

25
391



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"INVENTARIO Y CONTROL DE LAS EMISIONES
ATMOSFERICAS INDUSTRIALES EN LA ZONA
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO
EN EL PERIODO 1991-1994"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
J O S E E S T A N I S L A O C A N C I N O O R T E G A

ASESOR: ING. ALBA B. VAZQUEZ GONZALEZ



MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-052/96

Señor
JOSE ESTANISLAO CANCINO ORTEGA
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora ING. ALBA B. VAZQUEZ GONZALEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

" INVENTARIO Y CONTROL DE LAS EMISIONES ATMOSFERICAS INDUSTRIALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO EN EL PERIODO 1991-1994"

- INTRODUCCION**
- I. FUENTES DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
 - II. PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO
 - III. LEGISLACION AMBIENTAL RELATIVA AL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
 - IV. INVENTARIO DE LAS EMISIONES INDUSTRIALES A LA ATMOSFERA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO
 - V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 9 de abril de 1996.
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCSGMP@all

LES DEDICO ESTE TRABAJO:

A MIS ABUELTAS
MA DEL CARMEN ROJAS RIVADENEIRA,
Y EN ESPECIAL A
CARMEN CISNEROS HERNANDEZ
QUIEN SIEMPRE ME HA
CUIDADO COMO UNA MADRE.

A MIS PADRES
ING. JOSÉ E. CANCINO ROJAS Y
LIC. GUADALUPE ORTEGA DE CANCINO,
QUIEN SIEMPRE ME HAN APOYADO
EN TODOS MIS PROYECTOS Y
ME HAN DADO TODO.

A MIS HERMANOS
MARICARMEN Y
RODRIGO CANCINO ORTEGA
POR SU COMPRENSIÓN.

A MI NOVIA
ELENA LUISA KAMPHAUSEN S.,
POR TODO SU CARINO Y APOYO.

AL LIC. CARLOS H. CANCINO ROJAS Y FAMILIA,
AL ING. RENE FCO. CANCINO ROJAS Y FAMILIA,
AL M.I. JESÚS H. CANCINO ROJAS Y FAMILIA,
AL C.P. VÍCTOR M. ORTEGA CISNEROS Y FAMILIA,
Y A LA FAMILIA TORIZ.

Y UN MUY ESPECIAL AGRADECIMIENTO
A LA ING. ALBA VÁZQUEZ,
AL ING. RENE FCO. CANCINO ROJAS,
A LA SRA. JUANA MARÍA SANTACRUZ DE K.,
Y AL SR. KURT WALTER KAMPHAUSEN ENGELS †,
QUIEN SIN SU APOYO NO SE HUBIERA
REALIZADO ESTE TRABAJO.

A TODOS MIS PROFESORES, AMIGOS,
Y A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD
DE SEGUIR SUPERÁNDOME.

UNA REFLEXIÓN

SOLAMENTE CUANDO SE HAYA.

ENVENENADO EL ÚLTIMO RÍO,

CORTADO EL ÚLTIMO ÁRBOL Y

MATADO EL ÚLTIMO PEZ,

EL HOMBRE SE DARÁ CUENTA....

....QUE NO PUEDE COMERSE EL DINERO!

INSCRIPCIÓN EN LAS CARTAS DEL IGUAZÚ

INDICE

INVENTARIO Y CONTROL DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS INDUSTRIALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

INTRODUCCIÓN

Capítulo Primero

LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES.

1.1 Contaminación Ambiental.	1
1.2 Contaminación Atmosférica	2
1.3 Contaminación Atmosférica en la Ciudad de México.	4
1.4 Contaminantes Atmosféricos.	7
1.4.1 Clasificación por sus Características.	9
1.4.2 Clasificación por su Fuente de Emisión.	9
1.4.3 Clasificación por su Dinámica en la Química Ambiental.	10
1.4.4 Óxido de Carbono.	12
1.4.5 Hidrocarburos.	13
1.4.6 Formaldehído.	14
1.4.7 Compuestos que Contienen Azufre.	14
1.4.8 Compuestos de Nitrógeno.	15
1.4.9 Ozono y Oxidantes.	16
1.4.10 Partículas Suspendidas Totales.	16
1.4.11 Partículas Menores a 10 Micras.	17
1.4.12 Plomo.	18

Capítulo Segundo

FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1 Tipos de Fuentes Contaminantes.	20
2.1.1 Fuentes Naturales.	20
2.1.2 Fuentes Antropogénicas	21
2.2 Emisiones Fugitivas.	28

Capítulo Tercero

PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZONA METROPOLITANA DE CIUDAD DE MÉXICO.

3.1 La Atmósfera.	29
3.2 Monitoreo Atmosférico.	33
3.3 Índices de la Calidad del Aire.	37
3.4 Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.	38
3.4.1 Procedimientos para la Obtención del IMECA	41

Capítulo Cuarto

LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELATIVA AL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

4.1 Antecedentes	49
4.2 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	49
4.3 Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.	53
4.4 Normas Oficiales Mexicanas	54

Capítulo Quinto

INVENTARIO DE EMISIONES INDUSTRIALES A LA ATMÓSFERA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

5.1 Tipos de Industria Establecida en México	58
5.2 Inventario de Emisiones en el Año 1991	60
5.3 Inventario de Emisiones en el Año 1992	62
5.4 Inventario de Emisiones en el Año 1993	64
5.5 Inventario de Emisiones en el Año 1994	66

Capítulo Sexto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Situación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.	71
6.2 Pronostico de la Problemática Atmosférica de la ZMCM	72
6.3 Recomendaciones Técnicas para Mejorar Controlar y Abatir la Contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.	73

BIBLIOGRAFÍA.

INTRODUCCION:

La contaminación del aire en la ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO (ZMCM) es un problema que preocupa profundamente a las autoridades y a la sociedad, y por lo tanto ha requerido de una atención especial de organizaciones no gubernamentales, de la comunidad científica, de las autoridades y de la ciudadanía en general, para buscar soluciones que permitan mejorar la calidad del aire.

La problemática de la contaminación del aire es consecuencia del desarrollo tecnológico aplicado a satisfacer las necesidades de la sociedad. Es por tanto parte de ese compromiso tecnológico que la ingeniería se aboque a contrarrestar los efectos perjudiciales que causa este fenómeno sobre el ambiente .

En la zona urbana en cuya superficie habitan cerca de 20 millones de personas, existe un número considerable y creciente de procesos de consumo energético y fuentes de emisión de contaminantes, derivados de la intensa actividad de los ciudadanos, que incluye el funcionamiento diario de más de 3 millones de vehículos automotores, la operación de más de 30 mil empresas industriales, 12 mil establecimientos de servicios y de las actividades domésticas.

La masa anual de contaminantes que se emite en la ZMCM es de 4 millones 300 mil toneladas, existen además características geográficas que hacen deficiente la ventilación, la altitud y las condiciones meteorológicas particulares como el frío por las mañanas, propician la acumulación de contaminantes y dificultan su dispersión.

El objetivo de este trabajo es presentar los inventarios y control de las emisiones atmosféricas industriales en la ZMCM en el periodo 1991-1994. Para lograr esto, en el Capítulo 1 trataremos el tema de la contaminación atmosférica y tipos de contaminantes; en el Capítulo 2 se definen los tipos de fuentes de contaminación atmosférica y sus características principales; en el Capítulo 3 haremos una reseña de la problemática de la contaminación atmosférica en la ZMCM y sus antecedentes; el Capítulo 4 se presentará

INTRODUCCION

La legislación ambiental relativa al control de la contaminación del aire; en el Capítulo 5 se muestran los resultados de los inventarios industriales en el periodo de 1991-1994, correspondiente al programa de Administración de la Calidad del Aire; y por último el Capítulo 6 contiene las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

CAPITULO 1

LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

1.1.-CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

A partir de la Revolución Industrial y a través del tiempo en nuestro país y en el mundo en general, el desarrollo industrial ha ido en aumento, paralelamente la contaminación ambiental se ha incrementado causando diversos problemas ambientales.

Intoxicaciones masivas en el Japón, desmayos en las principales avenidas de Londres en el año 1952 por el exceso de monóxido de carbono en el ambiente y destrucción de especies vivientes a causa de lluvia ácida en Suecia en el año 1966, son algunas de las tragedias que la sociedad del siglo XX ha conocido como resultado de un desarrollo ajeno a todo principio ecológico.

Hasta hace poco tiempo los recursos naturales eran considerados un bien que debía de ser explotado por el hombre en aras del crecimiento económico. La humanidad ha tenido que aprender que también forma parte del ambiente y que los daños a la atmósfera, agua y tierra repercuten a corto o mediano plazo en sus posibilidades de supervivencia.

Las primeras luces de alerta se hicieron notar en los países industrializados. En Japón el mercurio y cadmio ingerido por peces comestibles que vivían en aguas contaminadas por desechos industriales, provocó la intoxicación y muerte de muchas personas; en tanto los pescadores de Minamata padecían desórdenes neurológicos, además de que existieron muchos nacimientos con malformaciones.

México no estuvo exento de los costos ecológicos que provocó el desarrollo. La atmósfera del Valle de México comenzó a deteriorarse y a dañar la salud de sus habitantes desde los años 70's.

Parecía que el crecimiento económico e industrial era incompatible con la preservación del ambiente. Ante esta disyuntiva la propuesta fue encauzar el crecimiento industrial con base en criterios ecológicos, lo que en los hechos representaba profundas transformaciones económicas, políticas y sociales.

Una mayor conciencia sobre el problema permitió que la preservación del ambiente se convirtiera en tema de acuerdos internacionales, que exigían el esfuerzo conjunto de todas

las naciones, sin importar su estado de desarrollo, como quedó plasmado en la Agenda 21, suscrita en Río de Janeiro en 1992. México ha manifestado su voluntad de trabajar por un mejor entorno ecológico a través de la firma de numerosos convenios internacionales y, con acciones tales como la instrumentación de programas para el control y combate de la contaminación.

1.2.-CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

¿Qué significa el término contaminación atmosférica? La contaminación atmosférica apareció en el siglo XIV con el uso del carbón mineral en ciudades alemanas e inglesas, acelerándose enormemente en el siglo XIX a consecuencia de la Revolución Industrial, con la aparición de nuevos contaminantes originados en las industrias química y metalúrgica y por el crecimiento exponencial del consumo de combustibles fósiles. Los contaminantes típicos generados en esa fase de desarrollo de las fuerzas productivas eran contaminantes primarios, es decir directamente emitidos a la atmósfera en los procesos de combustión, tales como partículas suspendidas (PS), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), y óxidos de nitrógeno (NO_x). Los contaminantes suelen dispersarse en la atmósfera a merced de los vientos imperantes, provocando que se trasladen a lugares distantes donde suelen acumularse. Fueron estos contaminantes, principalmente las partículas suspendidas (PS) y el dióxido de azufre (SO_2) los que originaron los siguientes desastres; veasé el Cuadro 1.1 Principales episodios de contaminación atmosférica en el mundo.

