.C. Canadá.

De acuerdo a estudios realizados, la exposición crónica al CO se asocia al aumento de riesgo de padecer infartos al corazón (cardiopatía isquémica) por el alto contenido de CO en la sangre (Carboxihemoglobina).

Situación Actual en México

De acuerdo a los estudios de Fernández y cols., se reportó una alta concentración de CO en los vehículos que circulan en la ciudad de México. Los autores informan que hay una alta exposición de los vendedores ambulantes a altos niveles de vapores de CO de los vehículos³⁷.

1.6.4 Bióxido de Azufre (SO₂)

Características Generales³⁸.

El bióxido de Azufre es irritante de las membranas mucosas del tracto respiratorio, y puede llegar a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y eñsema pulmonar. En la atmósfera con partículas suspendidas el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el bióxido y el ácido sulfúrico paralizan los cilios del tracto respiratorio, las partículas de polvo penetran en los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños. Se ha comprobado que el componente ácido de las partículas estuvo implicado la mortalidad de los episodios registrados en Londres en los años cincuenta

³⁷ Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle; ECO / GTZ / Departamento del Distrito Federal. *Introducción al Monitoreo Atmosférico*, Capítulo 7: Efectos de la contaminación del aire en la salud, Sección 7.2.1) Estudios Epidemiológicos en América Latina. Textos Completos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>

1.6.5 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Características Generales

El óxido nítrico al igual que el monóxido de carbono puede combinarse con la hemoglobina de la sangre reduciendo su capacidad de transporte de oxígeno., el bióxido de nitrógeno por su lado, irrita los alvéolos pulmonares. Además, junto con los hidrocarburos, pertenece al grupo de los contaminantes de tipo secundario, es decir la llamada contaminación fotquímica, cuyo principal componente es el ozono.

1.6.6 Hidrocarburos (HC)

Características Generales

Los hidrocarburos son considerados contaminantes importantes que contribuyen a la formación de ozono. El transporte es considerado como la mayor fuente de emisión de hidrocarburos a la atmósfera, debido a la combustión incompleta en los motores de los vehículos, así como las maniobras de carga y descarga de combustible en gasolineras o en contenedores de almacenamiento.

El Hidrocarburo policíclico aromático (HPA) por su parte, se genera con las emisiones de los vehículos que usan diesel. Dichos compuestos pueden ser absorbidos en el intestino y en los pulmones. Existe evidencia experimental que indica que los HPA son mutagénicos y carcinogénicos. Incluso, estudios más específicos indican que las personas que trabajan como conductores de camiones o mensajeros, y en sí individuos que ocupacionalmente están más

³⁶ *Diagnóstico de la Calidad del Aire*, Instituto Nacional de Ecología, Sección 2.1 Definición, características y perspectivas. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html

expuestas a dichos compuestos, tienen un riesgo significativamente mayor de contraer cáncer de vejiga.³⁹

1.6.7 Benceno

Características Generales

Los estudios de exposición ambiental realizados en Los Angeles⁴⁰ encontraron que la principal fuente de exposición al benceno es el cigarro (39%) y la principal fuente de benceno en la atmósfera son las emisiones de los vehículos automotores (82%) así como las pérdidas evaporativas de hidrocarburos durante el manejo de gasolina. A pesar de que el contenido de benceno en la gasolina en México es relativamente bajo (menos del 2%), debido a su toxicidad y al alto consumo de este combustible es necesario estar conscientes de que existe un alto riesgo para la salud el cual aún no se ha investigado a fondo.

1.6.8 Formaldehído

Características Generales

El formaldehído es emitido por los vehículos automotores y se sabe que las emisiones de este componente se incrementan con el uso de gasolina oxigenada. Los efectos de acuerdo a lo estudiado actualmente⁴¹ son irritación ocular y nasal, irritación de membranas mucosas, tos, náusea y alteraciones

³⁹ Wark, K. y Warner, C. (1994). *Contaminación del Aire, Origen y Control*.

Limusa Noriega Editores, México D.F.

⁴⁰ *Calidad del Aire y Efectos a la Salud*, Dirección General de Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, Cap. 4 http://www.ine.gob.mx/upsec/programas/prog_gcacj/4calidad.html

⁴¹ Wark, K. y Warner, C. (1994). *Contaminación del Aire, Origen y Control*.

Limusa Noriega Editores, México D.F.

en la respiración. Además, se ha asociado con cáncer nasal y nasofaríngeo. Por lo anterior podemos concebir el riesgo que se está corriendo con su exposición no sólo por su probable efecto carcinógeno, sino también por su potencial para causar daño tisular.

1.6.9 Costos económicos

De acuerdo con lo publicado en mayo de 1999 por Alejandro Encinas,⁴² Secretario de Medio Ambiente del D.F., catorce proyectos sobre la exposición humana a los contaminantes financiados por su Secretaría confirmaron la relación entre los padecimientos de enfermedades respiratorias, el ozono y las partículas suspendidas. De acuerdo con informe, reconoció que el nivel promedio de ozono y partículas todavía es alto. Además, ha habido un aumento en el número de consultas de urgencias de niños, ancianos y personas que padecen enfermedades crónicas como asma, bronquitis crónica o efisema.

Las infecciones respiratorias agudas son una de las causas principales de enfermedad y muerte de los niños en México. De acuerdo con lo informado por la SSA, ellas ocupan el primer lugar como causa de enfermedad en los menores de 5 años, situación que afecta su crecimiento y desarrollo. Cada año mueren 80 niños por cada 16 mil nacidos vivos a causa de enfermedades respiratorias (catarros-neumonías).

De acuerdo con director del Programa Nacional de Prevención y Control de las Enfermedades Diarreicas e Infecciones Respiratorias, Ernesto Calderón Jaimes, sobre la importancia que tiene la contaminación ambiental en la incidencia de estas infecciones, el especialista señaló que: "la dependencia carece de

⁴² "Catorce estudios aseguran que el ozono en el D.F. causa enfermedades respiratorias" *La Crónica de Hoy* María del Pilar Martínez, México D.F. a viernes 28 de Mayo de 1999
<http://www.webcom.com.mx/cronica/1999/may/28/med05.html>

estudios al respecto". Asimismo "minimizó el posible impacto de las inversiones térmicas en la salud de los niños, al señalar que los pequeños no están expuestos a la contaminación atmosférica porque no permanecen mucho tiempo en la calle".⁴³ Lo anterior nos coloca en la situación de que si en realidad hay una carencia de estudios respecto al grado en que a contaminación está afectando a la población en cuanto a costos de salud, entonces nos deja la incertidumbre sobre la magnitud potencial del problema, en el cual podemos tener costos desconocidos muy altos o bien, no reconocidos.

1.6.10 Efecto de la contaminación sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México

De acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud Pública⁴⁴, se encontró la variabilidad en el número de consultas infantiles diarias por motivos respiratorios como consecuencia de los cambios diarios en los niveles de contaminación ambiental. Los resultados de acuerdo al modelo utilizado por los investigadores, se estima que un incremento de 50 ppb en el promedio horario de ozono de un día ocasionaría, al día siguiente, un incremento del 9.9% en las consultas de urgencia por infecciones respiratorias altas en el periodo invernal, pudiendo incrementarse hasta en un 30% si el incremento se diera en cinco días consecutivos como promedio. Las consultas por padecimientos respiratorios se clasificaron en dos grupos: infecciones respiratorias altas (rinofaringitis aguda, faringitis aguda, amigdalitis aguda, laringitis y traqueitis agudas e infecciones respiratorias de vías superiores de localización múltiple o no especificada) y las infecciones respiratorias bajas (bronquitis y bronquitis agudas, neumonía vírica, neumonía, neumocócica, bacterianas y otras neumonías debidas a otro microorganismo no especificado,

⁴³ "Morirán este año 8 mil niños por enfermedades respiratorias: SSA" *La Jornada*, Beltrán, Claudia Herrera; 26 de noviembre de 1996 <http://www.jornada.unam.mx/1996/nov96/961126/enfermedades.html>

⁴⁴ *Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Cd. de México.*, Martha María Téllez-Rojo, Isabelle Romieu, Marco Polo-Peña et.al. Salud Pública México, 1997; 39:513-522 ó bien en la página <http://www.insp.mx/salud/39/396-3.html>

así como asma). Así, como conclusión se encontró que los resultados sugieren que la exposición de los menores de 15 años al ozono y bióxido de nitrógeno inciden significativamente sobre el número de consultas ocasionadas por motivos respiratorios en la ZMVM. Aún no se sabe con certeza los mecanismos a través de los cuales los contaminantes como el O₃ o el NO₂ predisponen a infecciones respiratorias; sin embargo, existen evidencias en estudios de que la exposición a éstos afecta al sistema inmunológico y que puede alterar las funciones de los macrófagos alveolares, incrementando la susceptibilidad para contraer infecciones. Finalmente, es necesario tomar en cuenta que en dicho estudio solamente se monitorearon a usuarios del servicio del IMSS, y no los casos en otras instituciones médicas.

Cuadro⁴⁵

Cuadro 1
NÚMERO DE CONSULTAS POR CAUSAS RESPIRATORIAS, EDAD Y PERIODO CLIMATOLÓGICO ANUAL,
DEL 15 DE ENERO AL 14 DE DICIEMBRE DE 1993. CIUDAD DE MÉXICO

	Visitas por IRA ^a edad			Visitas por IRB ^b edad		
	Urgencias	Medicina familiar	Total	Urgencias	Medicina familiar	Total
0-4 años						
Periodo invernal	3 316	2 441		274	51	
Periodo cálido	3 982	2 663		350	63	
Total	7 298	5 104	12 402	624	114	738
5-14 años						
Periodo invernal	1 405	1 565		169	15	
Periodo cálido	1 425	1 421		132	26	
Total	2 830	2 926	5 756	201	42	243
Total	10 128	8 030	18 158	825	156	981

IRA= infecciones respiratorias altas
 IRB= infecciones respiratorias bajas

⁴⁵ Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Cd. de México., Martha María Téllez-Rojo, Isabelle Romieu, Marco Polo-Peña et.al. Salud Pública México, 1997; 39:513-522 ó bien en la página <http://www.insp.mx/salud/39/396-3.html>

Cuadro II
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS CONTAMINANTES EN LA ZONA SUROESTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO, 1993.

	Media	DE*	Rango	2o cuartil	3er cuartil	4o cuartil
Periodo invernal: noviembre-marzo						
O ₃ ¹ (1 hora máxima)	0.184	0.067	0.041-0.370	0.133	0.181	0.223
NO _x ² (promedio de 24 horas)	0.048	0.013	0.021-0.085	0.040	0.047	0.055
SO ₂ ² (promedio de 24 horas)	0.019	0.012	0.002-0.070	0.011	0.016	0.025
Periodo cálido: abril-octubre						
O ₃ ¹ (1 hora máxima)	0.140	0.058	0.023-0.281	0.096	0.139	0.180
NO _x ² (promedio de 24 horas)	0.040	0.010	0.019-0.070	0.031	0.038	0.045
SO ₂ ² (promedio de 24 horas)	0.009	0.006	0.002-0.042	0.005	0.007	0.010
PM ₁₀ ³	54.509	21.356	10- 01	40	55	71

* Desviación estandar

¹ Mediciones en ppm

³ Partículas suspendidas de diámetro menor a 10 µm. Estas estadísticas están basadas en 53 mediciones durante el año tomadas cada seis días.

Figura 2a. Número diario de consultas por infecciones respiratorias altas

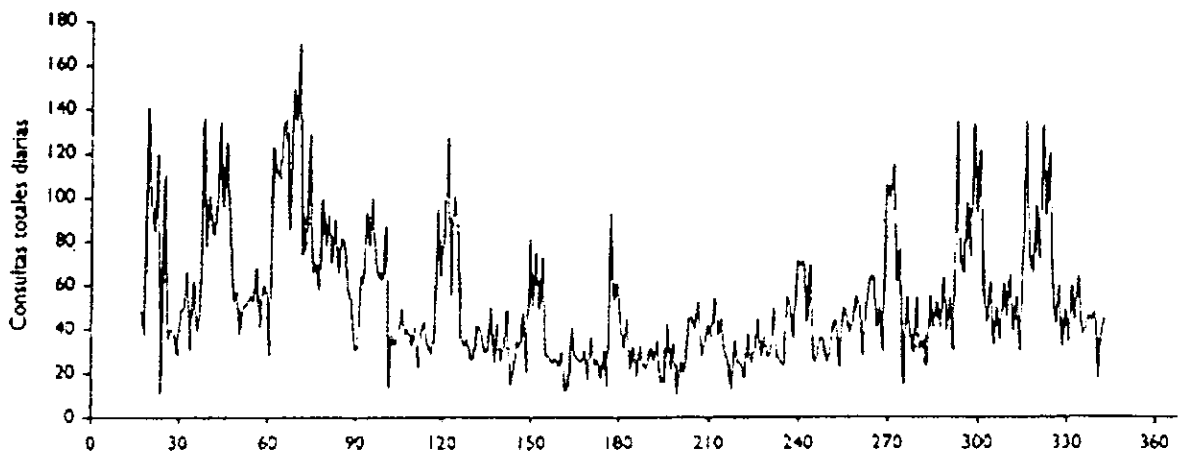


Figura 2b. Promedio horario máximo de ozono.

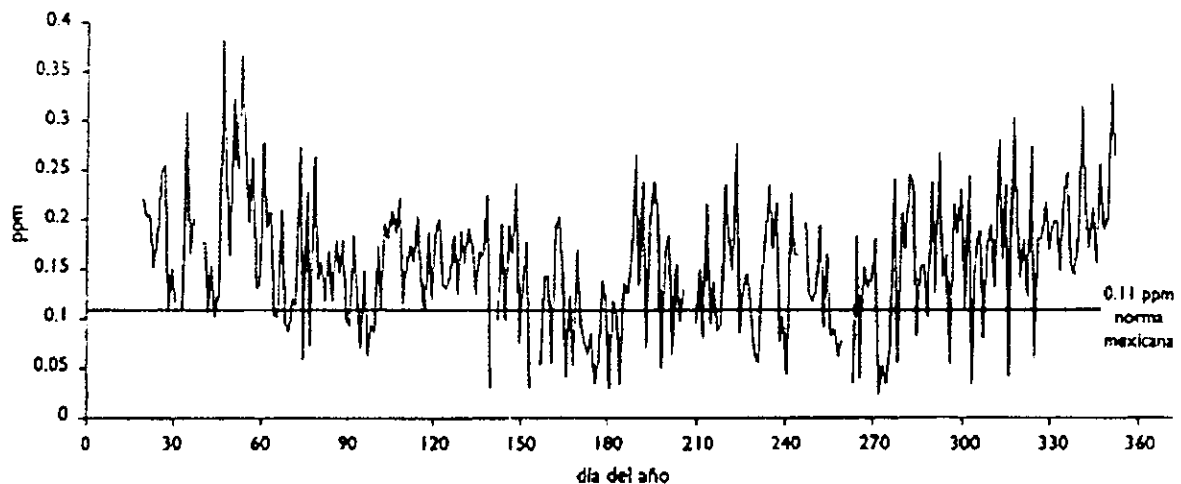


FIGURA 2. SERIES DE TIEMPO OBSERVADAS, ENERO 15 A DICIEMBRE 14, CIUDAD DE MÉXICO, 1993

Cuadro IV
REGRESIÓN POISSON MULTIVARIADA* ENTRE EL NÚMERO DE CONSULTAS MÉDICAS POR IRA Y NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL SUROESTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO. MODELOS DE RIESGO CONSTANTE

Tipo de servicio	Periodo invernal				Periodo cálido			
	O ₃		NO _x		O ₃		NO _x	
	Coefficiente	IC 95%	Coefficiente	IC 95%	Coefficiente	IC 95%	Coefficiente	IC 95%
Urgencias								
Latencia un día	1.89	1.35-2.43	6.95	4.27-9.64	0.03	0.50-0.57	1.02	3.94-1.90
Latencia dos días	1.45	0.94-1.96	10.99	8.28-13.69	1.09	0.54-1.63	5.02	2.10-7.95
Latencia tres días	0.77	0.0-1.23	6.99	4.00-9.99	0.67	0.14-1.20	-0.08	-3.09-2.93
Promedio tres días previos	4.27	3.38-5.17	15.94	12.09-19.79	1.36	0.54-2.19	2.21	-1.61-6.04
Promedio cinco días previos	5.25	4.19-6.32	16.87	11.85-21.89	2.02	1.05-2.98	4.50	-0.17-9.17
Promedio siete días previos	5.25	4.06-6.45	15.39	9.68-21.10	4.14	2.99-5.30	4.77	-0.73-10.26
Medicina familiar								
Latencia un día	1.02	0.48-1.56	4.43	1.44-7.41	-1.24	-1.81-0.66	-3.18	-6.77-0.41
Latencia dos días	1.31	0.71-1.91	11.63	8.40-14.86	-0.10	-0.73-0.54	2.20	-1.43-5.82
Latencia tres días	1.67	1.06-2.28	9.16	5.95-12.37	1.05	0.46-1.65	6.07	2.64-9.50
Promedio tres días previos	3.85	2.88-4.82	16.45	11.98-20.93	-0.52	-1.47-0.42	3.51	-1.44-8.45
Promedio cinco días previos	3.98	2.81-5.14	17.46	11.79-23.14	-0.44	-1.57-0.68	3.32	-2.48-9.12
Promedio siete días previos	4.72	3.39-6.03	21.25	14.68-27.82	-0.18	-1.44-1.08	3.35	-2.79-9.50

* Ajustado por grupo de edad, entre semana/fín de semana, temperatura mínima, temperatura mínima al cuadrado, humedad relativa máxima, indicadores de mes, tiempo, tiempo al cuadrado y al cubo
 IRA= infecciones respiratorias altas

1.6.11 Conclusión:

Si bien de acuerdo a lo visto anteriormente, como publicó la Dirección General de Salud Ambiental, las personas de mayor riesgo debido a la exposición de contaminantes son los niños, ancianos, enfermos del corazón, personas con patología pulmonar y bronquial y fumadores⁴⁶. Sin embargo, sabemos que el riesgo es para todos y que actualmente aún no estamos enterados del todo de los efectos nocivos que la contaminación está provocando en la población del Valle de México. Los costos económicos para llevar a cabo una política que frene los altos índices de emisiones contaminantes son altos, pero tenemos que también son altos los costos tanto sociales como económicos que las enfermedades respiratorias están provocando actualmente en la ciudadanía.