- Valle del Río Mosa, Bélgica, diciembre de 1930. El humo generado por fábricas, combinado con la niebla, formó una mezcla que afectó a miles de personas y causó la muerte de 70 de ellas en tres días.
- Donora, Pennsylvania, Estados Unidos, octubre de 1948. Las emisiones de una fundición de zinc y de una fábrica de alambre, acero y ácido sulfuroso que quedaron

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

valle a causa de una inversión térmica⁽¹⁾, unidas a las emisiones producidas por la combustión del carbón que utilizaban las locomotoras afectaron el 42% de una población de 5910 personas, quienes presentaron irritación en los ojos, nariz y garganta, así como tos, dolor de cabeza, náusea y vómito. En este caso el accidente de contaminación ocasionó la muerte de 20 personas.

- Poza Rica, México, noviembre de 1950. En una planta petrolera de esta zona se produjo un accidente que ocasionó la liberación de sulfuro de hidrógeno que debido a las condiciones meteorológicas no se dispersó, lo que provocó la muerte de 22 personas y la hospitalización de 320 por dolor de cabeza, irritación en los ojos y problemas respiratorios; además murieron todos los canarios de la zona y alrededor del 50% de los pollos, los gansos, el ganado, los cerdos y los gatos.
- Londres, Inglaterra, diciembre de 1952. Otro episodio de niebla envolvió a la ciudad durante 120 horas y causó 4000 muertes.
- Piscataway, Nueva York, Estados Unidos, septiembre 1971. Durante un episodio de inversión térmica, la concentración de oxidantes fotoquímicos subió a un nivel excesivo que ocasionó que entre los alumnos de dos escuelas que participaban en un partido de fútbol se registrara lagrimeo abundante, dificultad para respirar, tos, vómito, afortunadamente no hubo ningún muerto.
- Seveso, Italia, julio de 1976. Por un accidente en una fábrica se liberó una sustancia llamada dioxina TCDD, que ocasionó problemas gastrointestinales y de piel en los niños, así como la muerte de 40% de los animales domésticos de esa zona.
- Manfredonia, Italia, 1976. Una explosión en una planta petroquímica originó una nube de dióxido de arsénico, que ocasionó la hospitalización de 800 personas.

Véase el Cuadro 1, Principales episodios de contaminación atmosférica en el mundo.

¹INVERSIÓN TÉRMICA: Fenómeno atmosférico que ocurre cuando una masa de aire frío a nivel de superficie es atrapada por una masa de aire caliente de mayor altura, por lo que se dificulta la dispersión de contaminantes. No presenta aumento durante los meses en que la superficie terrestre recibe menos radiación solar. Ver Figura 2.

Cuadro 1.1: Principales episodios de contaminación en el mundo

LUGAR	FECHA	CONSECUENCIAS
Valle del Río Mosa (Bélgica)	diciembre de 1930	70 muertos
Pennsylvanía (Estados Unidos)	octubre de 1948	20 muertos
Poza Rica (México)	noviembre de 1950	22 muertos
Londres (Inglaterra)	diciembre de 1952	4000 muertos
Nueva York (Estados Unidos)	septiembre de 1971	varios intoxicados
Seveso (Italia)	julio de 1976	40% de los animales muertos
Manfredonia (Italia)	1976	800 hospitalizados

La aparición del automóvil introdujo nuevos contaminantes tales como el plomo, debido al tetraetilo de plomo utilizado como aditivo antidetonante en las gasolinas desde 1924, y los contaminantes secundarios, es decir que se forman a partir de los primarios. Éstos aparecieron en el smog fotoquímico, presente en el área de los Angeles desde la década de 1940, siendo el ozono el más conocido. El ozono se forma a partir de una reacción entre algunos de los hidrocarburos contenidos en las gasolinas, como los aromáticos, y las olefinas, con los NO_x y en presencia de luz solar; dentro de ésta se encuentra la luz ultravioleta, que es la de más alta energía

1.3 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Al igual que en otras partes del mundo la historia de la problemática ambiental en México, tanto como país como en su calidad de ciudad, está asociada a fenómenos recientes, derivados de la segunda Revolución Industrial, es decir del avance tecnológico que permitió el uso intensivo de los motores de combustión interna. Además nuestro país posee una serie de características fisiográficas y climáticas únicas que contribuyen de manera determinante en la severidad de los problemas de contaminación de la ciudad de México.

- Se encuentra a una altura de 2240 m.s.n.m por lo que el contenido de oxígeno del aire es menor 21% que al nivel del mar. Esto hace que los procesos de combustión interna sean menos eficaces y produzcan por tanto una mayor cantidad de contaminantes.

- Está rodeada por las montañas de las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina, las que constituyen una barrera física natural para la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado fuera del Valle, como se puede ver en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Topografía del Valle de México

Se localiza dentro de la región central del país, por lo cual está sujeto también a la influencia de los sistemas anticiclónicos, generados tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico. Estos sistemas ocasionan una gran estabilidad atmosférica, inhibiendo el mezclado vertical del aire, lo que se conoce como inversión térmica fenómeno que se muestra en la Figura 1.2.



Figura 1.2 Inversión térmica

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

- Recibe una abundante radiación solar debido a su latitud de 19° N, lo que hace que su atmósfera sea altamente fotorreactiva. En presencia de la luz solar, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno reaccionan fácilmente para formar ozono y otros oxidantes.
- Presenta con frecuencia inversiones térmicas que provocan el estancamiento de los contaminantes. Por las mañanas, la capa de aire que se encuentra en contacto con la superficie del suelo adquiere una temperatura menor que las capas superiores, por lo que se vuelve más densa y pesada. Las capas de aire que se encuentran a mayor altura y que están relativamente más calientes actúan entonces como una cubierta que impide el movimiento ascendente del aire contaminado, Figura 1.2

Estas causas aunadas al crecimiento demográfico, ha provocado que las concentraciones de los contaminantes atmosféricos sean muy altas.

Antes de la Revolución Industrial es sabido que la producción de bienes y servicios se realizaba prácticamente de forma artesanal. El concepto de producción de bienes en masa, se asocia entonces al uso de nuevos energéticos en la mitad del siglo XIX.

En el país las primeras fuentes de emisión intensa de contaminantes a la atmósfera están unidas a la aparición de los ingenios azucareros en la época de Hernán Cortés. Fue Andrés Quintana Roo el responsable de la instalación del primer alto horno de fundición de metal en nuestro país, por lo que este héroe nacional puede ser calificado como el iniciador de la pugna entre desarrollistas y proteccionistas.

En el caso del Valle de México, no existe evidencia histórica de cual fue la primera fuente contaminante a la atmósfera. Sin embargo, es posible inferir que la aparición de las primeras papeleras en las faldas del Iztaccihuatl en las postrimerías del siglo pasado, así como el establecimiento de factorías textiles en el sur del Valle, pudieran ser calificados como de los primeros establecimientos contaminadores de la región.

No fue, sin embargo, el inicio del siglo el que marcara un deterioro significativo en la atmósfera en el Valle de México. La Revolución de 1910 y sus secuelas frenaron el crecimiento económico del país, amén de haber mermado significativamente a la población.

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

El fenómeno de la contaminación de la atmósfera está asociado a una etapa posterior, correspondiendo a la macrocefalización del centro del país

Es evidente que a partir de 1940 el Valle de México empezó a transformarse en forma vertiginosa por la acción del hombre. Fenómenos relacionados con el crecimiento de la mancha urbana, el incremento desmedido de la población tanto en número como en densidad y la concentración de la inversión han propiciado que de una ciudad de 87 kilómetros cuadrados de mancha urbana en 1930, pasara ya como una zona totalmente conurbada en 1986 a más de 2500 kilómetros cuadrados ocupados y con una población estimada en más de 20 millones de habitantes

Ese crecimiento desmedido de la población y en consecuencia de la mancha urbana ha propiciado el crecimiento y proliferación de otros muchos efectos negativos. Entre otros, el aumento de superficies asfaltadas ha traído como consecuencia modificaciones climáticas, incrementando las islas de calor. La proliferación de vehículos automotores ha resultado en el vertimiento a la atmósfera de muchos contaminantes. El incremento de la demanda de bienes y servicios ha sido el origen de la concentración de la inversión neta del país y la falta de coordinación en la planeación urbana la causa del desorden del uso de suelo.

Reflexionando detenidamente sobre el problema no nos queda sino admitir que a partir del periodo conocido como de la industrialización, la actividad urbana e industrial comenzó. Este periodo que comienza en 1940 ha logrado que para 1994 en el Valle de México se concentre aproximadamente el 48% de la producción industrial del país y que el número de vehículos automotores en circulación sea del orden de los 3,000,000. Actualmente en la ZMCM se generan 4 millones 300 mil toneladas de contaminantes atmosféricos.

1.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

¿Qué es un contaminante? Es toda materia, sustancia o sus combinaciones y compuestos, así como los derivados químicos y biológicos y toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido, que al actuar en la atmósfera, el agua, el suelo, la flora, la

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido, que al actuar en la atmósfera, el agua, el suelo, la flora, la fauna, o cualquier elemento ambiental, alteren su composición o afecten la salud humana; en el Cuadro 1.2 se muestran los principales contaminantes atmosféricos.

Cuadro 1.2 Principales contaminantes atmosféricos	
ORDINARIOS EN AMBIENTES URBANOS	
Monóxido de Carbono	Sulfatos
Dióxido de Azufre	Nitratos
Dióxido de Nitrógeno	Fluoruros
Hidrocarburos	Ozono
Partículas Suspensas	Olores
Compuestos de plomo	Compuestos orgánicos
ESPECIALMENTE PELIGROSOS	
Plomo	Mercurio
Asbestos	Cadmio
ESPECÍFICOS EN DETERMINADAS FUENTES	
Arsénico	Zinc
Cloro	Bario
Cobre	Boro
Manganeso	Selenio
Níquel	Cromo
Plaguicidas	Vanadio
Materiales radioactivos	Acido Clorhídrico
Otros	
Polen	Etileno
Aerosoles	Acido Sulfúrico
Amoníaco	Berilio
Aldehidos	Fósforo y Hierro

(TOMADO DE: BRAVO 1989)

Los contaminantes atmosféricos pueden dividirse por sus características, por su fuente de emisión y por su dinámica en la química ambiental, de acuerdo con la clasificación presentada en el Cuadro 1.3.

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

Cuadro 1.3 Clasificación de los tipos de contaminantes

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE CONTAMINANTES
Por sus características	- Físicos - Químicos - Biológicos
Por su fuente de emisión	- Naturales - Antropogénicos
Por su dinámica en la química ambiental	- Primarios - Secundarios

1.4.1 CLASIFICACIÓN POR SUS CARACTERÍSTICAS

La clasificación de los contaminantes atmosféricos por sus características se dividen en tres grupos que son Físicos, Químicos y Biológicos.

CONTAMINANTES FÍSICOS

Estos contaminantes actúan alterando el medio ambiente sin producir reacciones químicas como por ejemplo ruido, iluminación, calor, energía, etc.

CONTAMINANTES QUÍMICOS

Son los contaminantes que se emiten y que potencialmente pueden reaccionar químicamente como por ejemplo: el cloro, pesticidas, bifenilos, monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), etc.

CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Son aquellos que llevan elementos biológicos infecciosos como el excremento, bacterias, virus etc.

1.4.2 CLASIFICACIÓN POR SU FUENTE DE EMISIÓN

Esta clasificación de los contaminantes se divide en dos grandes grupos que son: Naturales y Antropogénicas

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

En el Cuadro 1.4 se puede observar de qué fuentes provienen algunos de los contaminantes, ya sean fuentes naturales o antropogénicas. En este Capítulo se tratará a detalle lo relativo a cada uno de los contaminantes mencionados y en el siguiente Capítulo lo que se refiere a las fuentes.

Cuadro 1.4 Fuentes Contaminantes

CONTAMINANTE	FUENTES	
	ANTROPOGÉNICAS	FUENTES NATURALES
Dióxido de azufre SO ₂	Combustión de carbón y petróleo, cocido de minerales sulfurados	Volcanes
Ácido sulfhídrico H ₂ S	Procesos químicos, tratamiento de aguas negras	Volcanes, acción biológica de pantanos
Monóxido de carbono CO	Combustión, principalmente escapes de automóviles	Reacciones de terpenos en incendios forestales
Oxidos de nitrógeno NO _x	Combustión	Acción bacteriana en suelos
Amoniaco NH ₃	Tratamiento de desechos	Descomposición biológica
Oxido nitroso N ₂ O	En forma indirecta por el uso de fertilizantes nitrogenados	Acción biológica en suelos
Hidrocarburos	Combustión escapes y procesos químicos	Procesos biológicos
Partículas suspendidas totales PST	Combustión, Cementeras, Siderúrgicas.	Volcanes, tolvaneras.
Dióxidos de carbono CO ₂	Combustión	Descomposición biológica, liberación desde océanos

1.4.3 CLASIFICACIÓN POR SU DINÁMICA EN LA QUÍMICA AMBIENTAL

Esta clasificación de contaminantes se divide en dos grupos que son los primarios y los secundarios.

CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

Los contaminantes primarios son aquellos procedentes directamente de la fuente de emisión, sean naturales o antropogénicas como por ejemplo el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), etc.

Los contaminantes secundarios son los que se forman a partir de la interacción química entre los primarios y los componentes normales de la atmósfera, resultando entre otros el ozono (O₃), véase Figura 1.3 Smog fotoquímico.

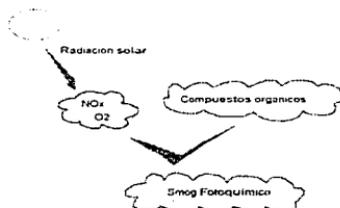


Figura 1.3 Smog Fotoquímico

Antes de iniciar la descripción de los contaminantes del aire se debe también señalar que entre los elementos no naturales del aire existen algunos que podemos considerar como contaminantes intrínsecos o naturales. Dos son los compuestos considerados como contaminantes naturales del aire. Ambos son producto de la radiación solar sobre la superficie de la tierra y son producidos en pequeñas cantidades. El primero de ellos es una asociación de dos productos en equilibrio dinámico, óxido y bióxido de nitrógeno, en concentraciones aproximadas de alrededor del 0.05ppm y 0.02ppm respectivamente, y ozono 0.02ppm.

1.4.4 ÓXIDOS DE CARBONO

Únicamente hay dos óxidos de carbono, el primero de ellos es el bióxido de carbono, en sentido genérico ni siquiera es considerado como contaminante, pues forma parte del aire, al formar parte del ciclo de carbono de la biosfera; sin embargo, de los procesos de combustión se producen grandes cantidades de éste, calculándose el aumento neto a nivel del globo terrestre de entre 0.8 y 1.0 ppm al año y dadas sus características tiene efectos importantes a nivel de la tierra. Este compuesto posee la propiedad de absorber la radiación infrarroja, por lo que a medida que aumenta la concentración aumenta su absorción, lo que puede tener como consecuencia a largo plazo la producción del llamado efecto de invernadero, que en última instancia podría traducirse en fusión de los casquetes polares, con las subsecuentes inundaciones de las zonas costeras debido a la elevación del nivel de los océanos.

Por otro lado, el monóxido de carbono, el otro componente de este grupo, es resultado de la combustión incompleta de carbón, petróleo y otros combustibles. Es un gas incoloro, inodoro y no irritante de alta toxicidad. En el medio urbano la causa principal de emisión de este contaminante son los vehículos automotores, pero en general son las fuentes naturales el 77.6% de las emisiones totales se deben a la oxidación atmosférica del metano (CH₄).

El efecto dañino lo constituye su afinidad para combinarse con la hemoglobina, dando lugar a la formación de carboxihemoglobina (COHb). Dicho contaminante afecta el sistema nervioso central; provoca cambios funcionales cardiacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte.

Las personas que padecen deficiencias circulatorias son más sensibles a este contaminante. Existe la posibilidad de intoxicación aguda por inhalación en espacios cerrados en un lapso corto.

1.4.5 HIDROCARBUROS

Este grupo de sustancias por lo general son el resultado de la destilación del petróleo crudo y sus diversos procesos. Son introducidos a la atmósfera por la combustión incompleta de combustibles que contienen moléculas de carbono e hidrógeno. También contribuyen a esta contaminación el manejo de derivados del petróleo, especialmente la gasolina, el uso indiscriminado de solventes y la aplicación de solventes y de pinturas. Los efectos causados por estos contaminantes son variados, algunos son carcinogénicos como el Benceno, otros son irritantes y malolientes, algunos son susceptibles del cambio en la atmósfera, produciendo otros contaminantes como el ozono y algunos por último no son reactivos como el metano.

BENCENO

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

En estudios realizados en los Angeles se descubrió que la mayor fuente de exposición al benceno es el cigarro (39%) y la principal fuente de benceno en la atmósfera son las emisiones de los vehículos automotores (82%), así como las pérdidas evaporativas de hidrocarburos durante el manejo, distribución, almacenamiento y distribución 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 combustible en la ZMCM, es necesario aumentar las estaciones de medición y realizar estudios de exposición para poder

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

HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS

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

Existe bastante evidencia experimental que indica que los HPA son mutagénicos y carcinogénicos.

Estudios específicos indican un riesgo mayor de desarrollar cáncer en personas ocupacionalmente expuestas a los HPA.

1.4.6 FORMALDEHÍDO

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

1.4.7 COMPUESTOS QUE CONTIENEN AZUFRE

La mayor parte de los compuestos que contienen azufre están relacionados con la reacción de este elemento con el oxígeno del aire, siendo los más importantes el dióxido (SO_2) y el trióxido (SO_3).

El dióxido es sin lugar a dudas el contaminante que en mayores proporciones ha sido vertido en el aire.

El otro óxido importante es el trióxido que se produce en la atmósfera por la oxidación del dióxido bajo la influencia de la luz solar, además que en todos los procesos de formación del dióxido se forma un poco de este compuesto. La importancia del trióxido como contaminante radica en que este compuesto es la materia prima para que con la humedad del aire se produzca el ácido sulfúrico, que es un ácido inorgánico extremadamente fuerte y corrosivo, que destruye el tejido viviente y las superficies de los materiales.

Otro compuesto importante del azufre es el sulfuro de hidrógeno (H_2S), característico por su olor a huevos podridos de alta toxicidad pero por fortuna asociado a procesos muy específicos, tales como la fabricación de papel y pulpa, tratamiento de aguas negras, tratamientos metálicos.

1.4.8 COMPUESTOS DE NITRÓGENO

El nitrógeno es un gas que forma parte de la composición del aire, pero sus derivados no. Entre los compuestos del nitrógeno de mayor importancia están los óxidos, siendo los más importantes el óxido y el bióxido. Ambos son producidos por las combustiones en el aire, por lo que son los vehículos automotores y los equipos de combustión industrial los mayores generadores de estos compuestos. El bióxido se considera 4 veces más tóxico que el monóxido.

Los efectos del bióxido de nitrógeno sobre los humanos van desde un olor desagradable y una irritación moderada, a una congestión pulmonar grave y la muerte dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición. En términos generales puede afirmarse que las concentraciones de óxidos de nitrógeno en el ambiente no son letales pero si contribuyen a la generación de males crónicos de las vías respiratorias.

La mayor importancia de los compuestos de nitrógeno y muy especialmente de los óxidos, reside en que estos son sustancias claves en la formación del llamado smog fotoquímico.

1.4.9-OZONO Y OXIDANTES

Como ya se estableció el ozono está presente en pequeñas cantidades en el aire normal, pero en concentraciones mayores es considerado como un contaminante y posee propiedades tóxicas. Se considera que en ambientes industriales el valor umbral límite es de 0.10 ppm por jornada de trabajo.

Siendo el ozono el que en mayores concentraciones se presenta en la atmósfera, no es el único de los contaminantes fotoquímicos. Este grupo de contaminantes es el resultado de complejas reacciones ocurridas en la atmósfera.

Se sabe que los niveles de concentración de estos contaminantes dependen de la intensidad y duración de la radiación solar y de la temperatura, además de estar asociados con la presencia de hidrocarburos reactivos y de óxidos de nitrógeno, como ya se mencionó anteriormente; esto hace que sean contaminantes cuyas propiedades han sido menos estudiadas.

En la ZMCM se rebasa prácticamente todos los días del año la norma de ozono que es de 0.11 ppm (1 hora) norma actual, en 1992 se presentaron los niveles más críticos alcanzando los 398 IMECAS.

1.4.10-PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES

Las partículas suspendidas se constituyen por cenizas, humos, polvos, metales, alquitrán, neblinas y smog, generados por los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manipulación de materiales pulverizados. Las industrias que manejan este tipo de contaminante son las que cuentan con equipamiento de calderas, molinos de cemento, hornos de calcinación, hornos de ferroaleación, etc.

Las partículas que provienen de las fuentes naturales incluyen a las áreas erosionadas, zonas carentes de vegetación, áreas sin pavimentar, emisiones volcánicas, etc.

En la salud provocan efectos varios, por ser tan pequeños, el vello de la nariz no las puede retener y el organismo las absorbe. Los mecanismos de defensa del aparato respiratorio quedan bloqueados, tanto a nivel de vías aéreas superiores como en bronquiolos y en alvéolos, y se originan problemas de asma y bronquitis.

1.4.11-PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS

Las partículas menores a 10 micras se denominan PM10, son producto de las áreas erosionadas y desprovistas de vegetación, actividad volcánica, de vehículos y procesos industriales. Una vez en la atmósfera permanecen por periodos de horas o días y provocan disminución de la visibilidad y formación de reacciones químicas con otros contaminantes.

La concentración, volumen, composición química, propiedades aerodinámicas, tiempo de exposición y tamaño son algunas de las características que determinan su toxicidad. Las PM10 penetran hasta el espacio alveolar del pulmón y dependiendo de la forma y densidad de la partícula puede ser alojada en diferentes sitios del aparato respiratorio; pueden absorber elementos biológicos, que van desde polen hasta bacterias y hongos, los cuales pueden ser transportados al pulmón.