CAPÍTULO 2

Autoridades Ambientales

2.1 Estadísticas de las medidas anticontaminantes

De las actividades realizadas por el gobierno, a continuación se muestran las estadísticas emitidas por las autoridades ambientales antes, durante y después de la implementación de algunas de las medidas antes mencionadas.

a) Composición de la flota vehicular en circulación en la ZMVM en 1994⁴⁷

Tabla 1

TIPO DE VEHÍCULO	No. UNIDADES	CONTRIBUCIÓN %
Auto particular	1,942,400	71.4
Pick-up	-----	-----
Taxi	145,800	5.4
Transporte e pasajeros	51,300	1.9
Transporte de carga	480,600	17.7
Otros	99,900	3.6
Total	2,720,000	100

⁴⁶ Información perteneciente a la Dirección General de Salud Ambiental, SSA, 1998 y publicada en Cap. 4 *Calidad del Aire y Efectos a la Salud*, Instituto Nacional de Ecología, http://www.ine.gob.mx/upsec/programas/prog_gcacj/4calidad.html

⁴⁷ Fuente: SEMARNAP-INE (1996). Primer informe sobre la calidad del Aire en Ciudades Mexicanas.

b) Composición de la flota vehicular en circulación en la ZMVM en 1996⁴⁸

Tabla 2

TIPO DE VEHÍCULO	No. UNIDADES	CONTRIBUCIÓN %
Auto particular	2,301,445	72.0
Pick-up	48,507	2
Taxi	91,765	3.0
Combis y Microbuses	52,158	2
Camiones de Carga	463,962	15.0
Ruta-100	2,794	<1.0
Autobuses	5,297	<1.0
Carga mas de 2 ejes	191,946	6.0
Total	3,157,874	100

48 Fuente: COMETRAVI (1997). Estrategia integral del Transporte y Calidad del Aire para la ZMVM.

c) Distribución de emisiones de contaminantes generados por el sector transporte en 1994

Tabla 3

Ton / año 1994

Transporte

TIPO DE FUENTE	PST	SO ₂	CO	NOx	HC	TOTAL
Auto particular	10,321	6,061	1,044,008	31,913	253,866	1,364,169
Pick-up	1,409	354	73,420	2,675	19,374	96,871
Microbus	397	827	224,078	9,396	66,473	301,171
Combi	42	650	134,954	4,918	35,109	175,673
Taxi	613	3,073	529,530	15,983	126,575	675,772
Autobús R-100	1,900	366	5,655	6,751	2,337	17,009
Foráneos, suburbanos	120	102	57,333	2,486	2,055	62,096
De carga	360	37	271,321	5,868	46,100	323,685
De carga (más de dos ejes)	1,902	266	4,736	7,205	2,080	16,187
Autobús municipal	2,705	400	1,778	2,951	782	7,626
Locomotoras	39	26	51	414	17	546
Locomotoras de patio	25	37	52	294	30	437
Aeropuerto	0	0	1,583	1,295	523	3,402

d) Distribución de emisiones de contaminantes generados por el sector transporte en 1996

Tabla 3

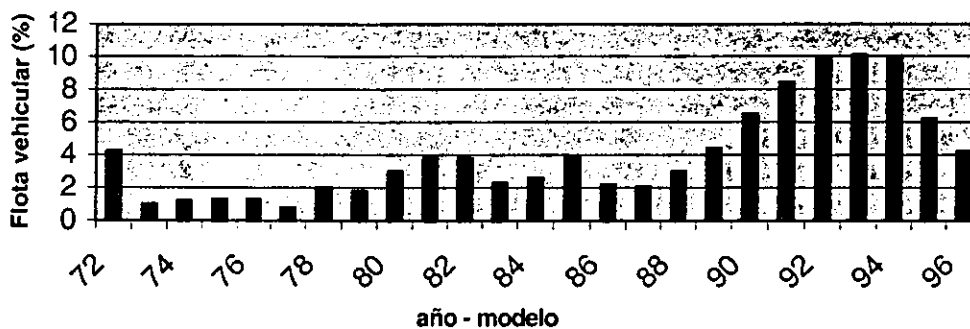
Ton / año 1996

Transporte

TIPO DE FUENTE	PST	SO ₂	CO	NO _x	HC	TOTAL
Auto particular	689	2,155	822,498	32,805	69,413	927,560
Pick-up	18	73	33,068	1,221	2,806	37,186
Microbus	63.9	157.9	129,265	4,217	12,383	146,086
Combi	7.1	124.0	79,226	2,271	6,668	88,261
Taxi	167	521	198,759	7,927	16,774	423,595
Autobús R-100	197	29	1,535	1,911	636	4,308
Foráneos, suburbanos	120	102	57,333	2,486	2,055	62,096
De carga	211	1,501	618,202	19,242	56,491	695,647
De carga (más de dos ejes)	6,308	1,124	49,205	61,275	20,329	138,241
Autobús municipal	373	79	2,910	3,623	1,206	8,191

e) Distribución vehicular por año en circulación en la ZMVM en 1996

Tabla 4



Para disminuir la contaminación del aire; el programa de mejoramiento de la calidad de los combustibles así como la verificación de los automotores, son los dos proyectos más enfocados a disminuir la principal fuente de emisiones contaminantes de CO e hidrocarburos por automóviles.

Por este motivo a continuación se desarrollaran los aspectos técnicos-económicos de ambos.

2.2 Mejoramiento de la calidad de los combustibles

Durante el presente y el siguiente capítulo, se presentan los antecedentes y resultados de las dos medidas más importantes adoptadas por las autoridades, para disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera del Valle de México.

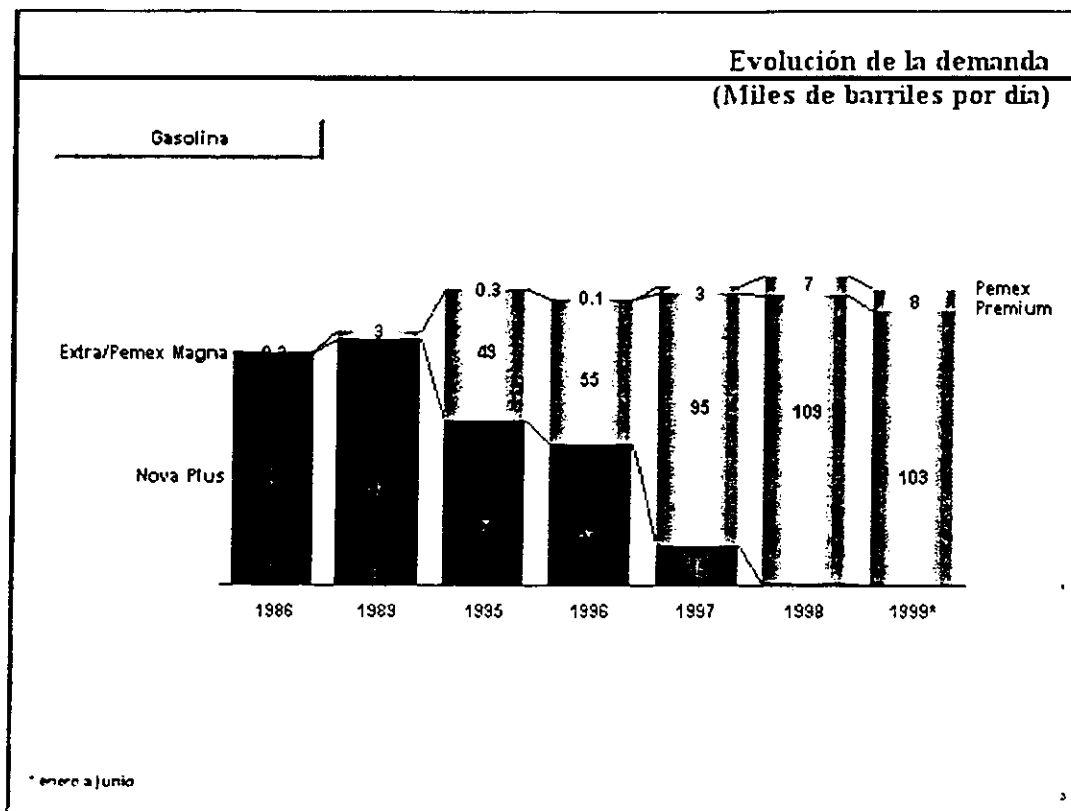
En la última década a través de los programas de aire limpio (PICCA y PROAIRE) se han destinado cuantiosos recursos para disminuir componentes nocivos para la salud, de los combustibles utilizados por los vehículos automotores. En términos generales, aumentar su calidad para una mejor combustión y consecuentemente una disminución en la concentración de compuestos contaminantes en los gases de salida.

Los recursos económicos destinados a este proyecto se muestran a continuación:⁴⁹

⁴⁹ FUENTE: Pemex Refinación, *Anuario Estadístico Pemex 1999*

A partir de 1995 se comenzó a consumir en un 40% gasolina sin plomo en la ZMVM. Para 1998 el consumo de gasolina nova era menor al 1% y en 1999 desapareció completamente. Ver tabla siguiente.⁵⁰

Tabla 2



Los resultados en reducción de plomo y azufre para el periodo en el cual se comenzó a usar gasolina magna y diesel sin se muestran a continuación en las siguientes tres tablas:⁵¹

⁵⁰ SERMANAP, Congreso Nacional de Política Ambiental 22 y 23 de Noviembre de 1999, México D.F.

⁵¹ Ibídem

Tabla 3

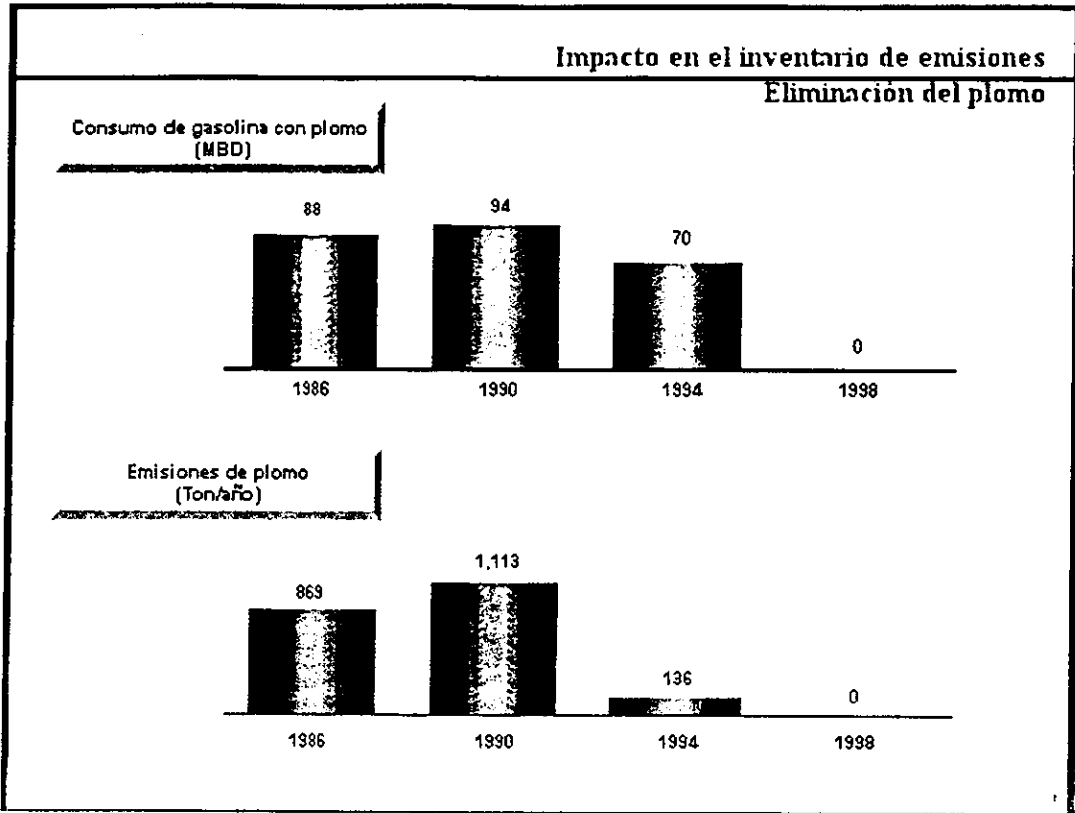


Tabla 4

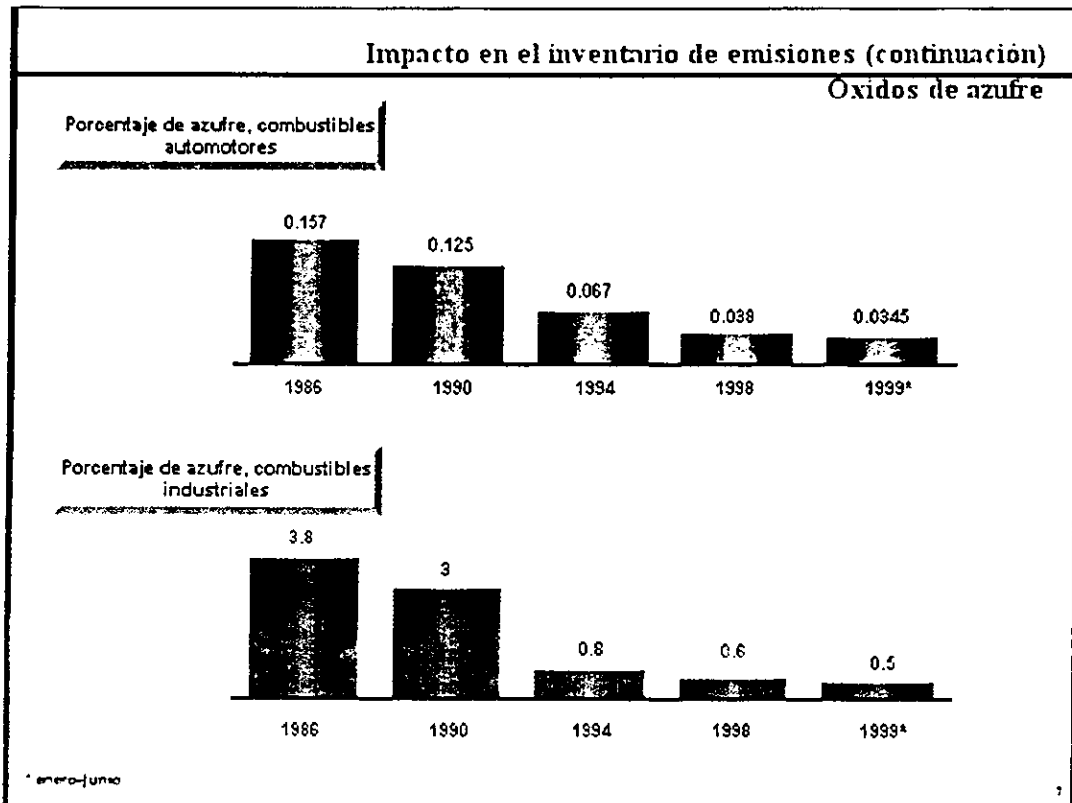
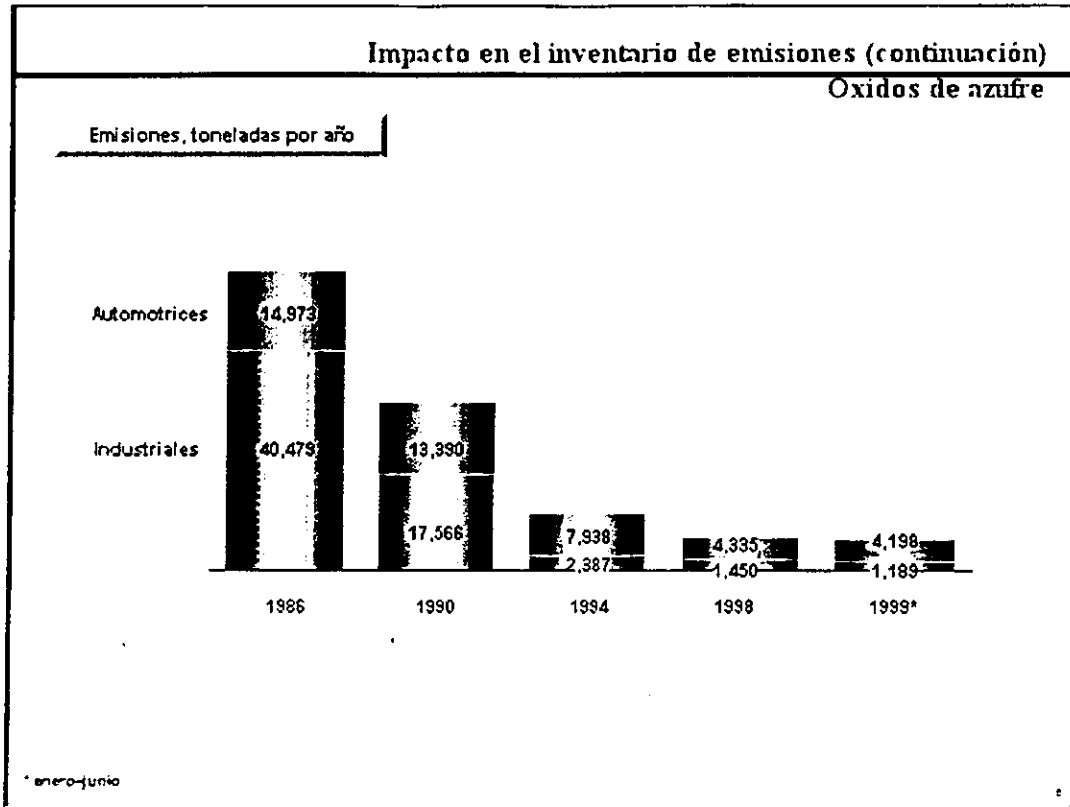


Tabla 5



Para el caso de las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, de acuerdo a información proporcionada por PEMEX refinación la disminución porcentual es considerable en los primeros años de haber introducido los compuestos oxigenados en las gasolinas, además tomando en cuenta que el consumo no fue significativo sino hasta mediados de los '90.

Impacto en el inventario de emisiones (continuación)

Hidrocarburos y monóxido de carbono

- Resultado de la incorporación de compuestos oxigenados se estimaron los siguientes beneficios:
 - En 1990, la reducción de emisiones de HC en aproximadamente 14,500 toneladas por año, cuyo impacto en el inventario de este contaminante representó una disminución de aproximadamente 3
 - Mientras que en el caso de monóxido de carbono, la eliminación de aproximadamente 265,000 toneladas por año, equivalente a la reducción del 11 por ciento del total generado por el parque
 - En 1997, el impacto de incrementar la dosificación representó la reducción de aproximadamente 148,000 y 10,000 toneladas por año de HC y CO, respectivamente.
 - Referidas estas cifras al inventario de emisiones del acervo automotor, se eliminaron del total generado el 6 y 5 por ciento de HC y CO, respectivamente.

El mejorar la calidad de los combustibles está enfocado a disminuir principalmente los compuestos contaminantes de los gases de combustión emitidos por los automóviles. Sin embargo, esta aseveración no es del todo correcta, de acuerdo a estudios realizados a través del IMT (Instituto Mexicano del Transporte) se comprobó que el uso de gasolina Magnasin no disminuyó la cantidad de CO ni la de Hidrocarburos en los gases de escape⁵². El resultado de las estadísticas anteriores, se pone en duda después de los resultados obtenidos por el IMT una vez realizadas algunas pruebas con autos particulares de características diferentes. ***A continuación se presenta dicho estudio.***

⁵² Instituto Mexicano del Transporte, *Mediciones Comparativas de Emisiones y Consumo de Combustible por cambio de tipo de Gasolina en Vehículos sin Convertidor Catalítico*, México D.F., 1996, p.p.3-12

Mediciones Comparativas de Emisiones y Consumo de Combustibles por Cambio de Tipo de Gasolina en Vehículos sin Convertidor Catalítico

Las emisiones y el consumo de combustible de los vehículos, en general, varían según el tipo de gasolina que se utiliza. Esto es, al variar el tipo de combustible va a variar el tipo de contaminantes cuando se usa, incluso en un mismo auto. En este trabajo se describen pruebas realizadas en varios vehículos que ponen de manifiesto cuál es el tipo de gasolina más conveniente para usarse considerando el uso o no de convertidores catalíticos, en automóviles anteriores al año-modelo 1991.⁵³

Para el desarrollo de las pruebas, se seleccionaron 4 vehículos, cuyas características se describen a continuación:

Tabla 6

Clave del vehículo	Descripción
PU	Camioneta Ford Pick-Up, modelo 1990, recién ajustada (con más de 1000 km después del ajuste), seis cilindros en "V" sin convertidor catalítico.
T1	Automóvil Ford Topaz, modelo 1991, cuatro cilindros, inyección de combustibles, sin convertidor

⁵³ Nota: Es importante señalar que el uso del convertidor catalítico se inició en la década de los 90 de manera consistente los vehículos último modelo.

	catalítico.
RR	Automóvil Renault Routier, modelo 1982, cuatro cilindros, inyección de combustibles, sin convertidor catalítico.
T2	Automóvil Ford Topaz, modelo 1991, cuatro cilindros, inyección de combustibles, con convertidor catalítico.

Los resultados de las mediciones de emisiones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7

Promedios de Emisiones

Vehículos	Tipo de gasolina	En ralenti ⁵⁴ %CO	En ralenti HC ppm	A 2000 rpm %CO	A 2000 rpm HC ppm
PU	Nova	5.90	384.0	1.79	159.3
T1	Nova	5.67	645.7	1.03	137.5
RR	Nova	0.78	204.8	3.95	196.2
PU	Magnasin	6.61	315.0	1.93	137.3
T1	Magnasin	6.25	686.0	1.48	166.3
RR	Magnasin	1.68	187.4	4.51	172.8
T2	Magnasin	0.02	55.0	0.01	25.0

Los resultados muestran, en todos los casos, que el uso de gasolina Magnasin hace incluso aumentar la emisión de CO. En el caso de los hidrocarburos, los vehículos equipados con carburador, PPU y RR disminuyeron su emisión, mientras que el vehículo equipado con inyección de combustible T1, aumentó su emisión.

Con el fin de poder comparar los niveles de emisión obtenidos con los máximos de emisión permisibles para vehículos, se incluye en la tabla siguiente la norma técnica ecológica NTE-CCAT-009/88.

Tabla 8

Norma Técnica Ecológica

Año-modelo	Monóxido de carbono %CO	Hidrocarburos ppm
1979 y anteriores	6.0	700
1980-1986	4.0	500
1987 y posteriores	3.0	400

De los resultados obtenidos, a excepción del vehículo RR, los otros dos vehículos, PU y T1, no aprobarían la verificación en las condiciones en que se encontraban al momento de estas pruebas la verificación obligatoria funcionando con gasolina Nova y ninguno la aprobaría utilizando Magnasin.

⁵⁴ Nota: "En ralenti" es la operación de marcha en vacío, es decir, sin acelerar.

Los resultados de las mediciones de consumo de combustible para cada vehículo se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 9

Promedios de Consumo de Combustibles

Vehículo y tipo de gasolina	Promedio de consumo L/km
PU Nova	4.88
T1 Nova	9.88
RR Nova	10.0
PU Magnasin	5.08
T1 Magnasin	10.83
RR Magnasin	9.08
T2 Magnasin	10.8

En los vehículos año-modelo 90 en adelante, el kilometraje por litro de combustible aumenta con el uso de gasolina Magnasin, mientras que en vehículos año-modelo 80 y menores, el kilometraje por litro de combustible disminuye con el uso de la gasolina Magnasin.

Enseguida se realizaron pruebas a los mismos vehículos usando el mismo combustible pero con convertidor catalítico y los resultados fueron los siguientes.

Tabla 10

NIVEL DE EMISIONES EN RALENTI

T1: sin convertidor, T2: con convertidor

Clave del vehículo	CO(%)	CO(%)	HC(ppm)	HC (ppm)
	Nova	Magnasin	Nova	Magnasin
T1	5.67	6.25	645.7	686.0
T2		0.02	----	55.0

NIVEL DE EMISIONES a 2000 rpm.

T1: sin convertidor, T2: con convertidor

Clave del vehículo	CO(%)	CO(%)	HC(ppm)	HC (ppm)
	Nova	Magnasin	Nova	Magnasin
T1	1.03	1.48	137.5	166.3
T2	-----	0.01	----	25.0

Tabla 11

En las conclusiones de esta parte del experimento, se considera que el vehículo T1 emite el 100% y las comparaciones son con respecto al mismo.

En ralenti:

- Respecto al %CO, el vehículo T2 emite 0.35% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Nova, y 0.32% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Magnasin.
- Respecto a los HC, el vehículo T2 emite 8.5% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Nova, y 8% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Magnasin.

A 2000 rpm:

- Respecto al %CO, el vehículo T2 emite 0.97% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Nova y 0.6% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Magnasin.
- Respecto a los HC, el vehículo T2 emite 18% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Nova y 15% de lo que emite el vehículo T1 funcionando con gasolina Magnasin.

Después de analizar estos resultados, es posible darse cuenta que a excepción de la sustancial disminución del plomo y compuestos azufrados en residuos de la combustión al mejorar las gasolinas, la disminución de monóxido de carbono e hidrocarburos no podía darse, y sabiendo de antemano que el mejorar los combustibles no indica hasta el momento una disminución de compuestos que puedan bajar las emisiones de CO e hidrocarburos durante la combustión. Lo que si es posible palpar, es el gran beneficio que muestra el uso de convertidores catalíticos en automóviles bien afinados.

2.3 Verificación vehicular en la Ciudad de México ⁵⁵

a) Historia del Programa

Uno de los graves problemas ambientales en la ZMCM, es y ha sido la contaminación del aire, siendo de acuerdo a la CAM, la principal fuente contaminante la proveniente de las emisiones de los vehículos automotores, que aportan aproximadamente el 80% de los gases. Para atender esta problemática el Gobierno del D.F., comenzó a adoptar diversas medidas de control conforme a los siguientes antecedentes.

En 1975, La Dirección General de Policía y Tránsito, inicia la detención de los vehículos ostensiblemente contaminantes que circulan en la Ciudad de México. De 1976 a 1982 se fue creando la infraestructura para un programa de inspección de emisiones contaminantes de automotores, estableciendo para el efecto, 13 centros de verificación vehicular, operados por personal sindicalizado del entonces Departamento del D.F.

El Programa de Verificación Vehicular inició de manera voluntaria en 1982, cuando los 13 centros de verificación se transfirieron a la Comisión de Ecología, estimándose que se efectuaría la verificación voluntaria a 300 mil vehículos, apoyando al programa con 12 unidades móviles. La verificación vehicular fue

⁵⁵ Comisión Ambiental Metropolitana, Sección: Verificación Vehicular <http://www.cam.ddf.gob.mx>

voluntaria y gratuita hasta 1988, en que se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su reglamento que regula la verificación vehicular, que a partir de noviembre del mismo año se declaró obligatoria.

A partir de 1989, se estructuró el programa de verificación vehicular obligatoria, otorgándose autorizaciones para su ejecución a los llamados centros-taller, a fin de cubrir la demanda del servicio, realizándose la verificación una vez al año.

En 1990, el programa de verificación vehicular obligatorio, se organizó de acuerdo a la numeración y colores del programa "HOY NO CIRCULA" y se requirió a los automovilistas, cumplir con 2 verificaciones al año, durante un mes determinado.

En 1992, se modificó el programa de verificación vehicular obligatoria, haciendo la verificación una vez al año y se expidió la primera convocatoria para asignar Macrocentros de verificación suprimiéndose el servicio de verificación que se prestaba en los 13 centros oficiales.

En 1993, se operó con los Macrocentros equipados con un mínimo de 5 líneas de verificación conjuntamente con los centros-taller que entonces sumaban más de 700, generalizándose el uso del analizador computarizado tipo Bar-90 desde ese año, los vehículos de uso intensivo realizaron su verificación con dinamómetro y únicamente en Macrocentros.

Hasta 1995, la verificación se efectuaba indistintamente en centros dedicados exclusivamente a la verificación y en aquellos que tenían adicionalmente taller mecánico. A finales del mismo año se les notificó a los 670 propietarios de centros-taller, que ese año sería el último que podrían verificar, invitándolos a que se asociaran y se profesionalizaran en el servicio de verificación.

A partir de enero de 1996 y hasta la fecha, el servicio de verificación se presta exclusivamente en centros de multi-línea operados por diversas empresas dedicados solamente a la verificación vehicular, las cuales cuentan con avances tecnológicos de consideración, que están englobados en un sistema centralizado y que de manera permanente están adecuando sus procedimientos técnicos y administrativos, estos lugares son los llamados verificentros, de los cuales actualmente existen 72 particulares y 3 institucionales.

b) Causas y efectos que dieron origen al programa de verificación vehicular obligatoria

México es hoy en día la Ciudad más poblada del orbe con cerca de 20 millones de habitantes en su área metropolitana y su constante crecimiento viene desde su fundación en 1325, como Capital del Imperio Azteca, pasando posteriormente como Capital de la Nueva España en 1521 y como Capital de la República Mexicana en 1824, hasta su desarrollo actual.

La gran concentración poblacional en la Ciudad de México, ha generado una demanda creciente de necesidades, propiciando el desarrollo de grandes zonas industriales, comerciales, servicios bancarios y educativos, prestadores de servicios, infraestructura urbana y servicios municipales; todo esto incluyendo el del transporte público, producen en su conjunto graves problemas ambientales al aire, agua y suelo, principalmente por las múltiples fuentes generadoras de contaminantes que alteran drásticamente el medio ambiente de la Ciudad de México.

Una de las más severas alteraciones que sufre la Ciudad de México es la contaminación del aire, que proviene de las emisiones de mas de 3.5 millones de vehículos automotores que circulan en la ZMCM hoy día.

El creciente deterioro de la calidad del aire en la Ciudad de México, obligó al Gobierno del D.F., a tomar acciones tendientes a contrarrestar la difícil dispersión de los contaminantes atmosféricos, ocasionada por las condiciones meteorológicas y características geográficas, que hacen que la Ciudad sea altamente susceptible de sufrir estancamientos y acumulación de contaminantes ya que las montañas que la rodean (Sierra del Ajusco, Chichinautzin, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina), constituyen una barrera natural que dificulta la circulación del viento e impide el desalojo del aire contaminado fuera del valle.

Las condiciones geográficas de la cuenca que ocupa el llamado Valle de México dan origen a las inversiones térmicas, siendo este un fenómeno que agrava las

condiciones ambientales, particularmente en épocas invernales. Todo esto fue la causa principal que llevó a la idea de la creación del plan de verificación.

Las bases operativas del Programa están claramente definidas, ya que se cuenta con objetivos, políticas, procedimientos técnicos y administrativos, capacidad instalada en los VerifiCentros, normas oficiales, supervisión y control, sistemas de información, evaluación constante y todos los instrumentos necesarios para el adecuado funcionamiento del mismo.

La meta principal del Programa, es crear una conciencia y una cultura ecológica en todos los propietarios de los vehículos que circulan en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, para contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y de ese modo, lograr que los ciudadanos asuman sus responsabilidades, reconociendo que el mantenimiento adecuado y periódico de sus vehículos es la mejor forma de contribuir a frenar el creciente deterioro ambiental; así como el colaborar en tener un ambiente sano para los habitantes de la Ciudad de México.

CAPÍTULO 3

Modelo Ambiental para la Predicción de Emisiones de Contaminantes por Automóviles

3.1 Antecedentes

El modelo desarrollado **se basa en estadísticas** referidas a estudios e información proporcionada por el gobierno federal y local⁵⁶. Cabe señalar que estas estadísticas incluyen la actividad vehicular, así como las emisiones provenientes de los automotores.

De hecho, la actividad económica de la ciudad se expresa a través de la demanda de energía. En este ámbito existen diversos estudios que consignan una correlación significativa entre el producto interno de una economía y la demanda de energía. La forma en que esta demanda impactará la calidad del aire depende en buena medida del balance energético. De acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología en su informe de 1993, el transporte representó el sector con mayor consumo de energía. Gasolina 41%, Diesel 12% y Gas L.P 3% del total de combustibles consumidos en la cuenca del valle de México. Desde entonces el consumo de gasolinas mantiene una tendencia histórica creciente, que pasa de 16 millones de L/día en 1990 a más de 30 millones de L/día en los últimos años, sujeta desde luego a fluctuaciones cíclicas como resultado de cambios en variables económicas.⁵⁷

⁵⁶ RAMA. "Factores de emisiones". Inventario de emisiones vehiculares 1994, 1996, 1998.

⁵⁷ Instituto Nacional de Ecología, Sección combustibles <http://www.ine.gob.mx>

Partiendo de la información anterior, se propuso elaborar un modelo matemático que permitiera calcular las posibles emisiones de contaminantes, producidas por automóviles a lo largo de un año considerando las variables respectivas y así, conocer cuales son los factores que propician las emisiones altas de contaminantes por combustión principalmente. El detectar las variables o factores que influyen en un mayor grado a las emisiones de automóviles, permitirá analizar el efecto de los programas ambientales llevados a cabo por el gobierno federal en colaboración con el gobierno local, en los últimos años y finalmente proponer una iniciativa de disminución de la contaminación considerando las variables físicas, químicas y económicas que puedan en el corto y largo plazo disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera del valle de México.

3.2 Desarrollo del modelo

Para la estimación de las emisiones de origen vehicular se consideran varios elementos fundamentales que reflejan la actividad vehicular: la distancia recorrida a una velocidad dada (dato de actividad), la tasa promedio de contaminantes emitidos durante el transcurso del viaje (factor de emisión), velocidad promedio, número de coches. Estos elementos reflejan un patrón complejo que se da bajo circunstancias particulares del uso del automóvil. Normalmente, la actividad vehicular se expresa en términos de kilometraje recorrido por los vehículos, los factores de emisión se expresan en unidades de gramos de contaminante emitido por kilómetro recorrido, la velocidad en km/l.

El dato de actividad representativo de una zona de estudio, puede ser estimado mediante la contabilización del número de vehículos que pasan por una calle, avenida o carretera de longitud conocida. La información utilizada en el inventario actual consideró los datos recopilados por la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad referidos en el estudio denominado Estrategia Integral de Transporte.