Las partículas suspendidas totales (PST) y las partículas menores a 10 micras (PM10) representan uno de los principales problemas de la contaminación atmosférica en la ZMCM; en el Cuadro 1.5 se muestran los porcentajes de los muestreos correspondientes a diversos años fuera de la norma.

Cuadro 1.5 Porcentaje de muestreos fuera de la norma.

AÑO	PST %	PM10 %
1986	39.8	
1987	37	
1988	39.8	39.6
1989	29.9	46
1990	45.1	33.6
1991	61.5	5
1992	46.9	8.3
1993	16.1	19
1994	13.2	16
1995	15.6	12.6

1.4.12 PLOMO

Es uno de los metales más pesados emitidos a la atmósfera en forma de partículas, a partir de distintas fuentes: industriales dedicadas a la fundición de metales no ferrosos, fabricación de pigmentos, fundición de rejillas para acumuladores y baterías. Una fuente muy importante proviene de la combustión de los compuestos orgánicos tetraetilo y tetrametilo de plomo utilizados como aditivos antidetonantes en las gasolinas; este contaminante se encuentra también en artículos de barro vidriado, en latas con soldadura de plomo, en algunas pinturas. Las partículas de plomo que se emiten al aire se depositan en los alimentos que se venden en la vía pública, en tinacos de agua mal tapados y en el suelo. Las frutas y verduras también pueden llegar a contaminarse con plomo si se riegan con aguas de desecho o se cultivan cerca de carreteras con alto tráfico vehicular.

El plomo afecta principalmente a los infantes, ya que disminuye la capacidad de aprendizaje. Puede incorporarse al organismo por vía digestiva en un 10% y por vía respiratoria hasta en un 40%. El plomo es capaz de dar lugar a una intoxicación aguda o bien acumularse de manera directa y crónica, en dientes, huesos y tejidos blandos. Se le asocia con alteraciones en el desarrollo del sistema nervioso central, así como la interferencia con los mecanismos de defensa del organismo.

TEMA 1: LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS CONTAMINANTES

Es importante recordar lo que mencionó el doctor Paracelso "*Toda sustancia puede ser tóxica dependiendo de la cantidad a la que se exponga el individuo*".

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

En el Cuadro 1.6 se presenta un resumen de los efectos de los principales contaminantes atmosféricos.

Cuadro 1.6 Efectos de los principales contaminantes atmosféricos

CONTAMINANTE	SALUD	MATERIALES	SUELO	VEGETACIÓN	FAUNA
Partículas	▼	▼			▼
Oxidos de Nitrógeno	▼	▼	▼	▼	▼
Monóxido de carbono	▼				▼
Hidrocarburos	▼			▼	▼
Oxidos de nitrógeno	▼	▼		▼	▼
Ozono	▼	▼		▼	▼

CAPITULO 2

FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

2.1 TIPOS DE FUENTES CONTAMINANTES

En la ZMCM se tienen las siguientes fuentes de contaminación: fuentes naturales que contribuyen con un 12%, las fuentes antropogénicas que a su vez se dividen en fuentes fijas con un 13% y fuentes móviles aportando la mayoría de los contaminantes con un 75%, véase la Figura 2.1; según inventario de emisiones 1994.

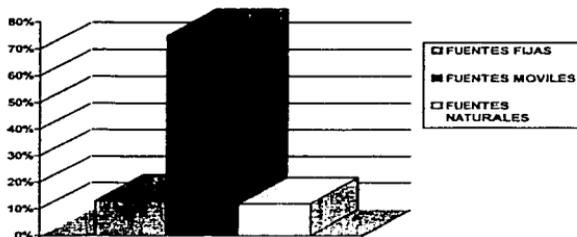


Figura 2.1 Porcentajes de contaminación por tipo de fuente

Para este estudio nos interesan las fuentes fijas.

2.1.1 FUENTES NATURALES

Son aquellas fuentes contaminantes que no son generadas por la actividad humana, como podría ser, las gotitas de agua o residuos de la evaporación por aspersión, polvo de los vendavales, polvo meteórico, detritos superficiales y el polen de las hierbas.

Las fuentes naturales aportan el 12% de la contaminación atmosférica total según estudios de la Comisión Metropolitana del Medio Ambiente.

2.1.2 FUENTES ANTROPOGÉNICAS

Como se mencionó anteriormente, las Fuentes Antropogénicas se dividen en dos grupos: las Fuentes Móviles y las Fuentes Fijas.

FUENTES MÓVILES

Son aquellas fuentes contaminantes que son generadas por los vehículos automotores. Actualmente el 75% de las sustancias contaminantes que se respiran en la ZMCM provienen de los automotores, según datos de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

Aunque el parque vehicular de la ZMCM es relativamente pequeño frente a la población, más de 3 millones de automóviles para 20 millones de habitantes, el volumen de contaminantes que emiten es significativamente alto.

*Pero " el problema no es la cantidad de vehículos que circulan, sino la cantidad de contaminantes que emiten debido a que existen una gran cantidad de vehículos anteriores a 1984 que contaminan 20 veces más que cada vehículo 1991 y posteriores. Mientras que los automóviles 1985 a 1990 contaminan 10 veces más que los vehículos 1991 " **

En el valle de México el transporte consume el 56% del combustible, pero debido a la mala combustión que se produce en los modelos viejos el volumen de contaminación se dispara en un 75%.

Los más de tres millones de automóviles que hay en el Valle de México sólo realizan el 17% de los viajes que diariamente se efectúan en la metrópoli. A pesar de su escasa participación en la movilización de personas los automóviles emiten el 38% de los óxidos de nitrógeno y 49% de las emisiones de hidrocarburos, según cifras de la SEMARNAP.

Los contaminantes emitidos por un vehículo a la atmósfera son 0.20% SO_2 , 1.30% NO_x , 9.40% HC y 89% CO como se puede observar en la Figura 2.2.

* ALFREDO FAUAD DAVID GIDI, Subprocurador de Verificación y Normatividad de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

TEMA 2: FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

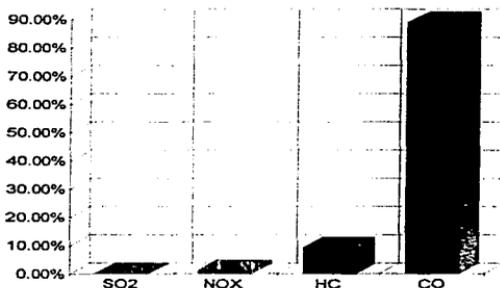


Figura 2.2 Contaminantes emitidos por un vehículo

FUENTES FIJAS

Son aquellas fuentes que comprenden a la industria, los servicios y comercios aportando un 13% del total de las emisiones contaminantes; el 3% le corresponde a la industria y el otro 10% a los servicios y comercios. En las industrias los ejemplos más comunes son las descargas de los desechos de los procesos, productos de los sistemas locales de ventilación, de extracción y la eliminación del calor, energía y residuos en los procesos de combustión. En lo referente a los servicios comprende lo que es la eliminación de basura, evacuación de las aguas de desecho, pavimentación de carreteras y calles y operaciones de combustión. Por último las comerciales son las referentes a los locales comerciales o casas habitación, que usan gas petróleo o carbón para generar calor o energía. En el Cuadro 2.1 se presenta la clasificación de las fuentes fijas por actividad industrial.

Cuadro 2.1 Clasificación de las fuentes fijas por su actividad

FUENTES DE COMBUSTIÓN EXTERNA		
Combustión de carbón		
Combustión de combustóleo		
Combustión de leña		
Combustión de petróleo		
Combustión de gas		
Combustión de diesel		
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Quema en tiraderos		
Quema de pastizales secos		
Incineradores de basura		
INDUSTRIA QUÍMICA		
Plásticos	Fibras sintéticas	Acido fluorhídrico
Pinturas	Hule sintético	Acido nítrico
Jabón y detergentes	Amoniaco	Acido fosfórico
Carbonato de sodio	Explosivos	Acido Sulfúrico
Carbón negro	Acido Clorhídrico	Cloro-alciano
INDUSTRIA METALÚRGICA		
Preparación del coque		
Industria del hierro y del acero		
Producción primaria del aluminio		
Fundidoras de cobre		
Fundidoras de plomo		
Fundidoras de zinc		
Industria del bronce		
INDUSTRIA DE PRODUCTOS MINERALES		
Plantas de asfalto y concreto		
Fábrica de tabiques		
Fábricas de carburo de calcio		
Fabricación de cemento, cal y yeso		
Fábricas de fibra de vidrio		
Procesamiento de roca fosfórica		
Procesamiento de arena y grava		
INDUSTRIA DEL PETRÓLEO		
Producción de crudo y gas		
Refinación del petróleo		
Elaboración de productos de petroquímica		

(continúa)

TEMA 2: FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

INDUSTRIA DE LA AGRICULTURA Y ALIMENTOS
Secado de alfalfa
Tostado de café
Algodón
Molinos y almacenamiento de granos
Fermentación
Procesamiento industrial de pescado
Procesamiento industrial de caña
Procesamiento industrial de carnes
Fertilizantes
Elaboración de almidón
Elaboración de alimentos para animales
INDUSTRIA DE LA MADERA
Industria química de pulpa de madera
Industria de papel
Operaciones de madererías
EMISIONES POR EVAPORACIÓN
Pintura de autos
Almacenamiento y distribución de gasolinas
Almacenamiento de solventes y derivados volátiles del petróleo
FUENTES VARIAS
Incendios forestales
Caminos no pavimentados
Fumigación con pesticidas
Plantas geotérmicas

(Adaptado de: EPA, 1985)

De las fuentes fijas, la de más importancia para este trabajo, son las industriales generando un 23% de la contaminación atmosférica en la ZMCM de la generación de fuentes fijas, el otro 77% le corresponde a los servicios y comercios, *"la desordenada ubicación de la planta industrial contribuye a la agudización del problema, con la transportación de personas y mercancías."*^{*}, véase Figura 2.3.

^{*} ALFREDO FAUAD DAVID GIDI, Subprocurador de Verificación y Normatividad de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.



Figura 2.3 Distribución de contaminación en fuentes fijas

A pesar que el proceso de industrialización de la Ciudad de México es relativamente reciente, inició con la estabilidad que trajeron los gobiernos postrevolucionarios. En 1970 ya se habían diagnosticado los primeros problemas de contaminación.

Hacia 1940 la Ciudad de México concentraba el 28% de la industria nacional, y la inversión pública federal aquí era de 50 centavos por cada peso, hacia 1980 el Valle de México albergaba el 43.3% de la industria nacional. Se trataba de que México se industrializara sin importar donde.

Un factor económico vino a frenar el acelerado desarrollo de la urbe; la crisis de 1982 afectó severamente al sector, de tal manera que la participación de la megalopolis en la producción industrial se redujo de 43.3% en 1980 a 32.1% en 1988.

Sin embargo para 1990 existían más de 30 mil establecimientos industriales; 72% se localizaba en el Distrito Federal y 28% en municipios conurbados del Estado de México. el 75% eran microindustrias, el 20% pequeñas industrias, el 3% medianas y el 2% grandes industrias, véase Figura 2.4.