La estimación de los factores de emisión se realizó siguiendo la metodología desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica, quien ha desarrollado modelos de factores de emisión diseñados para considerar los efectos de numerosos parámetros vehiculares que influyen en la determinación del volumen total de contaminantes emitidos por los vehículos en las ciudades de los Estados Unidos.

Los factores de emisión de HCT, CO y NOx empleados en el inventario de emisiones del 1994 para la ZMVM fueron obtenidos a través de la aplicación del modelo MOBILE4.3 adaptado para la Ciudad de México. En 1996, los factores de emisión de estos contaminantes fueron determinados mediante el modelo MOBILE5 en su versión para México, conocido como el modelo M5MCMA.a3, desarrollado por RADIANT *International*. Esta versión del modelo, incorpora adicionalmente información relacionada con las emisiones evaporativas, obtenidas en pruebas del laboratorio.

Para el cálculo de los factores de emisión se consideraron las siguientes condiciones de parámetros:

- Distribución vehicular por año-modelo;
- Kilometraje promedio anual recorrido por tipo de vehículo;
- Temperatura ambiente;
- Velocidad promedio de circulación;
- Presión de Vapor Reid(PVR);
- Altitud

Unos de los aspectos importantes que se consideraron en el presente inventario fue la homologación entre la clasificación de la flota vehicular que circula en la ZMVM y la establecida por el modelo M5MCMA.a3, la cual se llevó a cabo considerando el peso vehicular y los límites de emisión permisibles vigentes para esta zona.

Es importante señalar que la variación de un mismo parámetro entre 1994, 1996 y 1998 no cambia considerablemente, ya que la tendencia de cada una de las variables no cambia drásticamente con el tiempo; si así fuera estos factores necesitarían volverse a calcular con el tiempo en cada corrida del modelo.

El modelo que a continuación se describe y desarrollado como herramienta para la realización de este documento, a diferencia de los ya existentes en el gobierno, usa factores de emisiones de 1998, calculados a condiciones del valle de México y que todavía no han sido publicados por la RAMA (red ambiental de

monitoreo ambiental), además permite conocer la tendencia de las emisiones de cada contaminante por tipo de automóvil según su antigüedad.

Estructura del Modelo para Predicción de Contaminantes

Tabla 1

Base de datos: Factores de emisión para la ZMVM 1998.

1998	Particulares	Taxis	Combi Micro	Pick up	Camiones Carga	Camiones pasaje	Autobuses	Carga +2ejes
Factores ⁵⁸								
Factor 1 [g/km]	2.92	2.92	7.78	4.62	7.78	4.85	4.85	4.85
Factor 2 [g/km]	34.6	34.6	85.14	54.45	85.14	11.7	11.7	11.7
Factor 3 [g/km]	1.38	1.38	2.65	2.01	2.65	14.57	14.57	14.57
Factor 4 [g/km]	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	1.5	1.5	1.5
Factor 5 [g/km]	0.0907	0.090 7	0.115	0.1194	0.2067	0.2225	0.3157	0.2672

Los factores anteriores fueron calculados considerando lo siguiente.

Datos de referencia:

V = velocidad promedio = 32 km/hr

Kilometraje promedio recorrido por día

Tabla 2

Clasificación Vehicular	Recorrido promedio (Km/día)
Autos particulares	33
Taxis	200
Combis y Micros	150
Pick-up	40

⁵⁸ Los factores 1,2,3,etc. mostrados en la primera columna se refieren a emisiones HCT, CO, NOX, PM10, SO2 respectivamente.

Camiones de carga	50
Autobuses transporte	150
Carga 2 ó ejes más	70

Distribución del parque vehicular en circulación en 1998.

Tabla 3

Clasificación Vehicular	Número de coches	%
Autos particulares	2,485,000	71
Taxis	140,000	4
Combis y Micros	59,500	1.7
Pick-up	35,000	1
Camiones de carga	560,874	16
Autobuses	35,000	1
Carga 2 ejes o más.	560,000	6
Total	3,500,874	100

Ecuaciones

Modelo HCT

$$k_x^y = f(A_x^y, v, P_x, \eta, d)$$

$$E_{HCT} = f(k_x^y, n)$$

$$k = A_x^y [1/v^{0.2}] [e^{(P-P/1.1)}] [5.378/\delta^{1.1}] [1/\eta]$$

$$E_{HCT} = 3.65E-3 k_x^y n$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Modelo CO

$$k_x^y = A_x^y [1/v^{0.2}] [1/P0.09] [1/\eta]$$

$$E_{HCT} = 3.65E-3 k_x^y n [\delta^{1.2} - 2(1/\delta^{-0.95})]$$

Modelo NOx

$$k_x^y = A_x^y [v^{1.8} - 1.2(v^{1.7})] [1/\eta]$$

$$E_{NOx} = 3.65E-3 k_x^y n [\delta^{1.2} - 2(1/\delta^{-0.95})]$$

Modelo SO2

$$k_x^y = A_x^y [v^{1.8} - 1.2(v^{1.7})] [1/\eta]$$

$$E_{NOx} = 3.65E-3 k_x^y n [\delta^{1.2} - 2(1/\delta^{-0.95})]$$

Modelo PM10

$$k_x^y = A_x^y [v^{1.8} - 1.2(v^{1.7})] [1/\eta]$$

$$E_{PM10} = 3.65E-3 k_x^y n [\delta/20]$$

Nomenclatura

E_{PM10} : Emisiones de partículas menores a 10 micras [ton/año]

E_{CO} : Emisiones de monóxido de carbono [ton/año]

E_{NOx} : Emisiones de óxido de nitrógeno [ton/año]

E_{HCT} : Emisiones de hidrocarburos [ton/año]

E_{SO_2} : Emisiones de bióxido de azufre [ton/año]

k_x^y : Factor de tendencias

x, y : tipo de vehículo y contaminante respectivamente

δ : Distancia promedio recorrida

v : velocidad promedio recorrida

n : número de vehículos en circulación por tipo

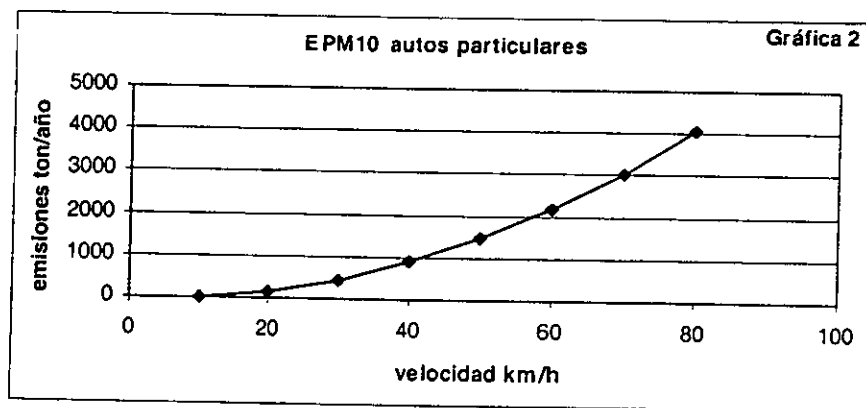
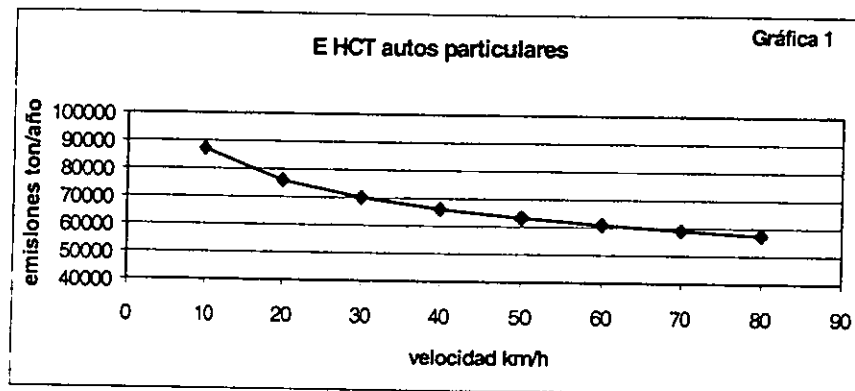
η : años de antigüedad del vehículo

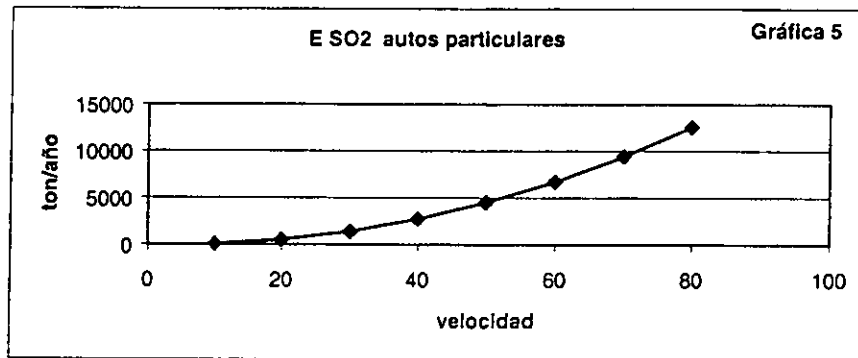
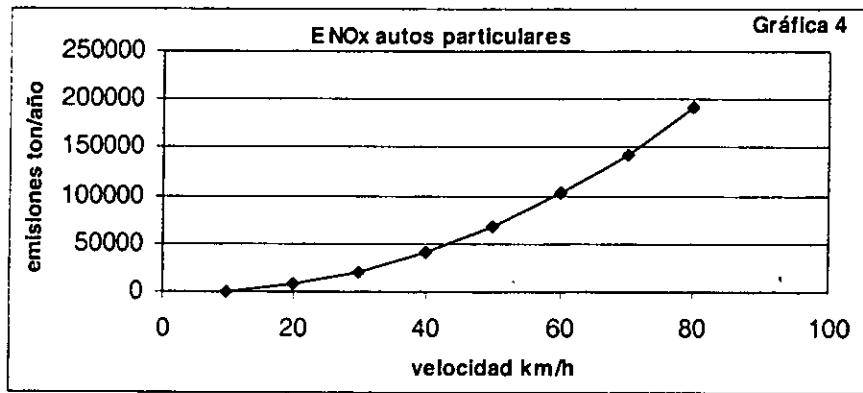
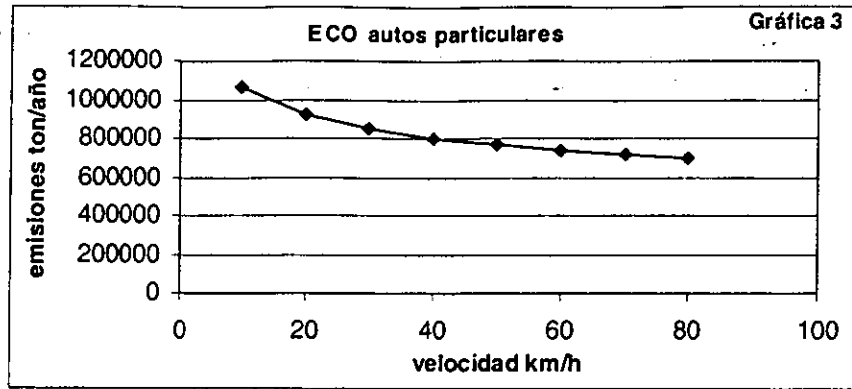
A_x^y : Constante de ajuste del factor de tendencias

3.3 Resultados y Tendencias

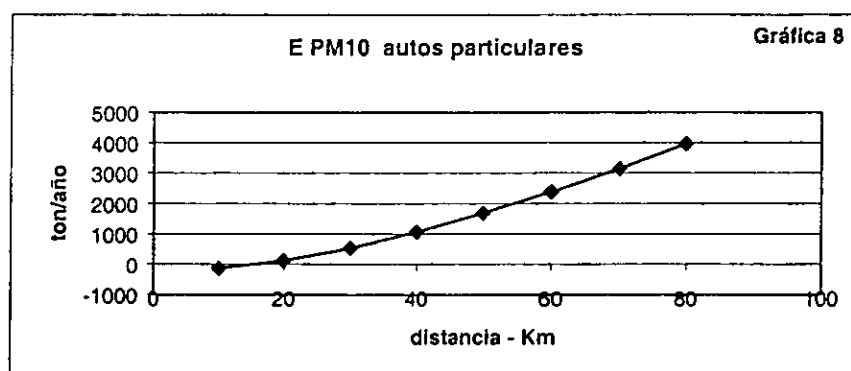
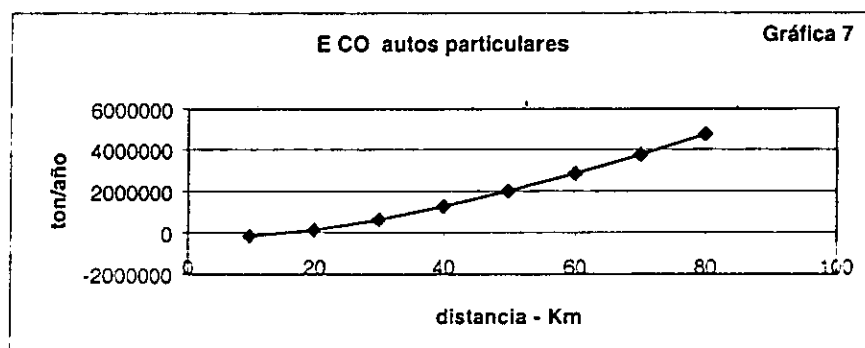
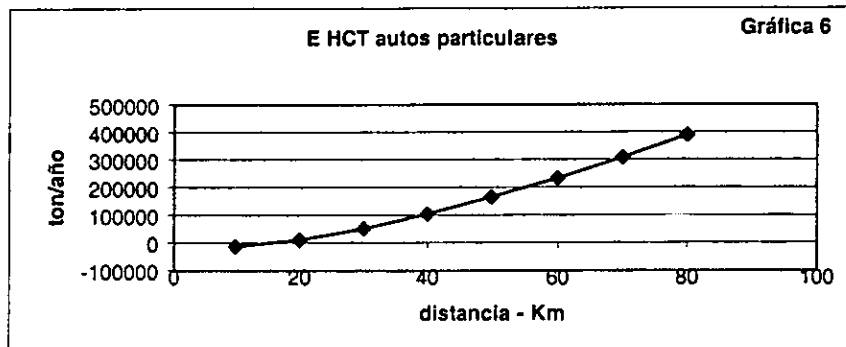
En esta sección se muestran las gráficas correspondientes a los efectos que presentan cada una de las variables del modelo en la contaminación, considerando el tipo de automóvil y contaminante. Estas gráficas fueron generadas con ayuda del modelo antes descrito.

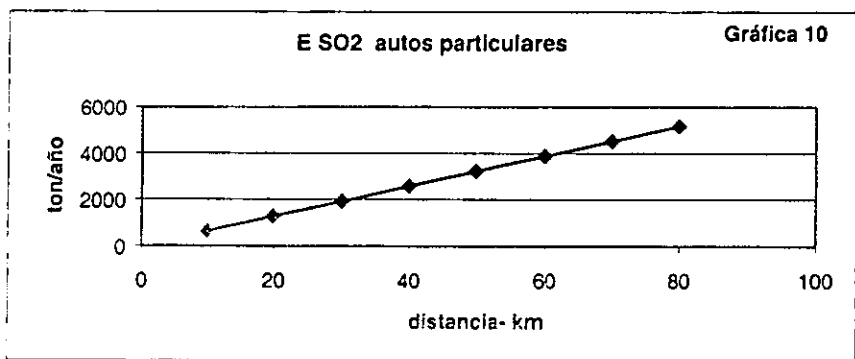
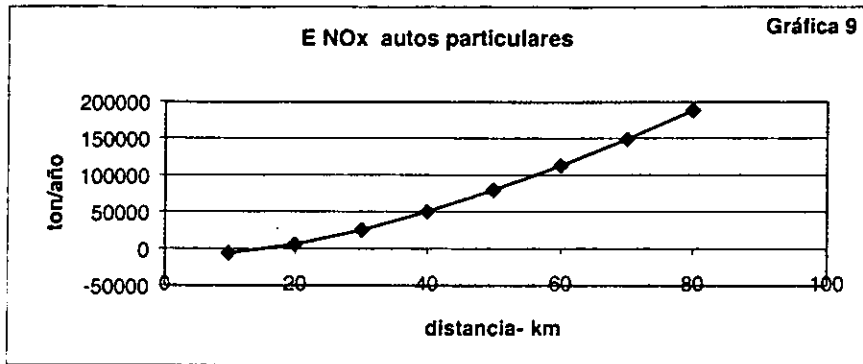
Las gráficas siguientes muestran las tendencias de las emisiones de los gases de cola al variar la velocidad de circulación manteniendo constantes la distancia, el número de vehículos, el año de uso y la PVR.



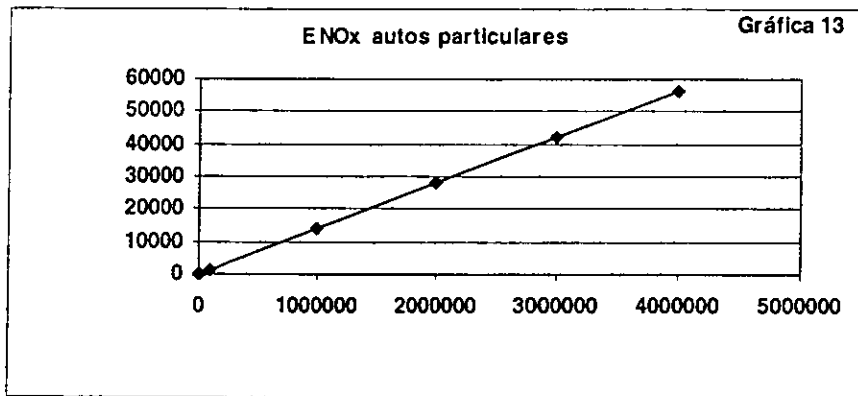
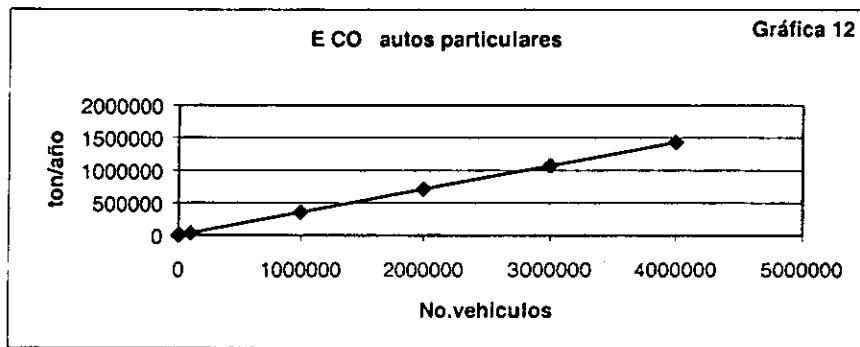
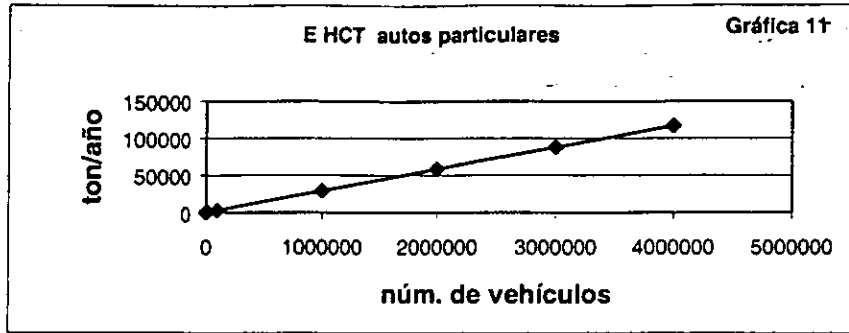


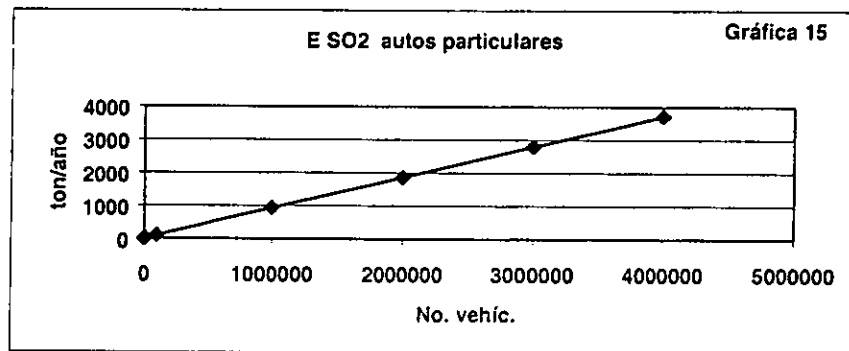
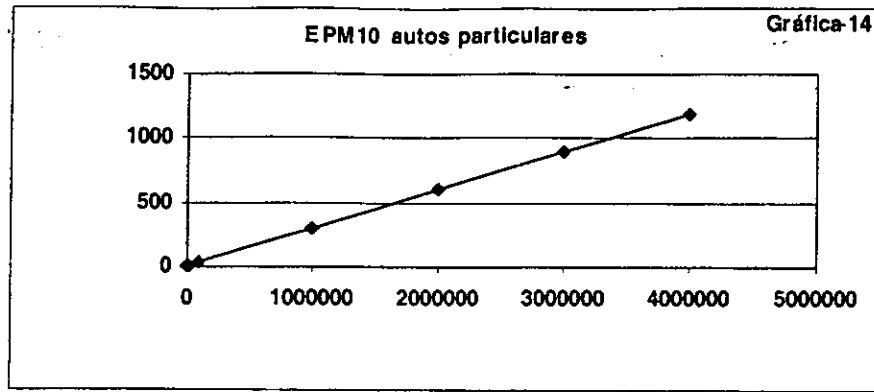
Las gráficas siguientes muestran las tendencias de las emisiones de los gases de cola al variar la distancia recorrida por día, manteniendo constantes las demás variables.



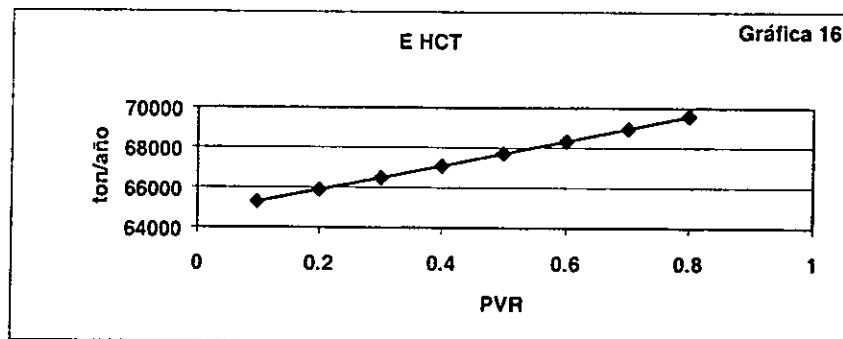


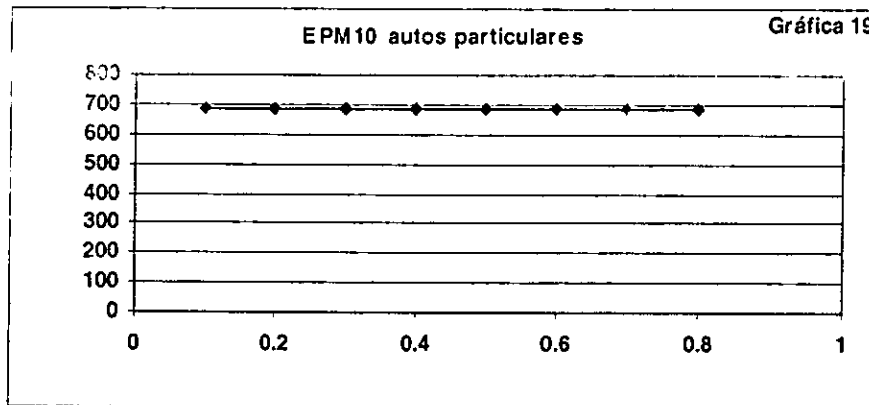
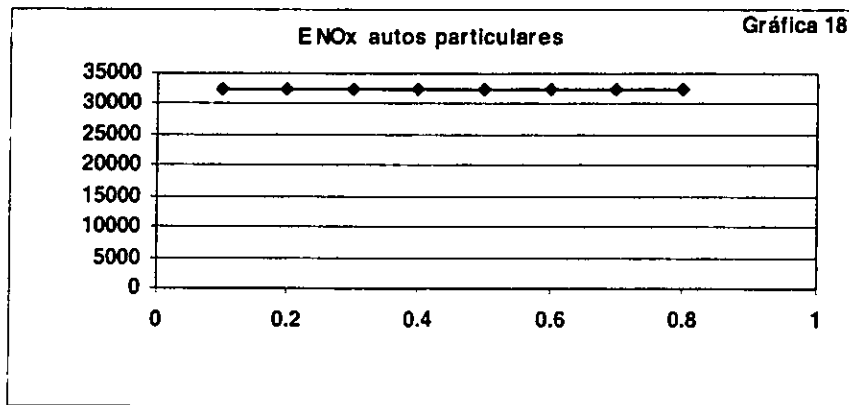
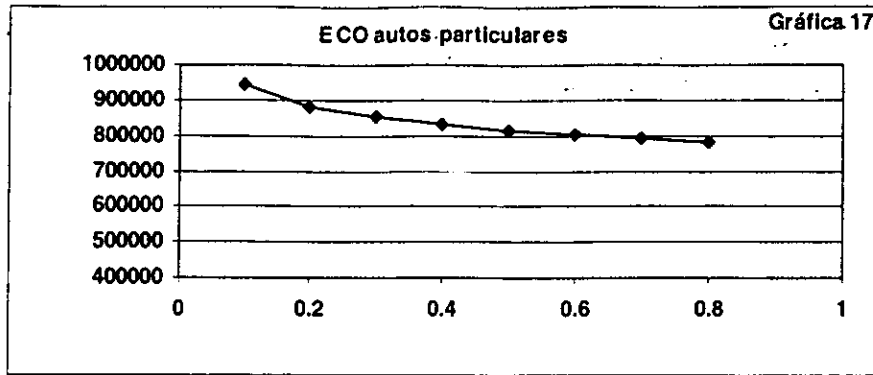
Las gráficas 11 a la 15, muestran los efectos para los mismos gases variando el número de vehículos en circulación, manteniendo constantes las demás variables.

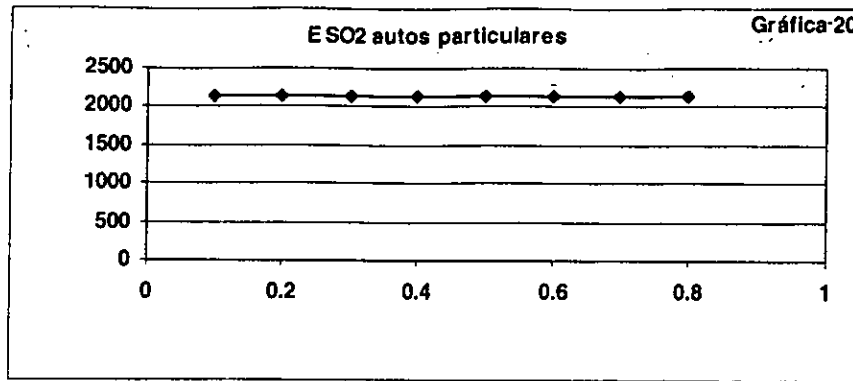




Las gráficas 16 a la 20, muestran los efectos que tiene la presión de vapor sobre las emisiones de gases de combustión.







Al analizar los resultados emitidos por el modelo, es posible conocer que una de las variables más importantes a considerar al hablar de contaminación atmosférica vehicular, es sin duda el número de automóviles en circulación en la ZMVM en un año determinado; esto trae consigo un aumento en el consumo de combustibles, una disminución de la velocidad promedio de circulación y un aumento de las distancias recorridas principalmente.

Para tener una idea de la influencia de las variables en las emisiones por automóviles, según el modelo, tan sólo un coche de modelo reciente es decir con 3 años de uso como máximo a una velocidad promedio de 30km/h recorriendo una distancia de 36 km/día con un combustible mejorado (magnasin), produce 0.37 ton/año de monóxido de carbono, 0.03 ton/año de hidrocarburos, 0.01 ton/año de Nox y una cantidad despreciable en términos prácticos de SO2 y PM10.

Bajo las mismas condiciones un vehículos con 10 años de uso produce 0.70 y 0.03 Ton/año de CO, Hidrocarburos y Nox respectivamente. En tanto que un

vehículo con 20 años de antigüedad emite 2.6 Ton/año de CO, 1.4 Ton/año de hidrocarburos y 0.06 Ton/año de Nox.

Es importante antes de continuar, hacer hincapié que estos datos fueron calculados con el modelo tan solo variando el número de años de uso del automóvil, sin considerar que esto implica un cambio en la velocidad promedio, tipo de combustible, entre otras. Se puede observar que un automóvil con mas de 20 años de uso puede producir mas de 5 y casi 50 veces mas emisiones de CO e hidrocarburos respectivamente, que un coche de modelo reciente, esto se debe a que los vehículos con mas de 10 años de uso, hoy en día no cuenta con convertidor catalítico y debe usar un combustible de alto octano que no puede ser oxidado eficientemente en una cámara sin inyección electrónica; aunado a esto las características de los combustibles oxigenados que de acuerdo a estudios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte, presentan una mayor producción de CO en los gases de cola así como de hidrocarburos.

Las figura siguiente muestran uno de los cálculos realizados por el modelo de emisiones por automóviles.

Figura 1

Form1

MODELO DE EMISIONES VEHICULARES

Autos particulares:	30	33	1	20	0.45
Taxis	36	200	91765	3	0.45
Combis Micros	36	150	52158	3	0.45
Pick up	36	40	48507	3	0.45
Cam Carga	36	50	463969	3	0.45
Cam Pasaje	36	150	2794	3	0.45
Autobuses	36	150	5237	3	0.45
Carga +2ejes	35	70	191946	3	0.45

Inicio | [Iconos] | factores.doc - Micr... | Delta 4 | Modelo | [Iconos] | 09:54 a.m.

Figura 2

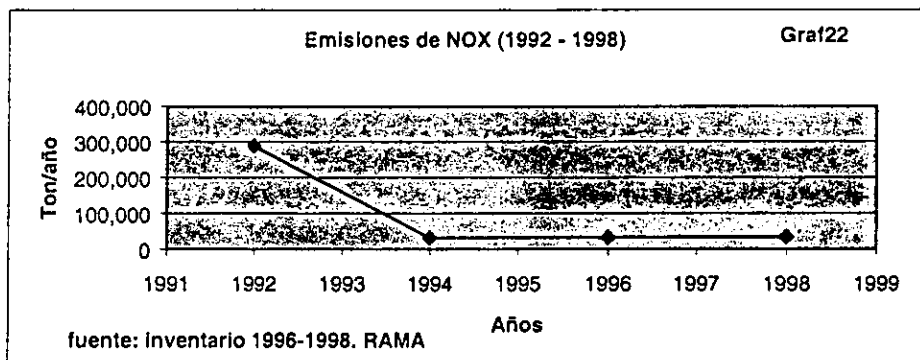
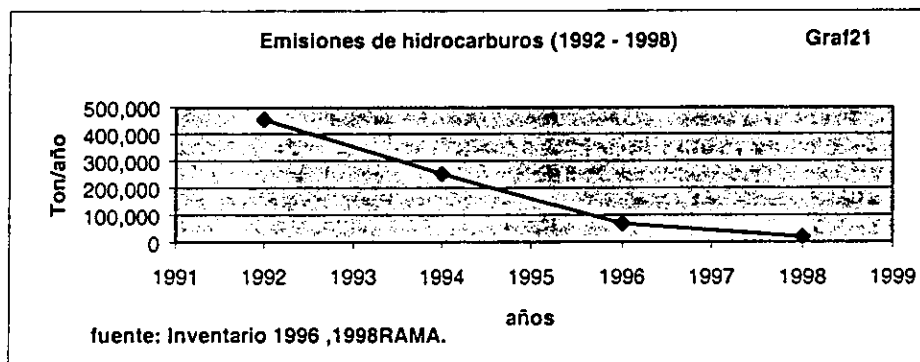
MODELO DE EMISIONES VEHICULARES

Modelo	CO	HC	NOx	PM10	SO2
Autos particulares					
Auto	1.42	444.65	0.06	0.00	0.00
Camión	16593.29	199753.30	7742.24	167.95	567.23
Camión Micro	7779.88	207541.38	6359.77	72.50	261.43
Pick-up	1680.66	32683.90	1218.85	18.47	74.78
Camión Carga	26066.00	620525.52	20432.35	212.96	1572.58
Camión Pasaje	552.45	2924.73	3589.93	377.23	78.23
Autobuses	551.59	2970.46	3600.26	378.22	79.19
Carga Pesada	7346.03	48862.50	61876.19	6363.67	1179.10

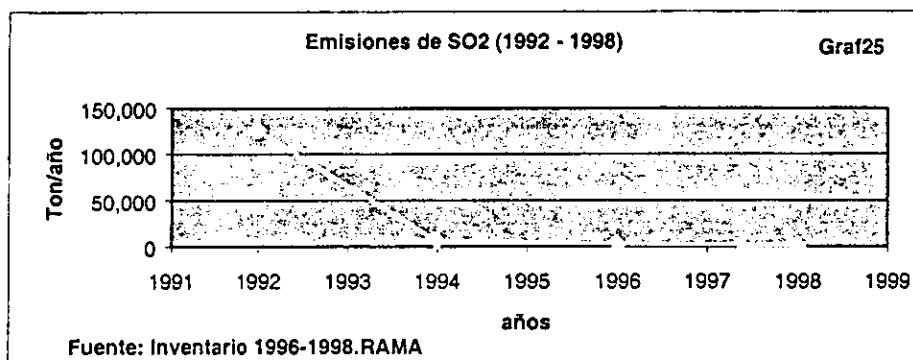
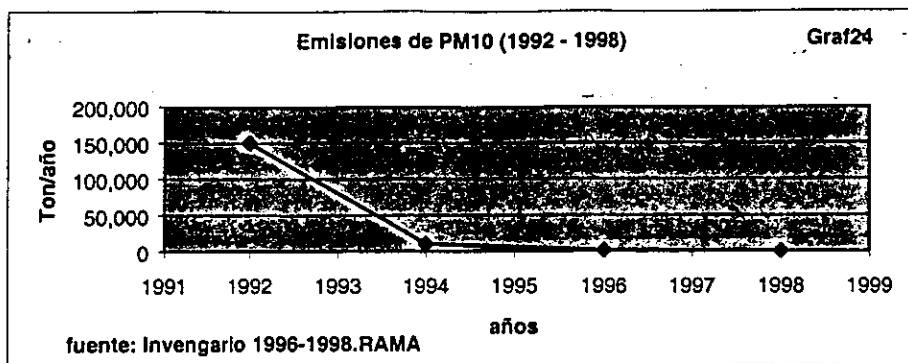
3.4 Análisis

Es posible apreciar a través de los resultados generados por el modelo basado en las estadísticas confirmadas por la RAMA, que las principales emisiones de contaminantes generados por automóviles, son el CO e hidrocarburos, seguidos por las emisiones de partículas menores a 10 micras, NOx y SO₂.