Figura 2.4 Distribución de la industria en la ZMCM

En el ensayo "La contaminación atmosférica de la Ciudad de México", elaborado por los investigadores Gustavo Garza y Fernando Aragón, indican que había 282 mil establecimientos comerciales y de servicios, algunos de los cuales emitían sustancias contaminantes; 13.9 mil empresas de aseo y limpieza y 9.2 mil centros de salud y hoteles.

A pesar del impacto de la crisis de 1982 y de las políticas para frenar el crecimiento desmedido de la ciudad, el peso industrial de la ciudad es significativo; el 48% de la producción manufacturera se ubica en la ZMCM.

Sin embargo, el desarrollo de la industria de la transformación no ha sido lineal, ni planeado. Se distinguen en él diferentes ritmos de expansión, cambios en la participación pública y de empresas extranjeras. Políticas de protección y fomento, y composición hacia los mercados internos y externos; según el diagnóstico del *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente*, elaborado por SEDESOL y el INE.

Esta falta de planeación incidió en la degradación del ambiente, ya que el indiscriminado uso de suelo permitió que las industrias contaminantes se distribuyeran a lo largo y ancho de la metrópoli. Al respecto la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la

TEMA 2: FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Contaminación Ambiental destaca que las industrias químicas, petroquímicas, fundidoras, del papel, aluminio, cobre, metalúrgicas y plantas de extracción de minerales no metálicos se localizan predominantemente en la zona norte y oriente de la ciudad, mientras que la industria farmacéutica y textil en el centro y sur

En el Valle de México, 8500 empresas generan aproximadamente 560 mil toneladas de emisiones contaminantes a la atmósfera al año. Alrededor de siete empresas son capaces de generar el 85% de las emisiones contaminantes industriales totales. Los nombres de las fuentes contaminantes son raramente mencionados, una lista elaborada por el investigador Ernesto Jauregui del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México incluye: Acumuladores Insuperable, Vidriera Mexico, Fábrica Nacional de Vidrio, Nueva Fábrica Nacional de Vidrio, Omega Manufacturera y Cementos Anáhuac.

También incluye a fábricas metalúrgicas tales como Campos Hermanos, Aceros Corsa, Fundición de Hierro y Acero, Mexicana de Laminación y Ford Motors, así como la Planta de Asfalto del Distrito Federal.

Otras fuentes mencionan a papelería San Rafael, las empresas químicas Procter & Gamble, la Corona y Química Heinkel; Aceros Nacionales, Fundición Vallejo, General Motors, Goodyear, pinturas Azteca y la industria pavimentadora.

Las fuentes fijas generan aproximadamente 25% de SO_2 , 6% de partículas, 30% de NO_x , 8% de CO y 31% de HC, como se puede ver en la Figura 2.5.

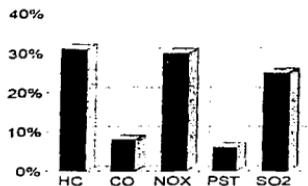


Figura 2.5 Distribución de contaminantes en fuentes fijas

2.2 EMISIONES FUGITIVAS

Son aquellas que no son conducidas por un ducto y que contaminan al ambiente laboral, éstas se encuentran reglamentadas en la norma NOM-010-STPS-1993 "Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral", emitida por la Secretaría del Trabajo

CAPITULO 3

PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA EN LA ZMCM.

3.1-LA ATMÓSFERA

La atmósfera es una cubierta formada por gases vapores y partículas que rodean al planeta Tierra, la constituye una masa de unas $5.6 \cdot 10^{15}$ toneladas distribuidas en una capa sobre la esfera terrestre, que reduce a la mitad su presión cada aproximadamente 6 km que se asciende verticalmente. La atmósfera está formada fundamentalmente por gases que contienen una pequeña cantidad de partículas sólidas y líquidas; está sujeta al planeta por acción de la gravedad, al igual que cualquier otra masa sólida o líquida.

Como la temperatura mantiene a la mayor parte de la atmósfera mayoritariamente en estado gaseoso, el movimiento browniano de las moléculas ejerce una presión en todas direcciones y el resultado final en la distribución de esos materiales es consecuencia del equilibrio de gravedad y presión.

Cabe mencionar que la presión y densidad de la atmósfera varían con respecto a la altura sobre la superficie de la Tierra, en las condiciones normales del nivel del mar, la atmósfera ejerce la presión de 760 mm de Hg, o lo que es lo mismo 1 atmósfera lo que equivale $1.013 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-2}$ o bien $1.033 \cdot 10^4 \text{ Kp.m}^{-2}$.

En la realidad a diferentes altitudes se producen fenómenos bien diferenciados, por lo que es costumbre, a efecto de interpretar mejor esas diferencias cualitativas entre niveles, establecer una separación por capas. Los fenómenos que hace muchos años determinaron interpretar a la atmósfera como formada por capas fueron, principalmente los siguientes:

Reflexión del sonido. Durante la primera gran guerra, se descubrió que el sonido de grandes explosiones llegaba a lugares muy alejados como si fuera reflejado en una capa elevada de la atmósfera de mayor densidad.

Reflexión de ondas electromagnéticas. Las ondas de radio se propagan así mismo, a través de su reflexión en una capa impermeable a ese tipo de radiación y que por lo tanto la refleja.

Destrucción de meteoritos. Las estrellas fugaces son en realidad meteoritos, es decir fragmentos generalmente sólidos de pequeño tamaño que se volatilizan al penetrar en capas

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

de la atmósfera muy altas, lo que no se justificaría si la atmósfera fuese una capa de densidad variable sin discontinuidades y decreciente hasta valores infinitesimales.

Esos fenómenos se interpretan fácilmente si se atribuye a la atmósfera la estructura estratificada. Las medidas de reflexión de ondas electromagnéticas, así como la investigación directa a través de sondas espaciales, satélites etc., usados en la actualidad, permiten mantener, con las adecuadas correcciones, el modelo clásico de la atmósfera estratificada. En este modelo se ofrece, por ejemplo, una serie de datos acerca de la distribución del gas atmosférico. El Cuadro 3.1 muestra las propiedades de la atmósfera a diferentes altitudes.

Cuadro 3.1 Propiedades de la atmósfera a diferentes alturas

Altura Km.	Temperatura °C	Presión mmHg	Densidad
0	-27	760	1293
10	-42	209	423
20	-60	45	93
30	-42	2.36	4.17
50	-2	0.7	1.15
100	-33	$4.45 \cdot 10^{-4}$	0.86
200	320	$2.9 \cdot 10^{-7}$	0.171
6220	634	$1.4 \cdot 10^{-7}$	0.07

Para efectos prácticos se suele considerar que la atmósfera no presenta desmezclados de composición importantes hasta más allá de los 60 o 90 km las capas de la atmósfera se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Capas de la atmósfera

Nombre de la capa	Límites	Capa Intermedia
Troposfera	0 a 10 Km.	
Estratosfera	11 a 32 Km.	Tropopausa
Chemósfera	32 a 80 Km.	Estratopausa
Ionosfera	80 a 400 Km.	Chemopausa
Mesosfera	400 a 1000 Km.	Ionopausa
Exosfera	Más de 1000 Km.	Mesopausa

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

En el interior de la troposfera es donde suceden todos los fenómenos meteorológicos más importantes, nubes, tormentas, etc. En esa capa la temperatura normalmente disminuye regularmente con la altura. Además de los movimientos verticales de las masas de aire, consecuencia de las diferencias térmicas, se producen grandes circulaciones que proporcionan un medio de transporte de materiales (PST, aerosoles, etc.) y energía entre diferentes áreas de la superficie terrestre.

En la troposfera la composición del aire seco puede considerarse casi constante y coincidente con la del nivel del mar como se puede ver en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Composición de la atmósfera

Componente	Fración Molecular % en Volumen
Nitrógeno	78.09
Oxígeno	20.95
Argón	0.93
Anh. Carbónico	0.03
Neón	$1.8 \cdot 10^{-3}$
Helio	$5.24 \cdot 10^{-4}$
Kriptón	$1.0 \cdot 10^{-4}$
Hidrógeno	$5.0 \cdot 10^{-5}$
Xenón	$8.0 \cdot 10^{-6}$
Ozono	$1.0 \cdot 10^{-6}$
Radón	$6.0 \cdot 10^{-18}$

En la estratosfera, que es casi la isoterma, no se producen apenas movimientos verticales del aire, aunque sí existe circulación de corrientes. La mayor parte del ozono atmosférico se encuentra en esa capa, entre 20 y 27 km de altura. Las corrientes horizontales de aire que se mueven por la estratosfera penetran a veces en la tropopausa y dan lugar a un fenómeno llamado corrientes de chorro, frecuentes en los continentes europeo y americano en sentido de W a E.

La chemosfera corresponde a una capa en que la actividad química es muy intensa como consecuencia de la acción ionizante de la radiación solar.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

La ionosfera es una espesa capa en que las condiciones de presión, recorrido libre de colisión y otras condiciones físicas, como la elevada temperatura, los iones y electrones pueden permanecer relativamente estables en comparación con las situaciones, más reactivas, cuando existen mayores posibilidades de contacto. Esta capa posee una cualidad muy peculiar en lo que se refiere a sus propiedades electromagnéticas, siendo la responsable de la reflexión de las ondas de radio, onda corta y otros fenómenos de tipo luminoso (aureolas boreales y australes).

Para Aristóteles (S IV a. de C.) la atmósfera estaba formada por tres niveles: el inferior propicio para la vida; el intermedio helado; y el superior a muy alta temperatura.

En el cuadro 3.4 se muestran los tiempos de residencia de gases en la atmósfera.

Cuadro 3.5 Tiempos de residencia de gases en la atmósfera

Gas	Concentración	Tiempo de Residencia	Observaciones
Helio He	5.2 ppm	Infinito	Acumulación
Argón Ar	9300 ppm	Infinito	Acumulación
Neón Ne	18 ppm	Infinito	Acumulación
Kriptón Kr	1.1 ppm	Infinito	Acumulación
Xenón Xe	0.09 ppm	Infinito	Acumulación
Nitrógeno N ₂	73%	10 ⁶ años	Ciclos Biológicos.
Oxígeno O ₂	21%	10 años	Ciclos Biológicos.
Dióxido de carbono CO ₂	315 ppm	15 años	Ciclos Biológicos.
Metano CH ₄	1.4 ppm	2 años	Ciclos Biológicos.
Hidrógeno H	0.4 ppm	5 años	Ciclos Biológicos.
Óxido Nitroso N ₂ O	0.25ppm	10 años	Ciclos Biológicos.
Monóxido de carbono	0.13 ppm	0.1 años	Ciclos Biológicos.
Agua	variable	10 días	Ciclos Biológicos.

3.2-MONITOREO ATMOSFÉRICO

El sistema de monitoreo atmosférico de la ZMCM se compone de cinco elementos, siendo el principal la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), mientras que las estaciones piloto, las unidades móviles de monitoreo atmosférico, la red manual y la red meteorológica son los elementos que la complementan y apoyan.