Contrariamente a los resultados del modelo y de la RAMA, las estadísticas de emisiones de contaminantes presentadas por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), muestran que desde 1994⁵⁹ a la fecha, las emisiones tanto de CO como de hidrocarburos han disminuido en aproximadamente un 47 y 90% respectivamente. Las gráficas siguientes muestran estas tendencias y la de los otros contaminantes.



⁵⁹ Es importante recalcar que los datos de emisiones reportados en 1992, no son congruentes con los de los demás años aquí mostrados, por la forma como estos fueron calculados de acuerdo con la RAMA. En este estudio se incluyen sólo como punto de referencia.



La producción de estos contaminantes prioritarios en la atmósfera de la ZMVM metropolitana, es función de la distancia, velocidad promedio con la que circulan los automóviles cada día, así como de la calidad de los combustibles, eficiencia del motor y principalmente del número de automotores en circulación.

Al analizar cada una de estas variables con respecto al tiempo, se ha observado lo siguiente:

- El número de automóviles que circulan en la ZMVM se ha incrementado a una tasa del 10% anual en la última década.⁶⁰ Esto significó un aumento total del doble de vehículos con respecto a los inicios de la década de los '90s.
- El consumo de combustible por consecuencia ha mantenido su curva ascendente de consumo en alrededor de 25% anual. Esto como consecuencia del aumento de la actividad comerciante e industrial.
- La velocidad promedio de circulación ha disminuido de acuerdo a información de COMETRAVI de 36 km/h en 1996, a 33.5 km/h⁶¹ en 1999.
- La distancia promedio se incrementó de 33 a 34.3 km/día.⁶²

Algunos hechos favorables para disminuir las emisiones son por ejemplo:

- El combustible se mejoró para disminuir las emisiones de compuestos con plomo y azufre.⁶³
- En nuestros días, el 30% de los automotores en circulación tienen más de 20 años de uso, el 45% menos de 20 y más de 10 años de antigüedad y el 25 % restante entre 5 y 10 años.⁶⁴

Usando el modelo de emisiones de contaminantes vehiculares, y la información anterior de la evolución de las variables generadoras de contaminantes, se obtienen las curvas siguientes (Gráficas 26-29):

⁶⁰ Fuente: Instituto Nacional de Ecología, *Índice de Indicadores 1999*, Sistema Nacional de Información Ambiental <http://www.ine.gob.mx/dggia/indicadores/espanol/ca2-22html>

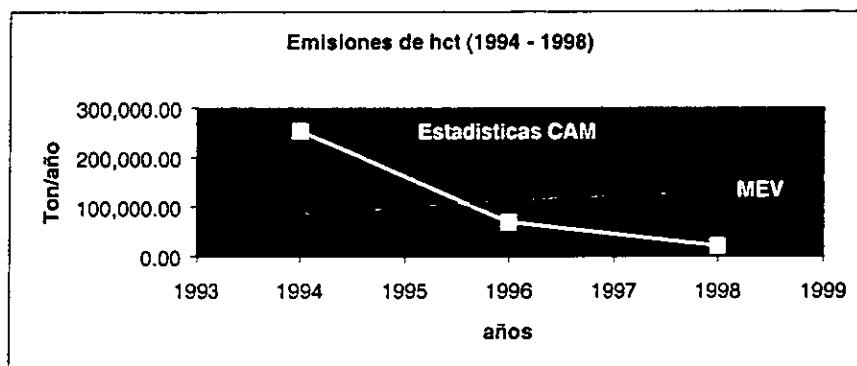
⁶¹ Se toma como referencia a los autos particulares, ya que ellos representan un 77% del parque vehicular.

⁶² El aumento en la distancia recorrida por día, obedece principalmente al crecimiento de la mancha urbana en los municipios que forman la ZMVM. El crecimiento poblacional en la ciudad es de 0.6% mientras que en sus alrededores llega al 10% anual.

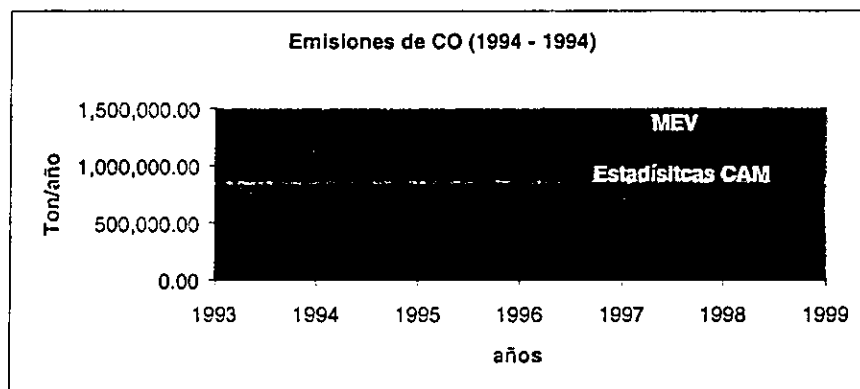
⁶³ De acuerdo a un estudio elaborado por el IMT los nuevos combustibles oxigenados no disminuyen las emisiones de CO e hidrocarburos, como se analizó previamente en la sección de medidas aplicadas por el gobierno.

Nota: Se grafican las tendencias de emisiones contaminantes tanto las generadas con ayuda del modelo como las mostradas por la CAM.

Graf.26

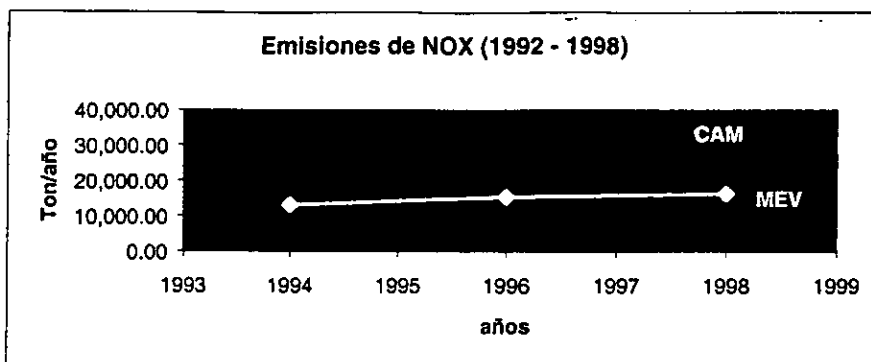


Graf.27

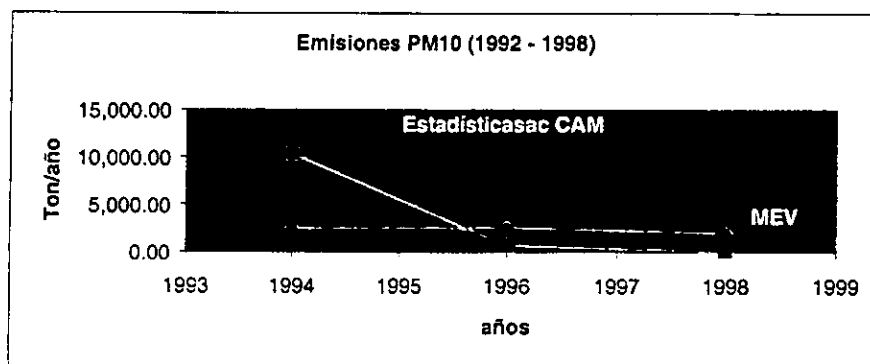


⁶⁴ RAMA, Inventario de Emisiones 1999 . Nota: fuente aún no publicada oficialmente

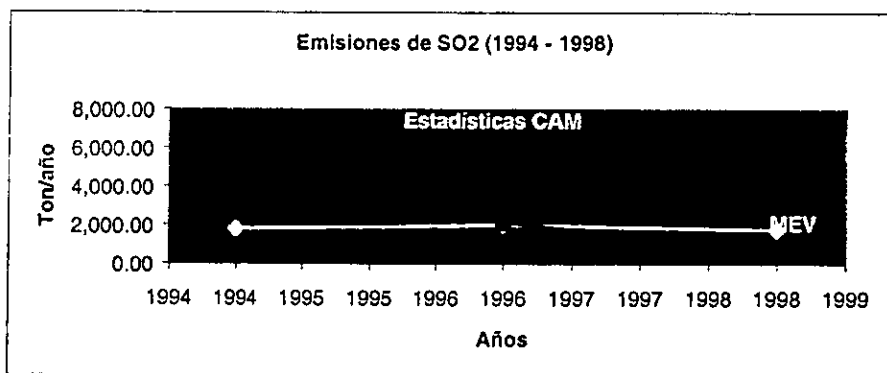
Graf.28



Graf.29



Graf.30



Las gráfica 26 y 27 de esta sección muestran tendencias opuestas, es decir, las estadísticas de la CAM disminuyen cuando de acuerdo con el análisis de las variables por separado, (MEV) aumentan. Este hecho puede interpretarse en

términos de que los datos de la CAM, son meramente valores deseables por alcanzar.

La disminución de las emisiones de CO e hidrocarburos según la CAM, es de 47 y 90% respectivamente; en cambio de acuerdo al análisis, este aumento es de alrededor de 54% de HCT y 58% de CO.

La gráfica 28 muestra una tendencia paralela, CAM y MEV con una diferencia del orden de 3 veces mas altos los resultados de la CAM. Las gráficas 29 y 30 se interceptan en un punto con una tendencia encontrada.

Es posible pensar, además, que la diferencia entre las estadísticas publicadas de emisiones contaminantes y el análisis de variables aquí desarrollado, se deba a la manera como las primeras fueron tomadas, es decir, la imposibilidad para diferenciar entre los gases emitidos por cada tipo de automóvil, industria, domestico, el medio etc., en una muestra determinada puede acarrear ciertas imprecisiones, de la misma manera la forma de cuantificar la evolución de cada una de las variables analizadas con respecto al tiempo puede presentar otro tipo de desviaciones estadísticas que finalmente se reflejaran en los resultados finales.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el mejoramiento de los combustibles, no favorece directamente la disminución de emisiones de CO e hidrocarburos en el corto plazo, por razones de tecnología de los automóviles. En la actualidad mas del 50% de los vehículos que circulan en la ZMVM tienen entre 10 y 25 años de uso; los vehículos con tecnología de fuel injection comenzaron a aparecer de forma masiva en la década de los 90 en el valle de

México. Por esta razón cerca del 25% de los automotores en circulación tiene menos de 10 años.

En lo que refiere al uso de convertidores catalíticos, estos trabajan eficientemente, si y sólo si, las condiciones de generación de gases de combustión se realizan bajo condiciones apropiadas. Es decir, un combustible adecuado, temperatura óptima de operación y regeneración del catalizador ó cambio del convertidor catalítico en un periodo no mayor de 5 años. El convertidor catalítico es capaz de disminuir las emisiones de CO, hidrocarburos, SO_x, NO_x hasta un 70% siempre y cuando se consideren las condiciones anteriores. Como esto no ha sido posible en la ZMVM, la disminución de gases contaminantes por uso de convertidor es mínimo.

CAPÍTULO 4

Propuesta para Disminuir las Emisiones por Automóviles

4.1 INTRODUCCIÓN

Antes de iniciar este capítulo, con la elaboración de la propuesta que permita disminuir las emisiones de contaminantes por automotores, es necesario señalar que el desarrollo de este trabajo hasta el momento ha significado una herramienta necesaria para poder llevar a cabo el mecanismo de toma de decisiones. Como hemos podido observar en los resultados obtenidos en materia de contaminación atmosférica, a lo largo de la década de los '90s, las decisiones tomadas con relación a la eliminación de contaminantes en particular en la ZMVM, no han eliminado aquellos factores determinantes en la generación de gases contaminantes.

Como se menciona en los antecedentes de este trabajo, se han tomado diversas acciones para contrarrestar el efecto contaminante por automotores en la atmósfera de esta ciudad. Estas decisiones se han basado en el entorno político - económico del momento y muy poco en el análisis de aquellas variables que incrementan la contaminación del aire. Desgraciadamente, la ciudad de México ha sufrido en los últimos años una transformación política que no ha permitido dar continuidad a aquellos proyectos de combate a la contaminación y en los cuales ya se tenía un presupuesto asignado y utilizado en buena medida, en la mayoría de ellos⁶⁵.

Un ejemplo muy claro es el programa de verificación vehicular que ha sufrido una serie de cambios en el control de la contaminación, debido en gran parte a la falta de información que permita establecer estándares reales de emisiones acordes no sólo con las condiciones climáticas y geográficas de la ciudad; sino, también con las características del parque vehicular en circulación.

⁶⁵ Programa PICA y PROARIRE. Ver antecedentes Pág. 10.

A principios de la década pasada, era hasta cierto punto justificable el no poder establecer los mecanismos que permitieran reducir y atacar la contaminación atmosférica en ZMVM, ya que no se contaban con los mecanismos para generar la información necesaria, para respaldar y elaborar una verdadera política ambiental. En este momento existe un centro de medición de contaminantes a la atmósfera con estaciones de monitoreo a lo largo de la zona Metropolitana y que permite conocer la cantidad de contaminantes generados a lo largo de un día, mes y año. El propósito de este trabajo en general, es el de establecer un camino para que en lo futuro se tengan las bases para el establecimiento de medidas que permitan atacar los principales factores generadores de contaminantes atmosféricos y reducir en consecuencia el costo de dichos proyectos.

Este trabajo demuestra que es posible con la información que existe actualmente elaborar planes de trabajo y herramientas de computo, que permitan identificar las variables críticas en el proceso de generación de contaminantes y con esto definir objetivos más claros en lo que a contaminación atmosférica se refiere, reduciendo con esto el tiempo y y costo económico de los objetivos.

Con información estadística como la que aquí se muestra, es posible establecer varias rutas de financiamiento que permitan dar continuidad a medidas ya iniciadas y mejorarlas. Un ejemplo es el impuesto de tenencia vehicular estudiado en este trabajo. La utilización de este impuesto no esta del todo definido pero mediante la elaboración de un análisis detallado, pudiera respaldarse su utilización en proyectos ambientales como se muestra en el capítulo cuatro.

También es cierto, que existen diferentes mecanismos para reducir las emisiones contaminantes por automóviles, tal es el caso de los impuestos a los combustibles cuyo precio es una variable de control de la demanda que ha utilizado el gobierno a lo largo de los años y que en nuestro país,

especialmente en la ZMVM no ha provocado cambios significativos en la curva de consumo de estos productos.

El mejoramiento del transporte, repavimentación de avenidas, para mejorar la circulación, sincronización de semáforos, incremento del número de estacionamientos, reestructuración de estándares de emisiones e impuestos, son mecanismos alternos que podrían ayudar a reducir las emisiones por automotores en el valle de México.

En este trabajo se elaboran dos propuestas encaminadas a reducir estos gases contaminantes, considerando tan sólo el número de vehículos y su antigüedad, ya que un aumento ó disminución de estas variables, repercute significativamente en la generación de contaminantes a las condiciones actuales de la ciudad de México, tal y como se demostró a lo largo de este capítulo .

El objetivo principal es disminuir el parque vehicular con más de 10 años de uso en circulación y que el porcentaje de vehículos con dichas características se mantenga constante a lo largo de los próximos años.

4.2 Justificación

A través de los estudios anteriormente realizados y con ayuda del MEV se ha observado que una de las variables que más influyen en las emisiones por automóviles es la cantidad de automotores que año con año incrementan el parque vehicular en la ZMVM. El modelo de emisiones anteriormente desarrollado permite conocer las toneladas por año de cada uno de los contaminantes emitidos por los automóviles al variar número en circulación,

manteniendo constante⁶⁶ la distancia, velocidad, años de uso de los automóviles. La tabla siguiente muestra el desglose en toneladas por año de CO, Hidrocarburos, NO₂, SO₂ y PM10 a diferentes cantidades de vehículos.

Tabla 1

Número de autos	CO ton/año	Hidrocarburos ton/año	NO ₂ ton/año	SO ₂ ton/año	PM10 ton/año
100	35.73	2.92	1.41	0.09	0.03
1,000	357.33	29.23	14.12	0.93	0.30
1,500	535.99	43.84	21.18	1.39	0.45
2,000	714.66	58.46	28.24	1.86	0.60

Los resultados anteriores muestran la cantidad de contaminantes generados dependiendo del número de vehículos que se incrementen o disminuyan del parque vehicular existente en la ZMVM. El aumentar el número de coches en 1000 unidades representa un incremento hasta del 100% en el caso de los hidrocarburos y emisiones monóxido de carbono.

Otra variable importante y que puede aumentar considerablemente las emisiones anteriormente mencionadas, es el número de años de uso de los automóviles. La variación de los gases de cola con respecto a su uso ó antigüedad, se muestra en la tabla siguiente.

⁶⁶ Nota: Se toma como base los datos obtenidos del inventario emitido por el SIMA para 1996

Tabla 2

Años de uso de automóviles	CO ton/año	Hidrocarburos ton/año	NO ₂ ton/año	SO ₂ ton/año	PM10 ton/año
5 años	228393.05	18682.75	9025.10	2136.61	2467.31
10 años	456786.11	37365.50	18050.20	2136.61	1233.65
15 años	685179.16	56048.26	27075.30	2136.61	822.44
20 años	913572.22	74731.01	36100.40	2136.61	616.83

Analizando combinadamente el comportamiento de estas dos variables sobre las emisiones de gases, se aprecia que los resultados obtenidos son favorables sobre la generación de los contaminantes.⁶⁷

⁶⁷ Nota: para la siguiente tabla se considera fija la tasa de crecimiento de automóviles en la ZMVM de cada año.

Tabla 3

	CO	Hidrocarburos	NO ₂	SO ₂	PM10
	ton/año	Ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
5 años					
100 autos	9.93	0.81	0.39	0.09	0.11
1000 autos	99.26	8.12	3.92	0.93	1.07
1500 autos	148.89	12.18	5.88	1.39	1.61
2000 autos	198.52	16.24	7.84	1.86	2.14
10 años					
100 autos	19.85	1.62	0.78	0.09	0.05
1000 autos	198.52	16.24	7.84	0.93	0.54
1500 autos	297.77	24.36	11.77	1.39	0.80
2000 autos	397.03	32.48	15.69	1.86	1.07
15 años					
100 autos	29.78	2.44	1.18	0.09	0.04
1000 autos	297.77	24.36	11.77	0.93	0.36
1500 autos	446.66	36.54	17.65	1.39	0.54
2000 autos	595.55	48.72	23.53	1.86	0.71
20 años					
100 autos	39.70	3.25	1.57	0.09	0.03
1000 autos	397.03	32.48	15.69	0.93	0.27
1500 autos	595.55	48.72	23.53	1.39	0.40
2000 autos	794.07	64.96	31.38	1.86	0.54

Las razones por la que se consideran las dos variables antes mencionadas (disminución del parque vehicular y antigüedad) para el desarrollo de la siguiente propuesta ambiental, se justifica con los resultados de las tablas anteriores. La tabla 3 en particular, muestra el efecto conjunto de tener un parque vehicular con menor número de automóviles y con menos años de uso. Por estas razones, se propone lo siguiente.

Es cierto que resultaría difícil o casi imposible reducir la tasa de crecimiento vehicular de los siguientes años en el Valle de México, ya que esto está en función del desarrollo económico y poblacional del momento. Sin embargo, lo más importante es reducir actualmente el porcentaje de autos con más de 10 años de uso. Para conseguir lo anterior se podrían llevar a cabo diversos mecanismos a continuación descritos.

4.3 Mecanismos posibles para cumplir la propuesta

I El gobierno debe destinar un presupuesto enfocado a adquirir el parque vehicular particular⁶⁸ con más de 10 años de uso en la ZMVM para ponerlos fuera de circulación y establecer al mismo tiempo nuevos estándares de emisiones por vehículo de acuerdo a su modelo.

II Establecer que el pago de la tenencia vehicular sea mayor para aquellos vehículos con más años de circulación que aquellos de modelos recientes. Esto

⁶⁸ Se consideran sólo los autos particulares, ya que estos representan el 70% del parque vehicular en circulación con mayores emisiones de CO e hidrocarburos.

sería con el fin de desincentivar el uso de vehículos con mayor posibilidad de contaminación por antigüedad.

4.4 Análisis de las propuestas anteriores

Propuesta 1

Para poderla llevar a cabo, el gobierno debería participar directamente adquiriendo el 25% del parque vehicular que equivale a los automóviles de más de 20 años de uso, así como el 40%, representado por vehículos con más de 10 y menos de 20 años; estaríamos hablando de la sustitución de un 65% del parque vehicular, es decir, 1,706,250 vehículos que saldrían de circulación con este mecanismo.

El adquirir el 100% de los vehículos con más de 20 años de uso representa un gasto de aproximadamente \$9, 843,750,000 tomando en cuenta que en promedio el costo de un vehículo con dicha antigüedad es de \$15,000 pesos. El adquirir el 40% de los autos entre 10 y 20 años de uso, implicaría un gasto de \$19,950,000,000 considerando un costo promedio por vehículos de \$19,000 pesos. Posteriormente estos vehículos podrían ser vendidos como chatarra y recuperar una cantidad aproximada de \$6, 306, 300, 000.00 considerando un peso promedio de 1000 Kg/chatarra a \$4/kilo y reemplazando mas del 50% del parque vehicular antiguo.

En total, el monto económico por esta propuesta sin considerar el valor de rescate, estaría alrededor de \$29,793,750,000 pesos; comparado contra el presupuesto destinado para mejorar los combustibles, representa tan sólo el 53% de este proyecto.

Ventajas:

Esta medida provocaría que el parque vehicular no rebasara en promedio los 15 años de antigüedad y que aquellos autos con mas tiempo de circulación se mantuvieran dentro de los estándares de emisiones por contar con una tecnología más reciente.

Desventajas:

La pregunta sería: En cuánto tiempo el gobierno local estaría dispuesto a seguir destinando presupuesto para la compra del parque vehicular antiguo. Más aún, si por un ejemplo se diera únicamente un año de gracia para la compra- venta de dichos automóviles, aquellos que durante el año de la aprobación de dicha medida ambiental se encontrarían con tan sólo 9 años de uso, al año siguiente dichos automóviles tendrían que salir de circulación a menos que cumplieran con los nuevos estándares de emisiones de gases de cola, correspondientes a dicho modelo, de lo contrario no podrían circular más en la ZMVM.

Propuesta 2

La segunda propuesta esta enfocada a la utilización de uno de los impuestos cargados a los automóviles o tenencia que se cobra anualmente. Antes que nada es necesario conocer bien el sistema del cobro por tenencia. El propósito actual de este impuesto no está del todo definido, es decir, la cantidad

obtenida por este medio se destina a obras públicas en general y se cobra de la siguiente manera⁶⁹:

De acuerdo a la última regulación de 1995 en cuanto a tenencias, para aquellos vehículos modelo 90 para atrás, la cuota anual se toma considerando el cilindraje del motor, como se muestra a continuación:

CILINDRAJE	
Hasta 4	\$ 151.00
De 6	\$ 452.00
De 8 ó más	\$ 564.00

Para los vehículos importados del año modelo 1965 y hasta 1990 pagan una cuota de:

\$ 1,028.00

Las motocicletas pagan una cuota de:

\$ 188.00

Los vehículos destinados al transporte público de pasajeros pagan:

\$ 469.00

⁶⁹ Tenencia 2000, Gobierno del D.F., <http://www.df.gob.mx/secretarias/tesoreria.html>

Los vehículos destinados al transporte de carga, por cada tonelada de capacidad de carga o de arrastre, pagan una cuota de:

\$ 92.00

Para aquellos vehículos comprendidos entre 1991-1994,⁷⁰ es necesario especificar las características de cada vehículo considerando tanto la marca como tamaño y confortabilidad (lujo equipado, lujo, deportivo equipado, deportivo, austero equipado, austero). A continuación se muestra un ejemplo:

Tabla 4

Chrysler de México

CLAVE VEHICULAR	DESCRIPCIÓN	1994	1993	1992	1991
0010101	Shadow 2 ptas Típico automático	1,127	895	616	338
0010102	Shadow 2 ptas Equipado automático	1,169	946	659	366

Para vehículos que se encuentran entre el periodo de tiempo de 1995 - 1999, la situación es la siguiente.

Los vehículos destinados al transporte público de pasajeros que cuenten con placas de servicio público de transporte, denominados "Taxis", calculan el impuesto correspondiente al año 2000, multiplicando el monto del impuesto causado en 1999, por el factor de ajuste establecido en el primer párrafo del

⁷⁰ Para ver detalles del precio de cada uno, ver las tablas anexas en el apéndice.

artículo 15-B de la ley de la materia, de acuerdo con el año modelo del vehículo, es decir:

Factor de depreciación 0.500, calculado conforme a lo dispuesto en el artículo 15-C de la ley del impuesto sobre tenencia o uso de vehículos vigente a partir del 1º de enero del 2000. La tasa que resulta es la que se aplica al valor total del vehículo, de cuya aplicación se obtiene el impuesto a pagar.

Ejemplo:

Vehículo Año- Modelo 1996

Valor total del vehículo	\$ 250,000.00
Por la tasa aplicable según	
Valor del vehículo (categoría A)	\$2.616.00
Impuesto a pagar en el año 2000 (redondeado)	\$ 6,541.00

Tratándose de vehículos particulares, año modelo 1997, se utiliza la siguiente tabla de aplicación:

Tabla 5

Modelo 1997

	DEL VEHÍCULO (en pesos)	TASA APLICABLE
A	Hasta \$ 479.00	2.4573%
B	De más de \$479,000 hasta \$940,000	6.1433%
C	De más de \$940,00 hasta \$1,485,00	8.0335%
D	De más de \$1,485,00	9.8292%

Nota: Los valores de la tabla se actualizarán en los meses de abril, julio y octubre por lo que éstos tendrán vigencia del 1º de enero al 31 de marzo del 2000.

La tasa aplicable resulta de multiplicar la tasa de 2.6%, 6.5%, 8.5% y 10.4% según corresponda a las categorías A, B, C ó D, por el factor de actualización 1.5752, el cual se deriva considerando el periodo comprendido desde el último mes del año en que se adquirió el automóvil, hasta el último mes del año inmediato anterior a aquel por el que se debe efectuar el pago, mismo que se obtendrá de conformidad con el artículo 17-A del código fiscal de la federación, y el resultado se multiplica por el factor de depreciación 0.600, calculado conforme a lo dispuesto en el artículo 15-C de la ley del impuesto sobre tenencia o uso de vehículos vigente a partir del 1º de enero del 2000. La tasa que resulta es la que se aplica al valor total del vehículo, de cuya aplicación se obtendrá el impuesto a pagar.

Ejemplo:

Vehículo año - modelo 1997

Valor total del vehículo	\$ 720,000.00
Por la tasa aplicable según	
Valor del vehículo (categoría B)	6.1433%
Impuesto a pagar en el año 2000 (redondeado)	\$ 44,232.00

Los vehículos particulares, año modelo 1998, utilizan la siguiente tabla:

Tabla 6

MODELO 1998

CATEGORÍA	VALOR TOTAL DEL VEHÍCULO	TASA APLICABLE
A	Hasta \$479,000	2.5212%
B	De más de \$479,000 hasta \$940,000	6.3030%
C	De más de \$1,485,000.00	8.2423%
D	De más de \$ 1,485,000.00	0.2621%

El factor de actualización para este año, es de 1.3375 y la depreciación 0.7250.

Para el año de 1999 la tasa aplicable es la siguiente:

Tabla 7

MODELO 1999

CATEGORÍA	VALOR TOTAL DEL VEHÍCULO	TASA APLICABLE
A	Hasta \$479,000	2.5176%
B	De más de \$479,000 hasta \$940,000	6.2941%
C	De más de \$1,485,000.00	8.2307%
D	De más de \$ 1,485,000.00	0.2512%

Factor de actualización: 1.1392

Factor de depreciación: 0.8500

Finalmente, el cálculo del impuesto sobre tenencia o uso de vehículos correspondiente al ejercicio fiscal 2000, debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Determinar la categoría (A,B,C ó D) del vehículo según su valor total, incluyendo equipo opcional común o de lujo sin considerar los descuentos, rebajas o bonificaciones y adicionando, en todo caso, los impuestos pagados por su adquisición o importación y el impuesto al valor agregado.

2. Multiplicar el valor total del vehículo por la tasa que corresponda, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 8

Aplicación para vehículos 2000 y nuevos

CATEGORÍA	VALOR TOTAL DEL VEHÍCULO	TASA
A	Hasta \$479,000	2.6%
B	De más de \$479,000 hasta \$940,000	6.5%
C	De más de \$940,000.00 hasta \$1,485,000	8.5%
D	De más de \$ 1,485,000.00	10.4%
Taxi	Valor de factura	0.245%

Desventajas:

Como se puede ver en la actual administración de la tenencia no se está tomando en cuenta en la forma de diseñar el impuesto, el costo ambiental tan grande que implica el tener circulando vehículos antiguos de más de 10 años.

Como pudimos ver, en resumen, el impuesto de tenencia vehicular disminuye conforme pasan los años para cada vehículo, a excepción del segundo año después de la compra de un auto último modelo cuando de acuerdo con lo establecido en la ley de tenencia vehicular el factor de ajuste es mayor que el del año de referencia. A partir de 1995 los factores de ajuste han ido disminuyendo de acuerdo a esta ley de tenencia; aunque esto no es fijo ya que estos factores pueden subir en cualquier momento.

Hoy en día, un vehículo modelo 2000 con un costo aproximado de 100,000.00⁷¹ pesos paga una tasa aplicable del 2.6% de su valor, es decir; 2,600 pesos sólo por cuestión de tenencia sin considerar el impuesto de derecho de control vehicular que asciende a 135 pesos variables cada año mas el impuesto de alta al momento de comprarlo que en este año es de 295 pesos. En cambio un vehículo modelo 90 y anterior, pagan dependiendo de su cilindraje entre 151.00 y 564 pesos anuales.

Ventajas:

Sólo a través de este medio fiscal el gobierno del distrito federal tiene una entrada de efectivo de \$ 10,323,119,076.29 pesos anuales sin considerar los otros impuestos aplicados a vehículos como el ISAN é impuestos por combustibles IESP.

⁷¹ Esta cantidad ya incluye el ISAN impuesto sobre automóvil nuevo que el cliente paga a las agencias de automóviles en el precio de entrada.

A continuación se muestran los cálculos respectivos a la recaudación de impuestos por concepto de tenencias en la ZMVM, considerando un total de 3.5 millones de vehículos con la distribución por modelo correspondiente a 1999 y un precio promedio por vehículo tomado según el tipo de vehículo mas vendido en cada año⁷².

Autos particulares					
Modelo	Núm. De vehículos	\$ Precio	Tasa aplicable	\$ tenencia	\$ Total
99	105,840.0	70,000.0	2.5176	1,762.3	\$186,523,948.8
98	156,240.0	67,000.0	2.5212	1,689.2	\$263,921,233.0
97	252,000.0	64,000.0	2.4573	1,572.7	\$396,313,344.0
96	257,040.0	61,000.0	2.6165	1,596.1	\$410,252,547.6
95	252,000.0	55,000.0	3.1076	1,709.2	\$430,713,360.0
94	206,640.0	*****	no existe	657.0	\$135,762,480.0
93	158,760.0	*****	no existe	493.0	\$78,268,680.0
92	113,400.0	*****	no existe	334.0	\$37,875,600.0
91	60,480.0	*****	no existe	177.0	\$10,704,960.0
90	52,920.0	*****	no existe	151.0	\$7,990,920.0
89	63,000.0	*****	no existe	151.0	\$9,513,000.0
88	70,560.0	*****	no existe	151.0	\$10,654,560.0
87	60,480.0	*****	no existe	151.0	\$9,132,480.0
86	50,400.0	*****	no existe	151.0	\$7,610,400.0
85	70,560.0	*****	no existe	151.0	\$10,654,560.0
84	70,560.0	*****	no existe	151.0	\$10,654,560.0

⁷² Esta información fue proporcionada por AUTOFIN centro de financiamiento de vehículos –Calle Cuahutémoc esquina con eje 7(municipio libre) México, D.F.