Los procedimientos oficiales de medición de los contaminantes atmosféricos se muestran en el Cuadro 3.6

Cuadro 3.6 Normas para la medición de los contaminantes en el aire ambiente

NORMA	CONTAMINANTE	TIEMPO DE MEDICIÓN	CONCENTRACION	PRINCIPIO DE OPERACIÓN
NOM-034-ECOL/93	CO	8 Hr.	0.11 ppm	INFRAROJO
NOM-035-ECOL/93	PST	24 Hr.	260 ug/m3	HI-VOL
NOM-036-ECOL/93	OZONO	1 Hr.	0.11 ppm	ULTRAVIOLETA
NOM-037-ECOL/93	SO ₂	24 Hr.	0.13 ppm	PARAMAGNETICO
NOM-038-ECOL/93	NO ₂	1Hr.	0.21 ppm	QUIMILUMINISCENCIA

Actualmente, México es uno de los treinta países en el mundo que cuenta con un sistema de medición de la calidad del aire. El sistema operado hasta el 92 por SEDESOL y actualmente por la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México; consta de 25 estaciones que conforman la red automática de monitoreo atmosférico (RAMA), véase Cuadro 3.7.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

Cuadro 3.7 Estaciones de la Red Automática de Monitoreo de la ZMCM

1.-Lagunilla	6.-Los Laureles	11.-Tlalnepantla	16.-Plateros	21.-I.M.P.
2.-Vallejo	7.-La Presa	12.-Xalostoc	17.-Angares	22.-Benito Juárez
3.-Santa Úrsula	8.-La Villa	13.-Merced	18.-Iztapalapa	23.-Taxqueña
4.-Tacuba	9.-San Agustín	14.-Pedregal	19.-Aragón	24.-Metro Insurgentes
5.-ENEP Acatlán	10.-Azcapotzalco	15.-Cerro de la Estrella	20.-Nezahualcoyotl	25.-Cuiclahuac

Los contaminantes medidos en estas estaciones se muestran en el cuadro 3.8.

Cuadro 3.8 Parámetros de Medición de las Estaciones de Monitoreo de la ZMCM

ESTACION	CONTAMINANTES MEDIDOS							P. METEOROLÓGICOS			
	SO2	CO	O3	NO2	NOX	HMM	H2S	DV	VV	TMP	HR
1.-Lagunilla											
2.-Vallejo											
3.-Sta. Úrsula											
4.-Tacuba											
5.-ENEP Acatlán											
6.-Los Laureles											
7.-La Presa											
8.-La Villa											
9.-San Agustín											
10.-Azcapotzalco											
11.-Tlalnepantla											
12.-Xalostoc											
13.-Merced											
14.-Pedregal											
15.-Cerro de la Estrella											
16.-Plateros											
17.-Hangares											
18.-LIAM Iztapalapa											
19.-Aragón											
20.-Nezahualcoyotl											
21.-I.M.P.											
22.-Benito Juárez											
23.-Taxqueña											
24.-Insurgentes											
25.-Cuiclahuac											

La Red Manual de Monitoreo Atmosférico, que mide la concentración de PST, funciona durante un periodo de 24 hr cada seis días, excepto en invierno, cuando se incrementa la

frecuencia de muestreo a una vez cada tres días. Actualmente cuenta con 19 estaciones que se muestran en el Cuadro 3.10.

Cuadro 3.9 Estaciones de Monitoreo de la Red Manual de la ZMCM.

1.-Portales	6.-Vicentina	11.-Merced	16.-Villa
2.-Pedregal	7.-Nezahualcoyotl	12.-Museo Tec. de la CFE	17.-Xalostoc
3.-Felipe Angeles	8.-Aeropuerto	13.-Lomas	18.-La Presa
4.-Taxqueña	9.-Fray Bernardino	14.-S.H.C.P	19.-Chapingo
5.-Cerra de la Estrella	10.-Museo de la Cd. de México	15.-Tlalnepantla	

Cinco de éstas también miden la fracción respirable e identifican y cuantifican los metales presentes en las PST: cinco estaciones cuentan además con equipos muestreadores de gases específicos mediante el método de burbujeo.

La Red Meteorológica tiene como objetivo proporcionar información que ayuda a pronosticar los niveles de calidad del aire. Los datos en ella generados son determinantes en la elaboración del pronóstico de la calidad del aire, cuyo fin es analizar la estabilidad o el desplazamiento de los contaminantes con una, 24 ó 48 horas de antelación. Cuenta con 10 estaciones con sensores de velocidad y dirección del viento, medidores de humedad relativa y temperatura, los cuales se conectan teleméricamente al Sistema Central de Control, enviando la información de tiempo real. Se complementa con una unidad de medición de vientos de altura (consistente en una torre meteorológica) y dos radares acústicos, lo cual permite obtener información de las condiciones de mezcla de la atmósfera. También se considera la información que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Las unidades móviles de monitoreo atmosférico están equipadas de manera similar a las estaciones de la RAMA pero tienen funciones y objetivos distintos, entre que los que destacan la evaluación del nivel de desempeño de la instrumentación de las fuentes fijas,

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

validación de la información, y los estudios iniciales o determinantes para la ubicación de sitios de monitoreo. En el caso de las estaciones piloto, su objetivo principal es vigilar y validar el desempeño de la totalidad del sistema al funcionar en forma paralela pero independientemente de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

Todas las estaciones están ubicadas en lugares estratégicos de la zona metropolitana. El monitoreo atmosférico proporciona información minuto a minuto, todos los días del año, sobre los contaminantes presentes en la atmósfera y su grado de concentración en la cinco áreas Noreste, Noroeste, Centro, Sureste y Suroeste.

Para poder garantizar la calidad y validez de los datos obtenidos por la RAMA, se cuenta con un programa de calidad, cuyo propósito es el de verificar que la información sea precisa, para proporcionar al sistema mayor confiabilidad. Este programa consiste en auditorías de ejecución y auditorías de sistema que se aplican en diferentes etapas de metodología de evaluación de los contaminantes. El INE es el encargado de realizar estas auditorías a los sistemas, y a su vez, es auditado por empresas extranjeras, principalmente por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

En cada estación los resultados varían considerablemente, debido a la diferencia de afluencias de contaminantes en las distintas áreas seleccionadas. Por ejemplo, en aquellas regiones conurbadas con terracerías y tierras erosionadas se registra un mayor índice de PM10; en la zona norte, con regiones industriales y gran parque vehicular hay principalmente óxidos de nitrógeno, que propician la formación del ozono.

La red de monitoreo mexicana es la única en el mundo que reporta la contaminación al público, con un horario fijo y se presenta en el formato de la Figura 3.1.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

Hora del reporte:	No.	México, D. F.			
	<p>0-50 SITUACION MUY FAVORABLE PARA LA REALIZACION DE TODO TIPO DE ACTIVIDADES FISICAS</p> <p>51-100 SITUACION FAVORABLE PARA LA REALIZACION DE TODO TIPO DE ACTIVIDADES.</p> <p>101-200 MOLESTIAS MENORES EN PERSONAS SENSIBLES</p> <p>201-300 AUMENTO DE MOLESTIAS E INTOLERANCIA RELATIVA AL EJERCICIO EN PERSONAS CON PROBLEMAS RESPIRATORIOS Y CARDIOVASCULARES APARICION DE LIGERAS MOLESTIAS EN LA POBLACION EN GENERAL</p> <p>301-500 APARICION DE DIVERSOS SINTOMAS E INTOLERANCIA AL EJERCICIO EN LA POBLACION SANA.</p>				
Contaminante	Noroeste	Noreste	Centro	Suroeste	Sureste
ozono					
dióxido de azufre					
dióxido de nitrógeno					
monóxido de carbono					

Figura 3.1 Formato de reporte del IMECA

3.3 ÍNDICES DE LA CALIDAD DEL AIRE

Los índices de calidad del aire se desarrollan para informar a la población del estado en que se encuentra la calidad del aire.

Cada ciudad de cada país ha inventado su propio algoritmo para expresar una concentración de los contaminantes en un número adimensional; por lo general ese número representa el valor del contaminante más problemático, por ejemplo en la ZMCM es el ozono el que casi siempre se reporta.

Se informa a la población cual es la norma local de calidad del aire y el valor que se le asigna en el número adimensional.

Esto tiene la ventaja de que la población no tiene que ser experta sobre unidades de medición de cada uno de los contaminantes para poder saber como está la calidad del aire; pero tiene la desventaja que los expertos no cuentan con los valores de concentración de cada contaminante normalmente.

3.4 ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Un índice de calidad del aire se puede definir como una función de transformación de los datos de niveles de concentración de contaminantes a un valor simple, representativo de la calidad del aire en una región determinada.

El IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire) posee valores numéricos que permiten relacionar el grado de contaminación atmosférica con los posibles efectos en la salud, en una forma accesible a la población.

El IMECA fue establecido por la extinta Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y fue elaborado con la asesoría del Dr. Wayne Ott, distinguido científico de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. En un inicio el índice fue nombrado IMEXCA (Índice Mexicano de la Calidad del Aire) y posteriormente, a partir de 1986 se particularizó para la ZMCM, tomando el nombre de IMECA.

La base científica del IMECA se remonta a los trabajos de Ott y Thom, quienes en 1972 desarrollaron un índice urbano estandarizado de la calidad del aire (SUAQI) que posteriormente recibió el nombre de Índice Estandarizado de Contaminación (PSI), el cual fue adoptado por los Estados Unidos como índice nacional uniforme de calidad del aire, a partir de 1979.

La metodología de cálculo de este índice fue generalizada por sus autores en 1976, bajo el nombre de UNIPEX, siendo adoptado con características nacionales particulares por Canadá (API), y por México (IMECA).

Fundamentalmente, el IMECA tiene la función de mantener informada a la población sobre la calidad del aire en la ZMCM, así como observar el comportamiento de los distintos contaminantes y comparar la calidad del aire entre zonas que utilicen índices similares.

El IMECA consta de dos algoritmos de cálculo fundamentales; el primero, para la obtención de los subíndices correspondientes a diferentes indicadores de la calidad del aire, y el segundo, para la combinación de éstos en un índice global.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

El primero involucra la utilización de funciones segmentadas basadas en dos puntos de quiebre principales, los cuales se obtuvieron a partir de los criterios mexicanos de la calidad del aire y de niveles para los cuales existen evidencias de que ocurren daños significativos a la salud. Al primero se le asignó arbitrariamente el valor de 100, y al segundo el de 500; entre estos dos puntos se definieron tres más, los cuales tienen por objeto clasificar el intervalo en diferentes términos descriptivos de la calidad del aire.

Los valores que se encuentran por debajo del 100 indican que la calidad del aire es buena; el valor de 100 corresponde a la concentración de la norma de cada contaminante; y el valor de 500 representa el valor límite superior del cual existen pruebas que permiten predecir que si alcanzan las concentraciones correspondientes, la población expuesta sufre daños en su salud.

Entre 100 y el 500 están los valores intermedios para los cuales se conocen con mayor o menor precisión, según el contaminante, los efectos que las concentraciones correspondientes tienen en la salud de la población expuesta; el Cuadro 3.10 se muestran las equivalencias del IMECA a las concentraciones de los contaminantes.