83	63,000.0	*****	no existe	151.0	\$9,513,000.0
82	45,360.0	*****	no existe	151.0	\$6,849,360.0
81	50,400.0	*****	no existe	151.0	\$7,610,400.0
80	35,280.0	*****	no existe	151.0	\$5,327,280.0
79	43,840.0	*****	no existe	151.0	\$6,619,840.0
78	42,840.0	*****	no existe	151.0	\$6,468,840.0
77	37,800.0	*****	no existe	151.0	\$5,707,800.0
76	25,200.0	*****	no existe	151.0	\$3,805,200.0
75	108,360.0	*****	no existe	151.0	\$16,362,360.0
Total					\$2,084,810,713.4

Combis y Microbuses					
Modelo	Num. De Vehiculos	\$Precio	Tasa aplicable	\$Tenencia	\$Total
99	2,940.0	180,000.0	2.5176	4,531.7	13,323,139.2
98	4,760.0	173,000.0	2.5212	4,512.9	21,481,632.5
97	7,000.0	175,000.0	2.4573	4,300.3	30,101,925.0
96	7,140.0	173,000.0	2.6165	4,526.5	32,319,531.3
95	7,000.0	171,000.0	3.1076	5,314.0	37,197,972.0
94	5,740.0	*****	no existe	2,534.0	14,545,160.0
93	4,410.0	*****	no existe	2,267.0	9,997,470.0
92	3,150.0	*****	no existe	1,870.0	5,890,500.0
91	1,680.0	*****	no existe	1,600.0	2,688,000.0
90	1,470.0	*****	no existe	469.0	689430
89	1,750.0	*****	no existe	469.0	820750
88	1,960.0	*****	no existe	469.0	919240
87	1,680.0	*****	no existe	469.0	787920

86	1,400.0	*****	no existe	469.0	656600
85	1,960.0	*****	no existe	469.0	919240
84	1,960.0	*****	no existe	469.0	919240
83	1,750.0	*****	no existe	469.0	820750
82	1,260.0	*****	no existe	469.0	590940
81	1,400.0	*****	no existe	469.0	656600
80	980.0	*****	no existe	469.0	459620
79	1,190.0	*****	no existe	469.0	558110
78	1,190.0	*****	no existe	469.0	558110
77	1,050.0	*****	no existe	469.0	492450
76	700.0	*****	no existe	469.0	328300
75	3,010.0	*****	no existe	469.0	1411690
Total					\$179,134,320.0

Taxis					
Modelo	Num. De Vehiculos	Impuesto por año	factor ajuste	Tenencia	Total
99	4,435.0	200	0.9968	199.36	884161.6
98	6,547.0	190	1.0127	192.413	1259727.911
97	10,560.0	185	0.9968	184.408	1947348.48
96	10,771.0	180	0.9763	175.734	1892830.914
95	10,560.0	170	0.949	161.33	1703644.8
94	8,635.0	164.0	0.9	149.4696	1290669.996
93	6,652.0	150.0	0.9	128.16	852520.32
92	4,752.0	140.0	0.8	106.372	505479.744
91	2,534.0	137.0	0.6	78.0352	197741.1968

90	2,217.0	no existe	no existe	469.0	1039773
89	2,640.0	no existe	no existe	469.0	1238160
88	2,956.0	no existe	no existe	469.0	1386364
87	2,534.0	no existe	no existe	469.0	1188446
86	2,112.0	no existe	no existe	469.0	990528
85	2,956.0	no existe	no existe	469.0	1386364
84	2,956.0	no existe	no existe	469.0	1386364
83	2,640.0	no existe	no existe	469.0	1238160
82	1,900.0	no existe	no existe	469.0	891100
81	2,112.0	no existe	no existe	469.0	990528
80	1,478.0	no existe	no existe	469.0	693182
79	1,795.0	no existe	no existe	469.0	841855
78	1,795.0	no existe	no existe	469.0	841855
77	1,584.0	no existe	no existe	469.0	742896
76	1,056.0	no existe	no existe	469.0	495264
75	4,540.0	no existe	no existe	469.0	2129260
Total					\$28,014,224.0

Camiones de Carga					
Modelo	Num. De Vehiculos	Precio	Tasa aplicable	Tenencia	Total
99	22,050.0	450000	2.5176	11,329.2	249,808,860.0
98	32,550.0	448000	2.5212	11,295.0	367,651,468.8
97	52,500.0	445000	2.4573	10,935.0	574,086,712.5
96	53,550.0	443000	2.6165	11,591.1	620,703,137.3
95	52,550.0	441000	3.1076	13,704.5	720,172,315.8

94	43,050.0	*****	no existe	3,200.0	137,760,000.0
93	33,075.0	*****	no existe	3,025.0	100,051,875.0
92	23,625.0	*****	no existe	2,995.0	70,756,875.0
91	12,600.0	*****	no existe	2,990.0	37,674,000.0
90	11,025.0	*****	no existe	1,960.0	21,609,000.0
89	13,125.0	*****	no existe	1,960.0	25,725,000.0
88	14,700.0	*****	no existe	1,960.0	28,812,000.0
87	12,600.0	*****	no existe	1,960.0	24,696,000.0
86	10,500.0	*****	no existe	1,960.0	20,580,000.0
85	14,700.0	*****	no existe	1,960.0	28,812,000.0
84	14,700.0	*****	no existe	1,960.0	28,812,000.0
83	13,125.0	*****	no existe	1,960.0	25,725,000.0
82	9,450.0	*****	no existe	1,960.0	18,522,000.0
81	10,500.0	*****	no existe	1,960.0	20,580,000.0
80	7,350.0	*****	no existe	1,960.0	14,406,000.0
79	8,925.0	*****	no existe	1,960.0	17,493,000.0
78	8,925.0	*****	no existe	1,960.0	17,493,000.0
77	7,875.0	*****	no existe	1,960.0	15,435,000.0
76	5,250.0	*****	no existe	1,960.0	10,290,000.0
75	22,575.0	*****	no existe	1,960.0	44,247,000.0
Total					\$3,241,902,244.4

Pick up					
Modelo	Num. De Vehiculos	Precio	Tasa aplicable	Tenencia	Total
99	2,940.0	290,000.0	2.5176	7,301.0	21,465,057.6

98	4,760.0	287,000.0	2.5212	7,235.8	34,442,617.4
97	7,000.0	283,000.0	2.4576	6,955.0	48,685,056.0
96	7,140.0	280,000.0	2.6165	7,326.2	52,309,068.0
95	7,000.0	278,000.0	3.1076	8,639.1	60,473,896.0
94	5,740.0	*****	no existe	2,188.0	12,559,120.0
93	4,410.0	*****	no existe	1,783.0	7,863,030.0
92	3,150.0	*****	no existe	1,183.0	3,726,450.0
91	1,680.0	*****	no existe	677.0	1,137,360.0
90	1,470.0	*****	no existe	564.0	829,080.0
89	1,750.0	*****	no existe	564.0	987,000.0
88	1,960.0	*****	no existe	564.0	1,105,440.0
87	1,680.0	*****	no existe	564.0	947,520.0
86	1,400.0	*****	no existe	564.0	789,600.0
85	1,960.0	*****	no existe	564.0	1,105,440.0
84	1,960.0	*****	no existe	564.0	1,105,440.0
83	1,750.0	*****	no existe	564.0	987,000.0
82	1,260.0	*****	no existe	564.0	710,640.0
81	1,400.0	*****	no existe	564.0	789,600.0
80	980.0	*****	no existe	564.0	552,720.0
79	1,190.0	*****	no existe	564.0	671,160.0
78	1,190.0	*****	no existe	564.0	671,160.0
77	1,050.0	*****	no existe	564.0	592,200.0
76	700.0	*****	no existe	564.0	394,800.0
75	3,010.0	*****	no existe	564.0	1,697,640.0
Total					\$256,598,095.0

Camiones carg. +2ejes

Modelo	Num. De Vehículos	Precio	Tasa aplicable	Tenencia	Total
99	8,820.0	750,000.0	6.2941	47,205.8	416,354,715.0
98	13,020.0	747,000.0	6.303	47,083.4	613,025,998.2
97	21,000.0	744,000.0	6.1433	45,706.2	959,829,192.0
96	21,420.0	740,000.0	6.5413	48,405.6	1,036,848,380.4
95	21,000.0	738,000.0	6.5413	48,274.8	1,013,770,674.0
94	17,220.0	*****	no existe	4,687.0	80,710,140.0
93	13,230.0	*****	no existe	4,534.0	59,984,820.0
92	9,450.0	*****	no existe	4,300.0	40,635,000.0
91	5,040.0	*****	no existe	4,149.0	20,910,960.0
90	4,410.0	*****	no existe	3,920.0	17,287,200.0
89	5,250.0	*****	no existe	3,920.0	20,580,000.0
88	5,880.0	*****	no existe	3,920.0	23,049,600.0
87	5,040.0	*****	no existe	3,920.0	19,756,800.0
86	4,200.0	*****	no existe	3,920.0	16,464,000.0
85	5,880.0	*****	no existe	3,920.0	23,049,600.0
84	5,880.0	*****	no existe	3,920.0	23,049,600.0
83	5,250.0	*****	no existe	3,920.0	20,580,000.0
82	3,780.0	*****	no existe	3,920.0	14,817,600.0
81	4,200.0	*****	no existe	3,920.0	16,464,000.0
80	2,940.0	*****	no existe	3,920.0	11,524,800.0
79	3,570.0	*****	no existe	3,920.0	13,994,400.0
78	3,570.0	*****	no existe	3,920.0	13,994,400.0
77	3,150.0	*****	no existe	3,920.0	12,348,000.0
76	2,100.0	*****	no existe	3,920.0	8,232,000.0

75	9,030.0	*****	no existe	3,920.0	35,397,600.0
Total					\$4,532,659,479.6

Retomando el objeto central de esta segunda propuesta para la disminución de la contaminación y después de conocer la manera de aplicar esta medida fiscal y el monto de recaudación por año, se puede pensar que es posible utilizar este medio para estimular la eliminación de autos con más de 10 años de uso y especialmente aquellos con mas de 20 y que representan un factor determinante en la concentración de CO e hidrocarburos en la atmósfera del valle de México.

Esta medida que de entrada puede parecer antipopular desde el punto de vista político, pretende que los coches paguen más del impuesto de tenencia vehicular conforme aumentan sus años de uso, que conforme aumentan o disminuyen las ventas de nuevos vehículos por parte de los fabricantes como actualmente se considera en el reglamento respectivo para el Distrito Federal durante la actualización de los factores de ajuste.

Esta medida ayudaría a desincentivar el uso ó tenencia de un vehículo por un periodo de tiempo indeterminado y que conforme pasan los años aumentan sus emisiones de contaminantes de acuerdo al análisis elaborado con el modelo MEV aquí desarrollado. Por otro lado se generaría un aumento en la

cantidad de dinero percibido a través de este mecanismo, ya que las tasas de impuestos variarían en coches viejos los cuales representan en conjunto un porcentaje mayor (casi 70%) que aquellos de modelos recientes. Esto permitiría disminuir o eliminar por parte de las autoridades, el impuesto sobre automóviles nuevos que actualmente se cobra a los fabricantes y que estos incluyen de manera directa en el precio al consumidor. Finalmente el precio de vehículos bajaría de tal forma que permitiría su adquisición por parte del público creando con esto una cadena que permitiría en unos cuantos años la renovación del parque vehicular.

CONCLUSIONES

Este trabajo inició con el planteamiento de una serie de objetivos encaminados a conocer el trabajo desarrollado por el gobierno local y federal en materia de contaminantes a la atmósfera de la ZMVM. A través del establecimiento de la hipótesis, se delimitó el trabajo a emisiones contaminantes ocasionadas por el parque vehicular a lo largo de la última década. Durante la investigación de las estadísticas publicadas por dependencias ambientales gubernamentales, con relación en las emisiones de gases de combustión por parte de los diferentes tipos de automotores en circulación, se planteó la necesidad de validar dicha información con un análisis de variables mas minucioso y que permitiría determinar, el ó los factores claves en la generación de contaminantes por automóviles. Como bien se señaló en el capítulo 3 y después de analizar las estadísticas de la CAM y las variables respectivas de generación de contaminantes, los resultados de uno y otro se cruzan a lo largo de la última década analizada, es decir, en tanto que los datos estadísticos muestran una disminución de la contaminación en la atmósfera de la ZMVM ocasionadas por los automotores, el análisis de variables indica que cada uno de estos factores, mantienen una tendencia favorable a un aumento en la generación de gases de combustión, principalmente CO e hidrocarburos⁷³. A pesar de las tendencias opuestas mostradas por el análisis y la comisión ambiental metropolitana en sus estadísticas y una vez identificadas las variables que contribuyen en un mayor ó menor grado a las emisiones de los

gases de cola por automóviles, se continuó con el desarrollo del último de los objetivos de este trabajo:

La elaboración de una propuesta para disminuir las emisiones de gases contaminantes por los automóviles. Esta se llevó a cabo a través de una lluvia de ideas ó propuestas con las autoridades ambientales relacionadas con este tema⁷⁴. Finalmente se elaboraron dos propuestas. La primera, adquisición del parque vehicular viejo por parte de las autoridades locales y la segunda, relacionada con el uso adecuado del impuesto actual de tenencia vehicular. Estas dos propuestas se describen y desarrollan en el capítulo 4 de este trabajo. La primera, es difícil de llevar a cabo, ya que esta en función de un presupuesto destinado a la adquisición del parque vehicular con varios años de uso. El manejo de dicho presupuesto, traería consigo ciertos problemas administrativos que posiblemente incrementen el costo inicial de este proyecto.

Entre las ventajas y desventajas alternas que muestra esta medida y como ya se señaló anteriormente, es que el parque vehicular no rebasaría en promedio los 15 años de antigüedad y que aquellos autos con mas tiempo de circulación se mantuvieran dentro de los estándares de emisiones por contar con una tecnología más reciente.

Una desventaja más, es el tiempo que tomaría al gobierno local seguir destinando un presupuesto para la compra del parque vehicular antiguo hasta

⁷³ La explicación a estos resultados se muestra en las conclusiones del capítulo 3.

⁷⁴ Comisión Ambiental Metropolitana, Instituto Mexicano del Transporte, Centro Atmosférico de la UNAM.

permitir que este se renovara casi en su totalidad. Esto es, ya que por ejemplo si se diera únicamente un año de gracia para la compra-venta de dichos automóviles, aquellos que durante el año de la aprobación de dicha medida ambiental se encontrarían con tan sólo 9 años de uso, al año siguiente dichos automóviles tendrían que salir de circulación a menos que cumplieran con los nuevos estándares de emisiones de gases de cola, correspondientes a dicho modelo, de lo contrario no podrían circular más en la ZMVM.

Además la adquisición de estos autos debe ir acompañado de una reglamentación ó ley que impida el envejecimiento de los automotores a través de un programa más estricto de verificación vehicular.

Con lo que respecta a la segunda propuesta que usa el impuesto de tenencias vehicular, presenta la ventaja que es una medida fiscal que existe actualmente y que permitiría como ya se señaló anteriormente⁷⁵, la disminución de algunos de los impuestos actuales a automóviles, ocasionando con esto una renovación paulatina del parque vehicular. Si tomamos como base de cálculo 100 autos, esta medida permitiría una disminución de los gases de cola, hasta un 3% si los vehículos a reemplazar tuvieran hasta 15 años de uso; y en un 5% si los vehículos contaran con 20 años en circulación. Ver tabla 3 capítulo 4.

Esta segunda medida, podría ir acompañada de la adquisición del parque vehicular viejo por parte de las autoridades. En el momento en que el

⁷⁵ Ver ventajas y desventajas de la propuesta 1 capítulo 4.

propietario de dicha unidad, no tuviera los recursos económicos necesarios para conservar un automóvil con estas características, tendría la alternativa de venderlo al gobierno y obtener por lo menos el valor de rescate. Conjugando estas dos propuestas, podríamos pensar en no sólo la renovación paulatina del parque vehicular, si no, además de una disminución del número de automotores en circulación.

La venta de un vehículo viejo por parte de un particular, no implica la adquisición inmediata de otra unidad por esta persona. Una operación de este tipo, requiere tener una cantidad de dinero mayor a la obtenida como valor de rescate por la unidad vendida, para adquirir una nueva en el mejor de los casos, ó con máximo 5 años de uso a partir de la elaboración de este trabajo.

En este momento, incluso los automotores de modelo '90 hasta 94 aproximadamente, son fuentes de contaminación, ya que su convertidor catalítico no funciona adecuadamente por haber usado gasolina nova (con azufre) durante sus primeros años de uso, sin contar que la vida útil de un catalizador de este tipo, en condiciones favorables de operación es de 5 años como máximo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Molly Espey., "The energy journal". USA, Volumen 18, número 2. 1997,23-38
- Antonio Yúnez-Naude, "Medio Ambiente -problemas y soluciones". Colegio de México 1994.
- David Peralta S. "Tesis-Combustibles". Biblioteca Fac. Química, 1997,6-19
- PEMEX Refinación., "Anuario Estadístico". Vol.120. 1999.
- Instituto Mexicano del Transporte., "Mediciones comparativas de emisiones y consumo de combustibles por cambio de tipo de gasolina en vehículos sin convertidor catalítico., México D.F.1996. 3-12.
- SEMARNAP. "Congreso Nacional de Política Ambiental 22 y 23 de noviembre de 1999, México D.F.
- COMETRAVI. "Estrategia integral de Transporte y calidad del aire para la ZMVM". 1997.
- SEMARNAP-INE. "Primer informe sobre la calidad del aire en ciudades Mexicanas". 1996.
- Instituto Nacional de Ecología. "Sección Combustibles". <http://www.ine.gob.mx>
- Comisión Ambiental Metropolitana. "CAM- Sección vehicular". <http://www.cam.ddf.gob.mx>
- SIMA. "Sección -Mediciones de la calidad del aire". <http://www.sima.gob.mx>

- Comisión Ambiental Metropolitana. "CAM- Sección: Dirección General de planeación y política ambiental". <http://www.cam.ddf.gob.mx>
- Javier Ortega Ceseña, Tania Carreón V., "La investigación en México sobre el impacto en la salud por los contaminantes químicos ambientales"., Instituto Nacional de Salud Pública, Noviembre-Diciembre 1993, Vol.35, No 6.
- Justino Pineda. "Contaminación atmosférica y salud". La jornada, 10 de abril 1997. <http://www.jornada.unam.mx/1997/abr97/970410/c-regalado.html> Texto original elaborado y publicado por The University of British Columbia, Departement of Medicine, Environmental and Occupational Lung Disease Research Unit, Vancouver B.C. Canadá.
- Instituto Nacional de Ecología. "Diagnóstico de la Calidad del Aire". Sección 21. http://www.ine.gob.mx/programas/prog_vt/cap-21.html
- INE. "Calidad del aire y efectos a la salud". http://www.ine.gob.mx/upsec/programas/prog_gcacj/4calidad.html
- Del Pilar, Martínez María; "Catorce estudios seguran que el ozono en el D.F, causa enfermedades respiratorias" La Crónica de Hoy. <http://www.webcom.com.mx/cronica/1999/may/28/med05.html>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/caliaire/monitore/monitore.html>
- Martínez, Ana Patricia; Romiew, Isabelle; ECO/GTZ/Departamento del Distrito Federal. "Introducción al monitoreo atmosférico", Capítulo 7. Sección 7.2.1.

- o Claudia Herrera, Beltrán. "Morirán este año 8mil niños por enfermedades respiratorias". La jornada. 26 de noviembre 1996.
<http://www.jornada.unam.mx/1996/nov96/961126/enfermedades.html>
- o Wark, k. Y Warner, C. "Contaminación del aire, origen y control. Limusa Noriega Editores, México D.F.1994.

APÉNDICE

CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
SIMA	Sistema de Medición Atmosférica
EPA	Emission Protection Agency
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
SEMARNAP	Secretaría de marina recursos naturales y pesca
SE	Secretaría de Energía
PEMEX	Petróleos Mexicanos
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Geografía e informática
RAMA	Red Automática de Monitoreo Ambiental