Cuadro 3.10 EQUIVALENCIA DEL IMECA A LA CONCENTRACIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

CONTAMINANTE	IMECA 0	IMECA 100	IMECA 500
Monóxido de Carbono (ppm)	0	13	50
Bióxido de Nitrógeno (ppm)	0	0.21	2
Bióxido de Azufre (ppm)	0	0.13	1
Partículas Suspensas Totales (ug/m ³)	0	275	1000
Ozono (ppm)	0	0.11	0.6

Así los valores del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, junto con sus criterios, se presentan en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11 Valores del IMECA

IMECA	CALIDAD DEL AIRE	EFECTOS
0-100	Satisfactoria	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas
101-200	No satisfactoria	Molestias menores en personas sensibles
201-300	Mala	Aumento de molestias e intolerancia relativa al ejercicio en personas con padecimientos respiratorios
301-500	Muy mala	Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población sana.

Estos niveles de contaminación están asociados a las fases I II y III del Plan de Contingencias Ambientales, para los cuales existen medidas específicas para cada caso.

El valor del IMECA que se reporta diariamente en los periódicos de la ZMCM corresponde al valor más alto del subíndice de cualquier contaminante encontrado en un día cualquiera de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

El IMECA se calcula para cada uno de los contaminantes característicos, a estos valores particulares por contaminantes se les denomina subíndices; en el Cuadro 3.12 se presenta el número de días en la ZMCM con lecturas IMECA superiores a los 100, 200, y 300 puntos, en él se puede apreciar que casi todos los días del año estamos por arriba de los valores satisfactorios del IMECA. El año más crítico en cuanto a calidad del aire que hemos tenido en la ZMCM fue 1992 llegando a sobrepasar 11 días los 300 puntos IMECA.

Cuadro 3.12 Número de días con lecturas IMECA superiores

AÑO	a los 100, 200 y 300 puntos			
	MAYOR QUE 100	MAYOR QUE 200	MAYOR QUE 250	MAYOR QUE 300
1988	329	67	11	1
1989	329	15	3	0
1990	328	84	27	3
1991	353	173	56	8
1992	333	123	37	11
1993	324	80	14	1
1994	344	93	4	0
1995	324	88	6	0

En conjunto, los promedios de los puntos IMECA diarios durante un año siguen un comportamiento cíclico alcanzando los puntos más altos en 1991-1992 y con los registros más bajos entre 1988-1989, 1993-1995, como se puede observar en el Cuadro 3.13; en los años de registro como promedio del IMECA anual, puede observarse que la calidad del aire en la ZMCM ha sido no satisfactoria.

Cuadro 3.13 Promedio del IMECA anual

AÑO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
1988	160.5	46.97
1989	141.22	35.27
1990	170.97	50.27
1991	191.77	53.48
1992	180.55	59.32
1993	164.3	49.88
1994	173.06	40.62
1995	170.04	46.72
1996	194.29	47.39

3.4.1 PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DEL IMECA

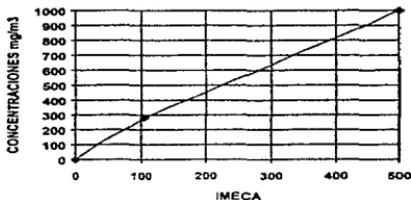
1.-Obtener los datos de concentración de cada uno de los cinco contaminantes característicos (PST, SO₂, O₃, NO₂, CO₂) para cada una de las estaciones de la Red de Monitoreo.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

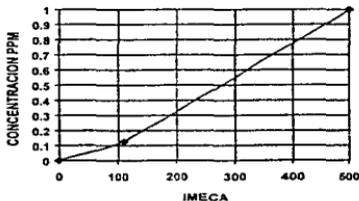
2.-Calcular el valor de los subíndices IMECA para cada uno de los seis contaminantes en cada estación. Esto se puede lograr usando usando una fórmula matemática genérica o un conjunto de curvas.

En las gráficas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, se presentan las curvas características, las cuales nos proporcionan el valor del subíndice por interpolación gráfica, siendo éste el método más sencillo y recomendable si no se cuenta con el auxilio de una computadora.

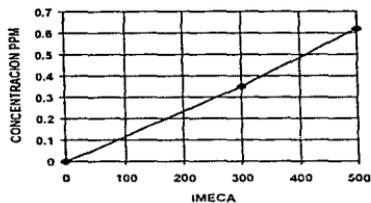
Gráfica 3.1 Partículas Suspensas Totales



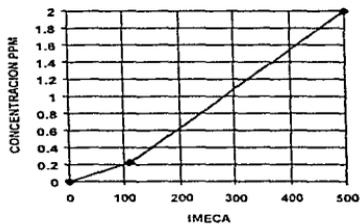
Gráfica 3.2 Bióxido de Azufre



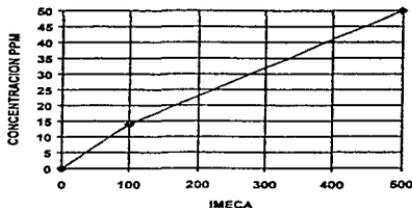
Gráfica 3.3: Ozono



Gráfica 3.4: Oxido de Nitrógeno



Gráfica 3.5 Monóxido de carbono



Si se desea tener el valor numérico exacto del subíndice se debe aplicar la Fórmula 3.1:

$$I = (1/mk) * (c - ak) + bk \dots \dots \dots (3.1)$$

k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (puntos de quiebre)

mk = Pendiente del segmento de recta correspondiente

c = Concentración del elemento contaminante

ak, bk = Coordenadas de los puntos de quiebre

Para aplicar esta fórmula, debemos conocer con anterioridad la concentración del contaminante en la atmósfera, en el caso de las PST y el SO₂ se tomará un promedio aritmético de su periodo de muestreo y en el caso del O₃, el CO y el NO₂ se tomará el valor máximo de su periodo de muestreo.

Los pasos son los siguientes:

- a) Con la concentración del contaminante, nos vamos a su Cuadro correspondiente (3.14,3.15,3.16,3.17,3.18) y tomamos el valor más parecido de la columna "ak"
- b) Con el valor obtenido de "ak" en la tabla, se obtienen "bk" y "1/mk" que se encuentran en el mismo renglón.

c) Con los valores obtenidos se sustituyen en la Fórmula 1 y se obtiene el IMECA
 En los siguientes Cuadros se muestran los coeficientes para el cálculo del IMECA

Cuadro 3.14 Pst g/m³ (24 hrs)

k	bk	ak	l/mk
1	0	0	0.3636
2	50	137	0.3636
3	100	275	0.5517
4	200	452	0.5517
5	300	637	0.5517
6	400	819	0.5517
7	500	1000	0.5517

Cuadro 3.15 SO₂ ppm (24 hrs)

k	bk	ak	l/mk
1	0	0	769.2308
2	50	0.065	769.2308
3	100	0.13	459.7701
4	200	0.35	459.7701
5	300	0.56	459.7701
6	400	0.78	459.7701
7	500	1	459.7701

Cuadro 3.16 CO ppm (8 hrs)

k	bk	ak	l/mk
1	0	0	7.6923
2	50	0.065	7.6923
3	100	23	10.8108
4	200	22	10.8108
5	300	31	10.8108
6	400	41	10.8108
7	500	50	10.8108

Cuadro 3.17 NO₂ ppm (1 hora)

k	bk	ak	l/mk
1	o	0	476.1905
2	50	0.105	476.1905
3	100	0.21	223.4637
4	200	0.66	223.4637
5	300	1.1	223.4637
6	400	1.55	223.4637
7	500	2	223.4637

Cuadro 3.18 O₃ ppm (1 hora)

k	bk	ak	l/mk
1	o	0	909.0909
2	50	0.055	909.0909
3	100	0.11	816.3265
4	200	0.23	816.3265
5	300	0.35	816.3265
6	400	0.48	816.3265
7	500	0.6	816.3265

3.-Comparar los valores encontrados en una sola estación y tomar el mayor para reportarlo como el valor de ésta. Compararlo con el resto de los valores de las estaciones del área monitoreada o secciones de ésta y tomar el mayor como el valor del IMECA.

4.-Mostrar los resultados diarios obtenidos en un mapa del área monitoreada como se mostró anteriormente en la Figura 3.1

5.-Agrupar los datos diarios por mes y mostrarlos en dos gráficas, una correspondiente al valor del IMECA y otra al contaminante más importante.

6.-Analizar la información obtenida, sobreponiendo los datos en un mapa topográfico o fisiográfico, con usos de suelo, e identificar los siguientes aspectos apoyándose en la información climática y meteorológica:

➤ Usos del suelo más afectados por la contaminación del aire, distinguiendo la población y las actividades productivas dañadas.

TEMA 3: PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

- Fenómenos de transporte de contaminantes y depositación en forma de partículas o de lluvia ácida.
- Producción de contaminantes secundarios (ozono) y transporte de éstos.
- Meses o temporadas de mayor incidencia, de mayor contaminación ambiental y posibles causas.
- Áreas naturales afectadas por la contaminación del aire.

CAPITULO 4

LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELATIVA AL CONTROL
DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

4.1.- ANTECEDENTES

México participó en 1971 en la primera reunión sobre el medio ambiente en Estocolmo Suecia, donde a nivel mundial los países lucieron compromisos para el control de la contaminación ambiental.

En mayo de 1971 apareció publicado en el Diario Oficial de la Federación la Ley Federal para Prevenir, Controlar y Abatir la Contaminación Ambiental; y en septiembre de 1971 apareció publicado en el Diario Oficial de la Federación, el Reglamento de Humos y Polvos, que son los antecedentes para ordenar y organizar las medidas del control de la contaminación atmosférica.

En 1982 se modificó y cambió de nombre a la ley, la cual se intituló Ley General para la Prevención y Protección al Ambiente.

4.2.- LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

El 28 de enero de 1988 apareció publicada en el Diario Oficial de la Federación la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y que por el Decreto publicado el 13 de diciembre de 1996 se deroga modifica y adiciona diversos artículos de esta ley, que establece lo siguiente en relación con la calidad del aire.

Artículo 110.- Para la protección a la atmósfera se consideraran los siguientes criterios:

I.- La calidad del aire debe de ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y

II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Este importante artículo especifica un derecho no renunciable para todos los mexicanos, en la ZMCM este artículo no se cumple para CO, SO₂, PST, PM10, O₃ y NO₂.

También las emisiones deben ser controladas si se pretende cumplir con este artículo.

Artículo 111.- Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría tendrá las siguientes facultades:

I.- Expedir Normas Oficiales Mexicanas

II.- Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera.

III.- Expedir las Normas Oficiales Mexicanas para los niveles de emisión..

IV.- Formular y aplicar programas para la reducción de emisión de contaminantes a la atmósfera.

V.- Promover y apoyar técnicamente a los gobiernos locales en la formulación y aplicación de programas de gestión de calidad del aire.

VI.- Requerir a los responsables de la operación de las fuentes fijas de jurisdicción federal, el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes.

VII.- Expedir las Normas Oficiales Mexicanas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

VIII.- Expedir las Normas Oficiales Mexicanas para la certificación por la autoridad competente, de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas.

IX.- Expedir las Normas Oficiales Mexicanas junto con la SECOFI que establezcan los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera de fuentes móviles.

X.- Definir niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera.

XI.- Promover sistemas de derechos transferibles de emisión de contaminantes a la atmósfera.

XII.- Aprobar los programas de gestión de calidad del aire elaborados por los gobiernos locales.

XIII.- Promover el uso de nuevas tecnologías a los responsables de las fuentes.

XIV.-Expedir Normas Oficiales Mexicanas que establezcan las provisiones a que deberá sujetarse la operación de fuentes fijas en casos de contingencias ambientales.

Al principio (1988) las normas se denominaron Normas Técnicas Ecológicas, las cuales adoptaron la denominación de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de acuerdo al Decreto que se publicó en el Diario oficial de la Federación el día 23 de junio de 1993, posteriormente se reformó la nomenclatura de todas las normas, pasando a ser NOM-Ecol/94 de conformidad con lo establecido en el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 29 de noviembre de 1994.

La SEMARNAP ha emitido normas para fuente fijas, para fuentes móviles y para monitoreo de la calidad del aire.

Artículo 112.- En este artículo se establecen funciones para los gobiernos de los estados y municipios destacándose las siguientes funciones:

I.-Controlar la contaminación del aire en los bienes y zonas de jurisdicción local.

II.- Definir bancos industriales

III.- Requerirán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes.

IV.- Integrar y mantener actualizado el inventario de fuentes fijas.

V.-Establecerán sistemas de verificación de fuentes móviles.

VI.-Establecerán y operarán sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

VII.-Establecerán requisitos y procedimientos para regular las emisiones del transporte público.

VIII.- Tomar medidas para evitar contingencias ambientales .

IX.- Informar el estado del medio ambiente.

X.- Imponer sanciones cuando procedan.

XI.-Formularán y aplicarán programas de gestión de la calidad del aire.

XII.-Ejercerán las demás facultades que les confieren las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

En las funciones para los gobiernos estatales y municipales destacan la obligatoriedad de integrar un inventario de emisiones, el evitar contingencias ambientales; solo algunos estados cumplen a medias la funciones señaladas y la mayoría simplemente nos las cumplen; como ejemplos de lo anterior se puede señalar que los estados no cuentan con el inventario de emisiones de la industria minero metalúrgica estatal (fuente INE) y no se cumple con las contingencias ambientales en la Ciudad de Querétaro donde el ozono alcanza concentraciones mas altas que los 250 puntos de IMECA, sin que ni si siquiera se tomen las mínimas acciones como sería el de informar a la ciudadanía.

Artículo 113.- Especifica que no podrán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen daños al ambiente.

En México esto es tan natural que pase, que hasta surgió la palabra Ecocidio para la emisión de contaminantes que ocasionan daños al ambiente.

Algunos ejemplos de Ecocidios son:

- * Explosión de San Juanico en 1984
- * Fugas de amoníaco, cloro, gasolinas etc.

Artículo 114 y 115 .- Se desprende que en la ZMCM no deberán permitirse la instalación de nuevas fuentes fijas por tener consideraciones topográficas que evitan la dispersión de los contaminantes en el aire.

Artículo 116.- Las autoridades competentes darán estímulos fiscales a quienes instalen, fabriquen equipos o realicen investigaciones con el fin de reducir la contaminación atmosférica.

Por último durante más de seis años a ninguna empresa se le ha otorgado estímulos fiscales por instalación o fabricación de equipo o por realizar investigaciones con el fin de reducir la contaminación. (fuente INE)

**4.3.- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE EQUILIBRIO
ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE
PREVENCIÓN Y CONTROL LA CONTAMINACIÓN DE LA
ATMÓSFERA**

El 25 de noviembre de 1988 fue publicado este reglamento en el Diario Oficial de la Federación que establece entre otros aspectos los siguientes:

Artículo 10.- Las personas físicas o morales, públicas y privadas que emitan a la atmósfera olores, gases o partículas deben cumplir el reglamento

Artículo 17.- Establece que las fuentes fijas están obligadas a:

I.- Controlar las emisiones a la atmósfera.

II.- Integrar un inventario de emisiones.

III.- Instalar plataformas y puertos de muestreo.

IV.- Medir sus emisiones.

V.- Hacer monitoreo perimetral

VI.- Llenar bitácora de la operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de los de control

VII y VII.- Avisar de paros y fallas del equipo de control.

Artículo 21.- Las fuentes fijas deben presentar en febrero de cada año una cédula de operación (inventario de emisiones).

Por error de las autoridades han denominado a un mismo documento de las siguientes formas:

- Cédula de operación
- Inventario de emisiones
- Encuesta industrial
- Verificación industrial

La Cédula de Operación es la que se presenta después de haber tramitado la licencia de funcionamiento y si no se ha tramitado dicha licencia se le denomina al mismo documento Inventario de Emisiones. (*)

4.4.- NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Para el control de la contaminación atmosférica se han emitido varias Normas Oficiales Mexicanas en el Cuadro 4.1 se mencionan los diferentes tipos de normas.

Cuadro 4.1 DIFERENTES TIPOS DE NORMAS OFICIALES QUE SE HAN EMITIDO PARA EL CONTROL DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

TIPOS DE NORMA	COMENTARIO
NORMAS DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA FUENTES FIJAS.	Cuadro 4.2
NORMAS PARA EL CONTROL DE FUENTES MÓVILES	
NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	Cuadro 4.5
NORMAS PARA PROCEDIMIENTOS DE MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	Cuadro 4.6
NORMAS DE PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN EN CHIMENEAS	ESTAS NO SON NORMAS OFICIALES MEXICANAS SE DENOMINAN NORMAS MEXICANAS Cuadro 4.4

Hasta septiembre de 1996 aún no se tienen todas las normas para el correcto control de las emisiones al aire, por ejemplo:

En normas de límites máximos de emisión de fuentes fijas aún no hay normas de emisión para asbesto que son consideradas partículas cancerígenas.

Para la calidad del aire aún no hay normas para compuestos orgánicos volátiles, nitrato de peroxiacetilo (PAN), formaldehído, metales pesados, como el berilio, mercurio y cadmio.

* Datos proporcionados por el Ing. Mariano Montes y por el Lic. Pablo Cabrera, del Dpto. de Inventarios de Emisiones del INE, que son los que dan los documentos y ellos también son los encargados de recibirlos.

Para los procedimientos de los monitoreos del aire, tampoco hay para los compuestos orgánicos volátiles, materia fecal, berilio, mercurio, cadmio, etc. De las Normas de procedimientos de medición en chimenea no hay normas para medir metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno etc.

El Cuadro 4.2 presentan las Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la actual Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, que limitan las emisiones al aire de gases y partículas.

Cuadro 4.2 Normas Oficiales Mexicanas relativas a emisiones al aire de gases y partículas.

NORMA		FECHA
NOM-039-ECOL-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de dióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas de ácido sulfúrico.	22-10-1993
NOM-040-ECOL-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas, así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, provenientes de las fuentes fijas dedicadas a la producción de cemento.	22-10-1993
NOM-043-ECOL-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.	22-10-1993
NOM-046-ECOL-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de dióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácidos duodecibencensulfónico en fuentes fijas.	22-10-1993
NOM-051-ECOL-1993	Establece los niveles máximos permisibles en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consume por las fuentes fijas en la ZMCM.	22-10-1993
NOM-085-ECOL-1994	Contaminación Atmosférica - Fuentes Fijas- Para fuentes fijas que usan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de dióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.	02-12-1994
NOM-092-ECOL-1995	Regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México.	06-09-1995
NOM-097-ECOL-1995	Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio.	29-11-1994

El cuadro 4.3 presenta los Normas Oficiales Mexicanas Emitidas por la Secretaría de Salud.

Cuadro 4.3 Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Secretaría de Salud

NORMA		FECHA
NOM-020-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono. Valor normado por la concentración de ozono en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-021-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono. Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-022-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre. Valor permisible para la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-023-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno. Valor permisible para la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-024-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas suspendidas totales. Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-025-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas menores de 10 micras. Valor permisible para la concentración de partículas menores a 10 micras en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994
NOM-026-SSA2-1993	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo. Valor permisible para la concentración de plomo en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.	23-12-1994

TEMA 4 : LEGISLACIÓN AMBIENTAL RELATIVA AL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

En el cuadro 4.4 se presentan las Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, para la medición de contaminantes en un ducto de chimenea.

Cuadro 4.4 Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Secretaría de Comercio y

Fomento Industrial.	
NOM-AA-10-1980	Determinación de las emisiones de partículas sólidas contenidas en los gases que pasan por un ducto o chimenea.
NOM-AA-35-1980	Determinación del bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión.
NOM-AA-54-1980	Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un ducto. (método gravimétrico)
NOM-AA-56-1980	Contaminación Atmosférica- fuentes fijas- Determinación del bióxido de azufre, trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en los gases que fluyen por un conducto.

CAPITULO 5

INVENTARIO DE EMISIONES INDUSTRIALES A LA ATMÓSFERA EN LA ZMCM.

5.1.-TIPOS DE INDUSTRIA ESTABLECIDA EN MÉXICO

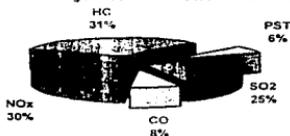
En 1989 se hizo un esfuerzo por elaborar un inventario de emisiones para la ZMCM según en el cual las fuentes industriales y de servicios participaban con sus emisiones en un 8.4% del total y los vehículos con un 77% (24% en NO_x para fuentes industriales y de servicios y 53% para vehículos) En 1995 se elaboro otro inventario de emisiones con informacion disponible hasta el año de 1994, que desafortunadamente no puede ser comparado en terminos absolutos con el inventario anterior por no aplicar los mismos supuestos y metodologias de cálculo.

El inventario actual de establecimientos industriales en la ZMCM incluye 4623 empresas que se clasifican de la siguiente forma.

- Generación de energía eléctrica
- Refinación de petróleo y petroquímica
- Industria química
- Minerales metálicos
- Minerales no metálicos
- Productos vegetales y animales
- Madera y sus derivados
- Productos de consumo alimenticio
- Industria del vestido
- Productos de consumo
- Productos de impresión
- Productos metálicos
- Productos de consumo de vida media
- Productos de consumo de vida larga
- Artes gráficas
- Otros

En el año 1994 el sector industrial emitió 105.724.00 ton al año principalmente 31% HC, 30% NO_x, 25% SO₂, 8% CO y 6% PST como puede observarse en la Figura 5.1:

Figura 5.1 Porcentajes de Emisiones Industriales 1994



En los siguientes apartados hablaremos de los inventarios industriales, como ya se dijo anteriormente los inventarios se realizan para el cumplimiento del artículo 21 del reglamento de LEGEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, el cual especifica: "Una vez otorgada la licencia de funcionamiento, el responsable de la fuente fija deberá remitir a la SEMARNAP, en el mes de febrero de cada año y en el formato que esta determine, una cédula de operación y documentación prevista en el Artículo 19 del reglamento". En la información proporcionada se incluyen datos como el número de fuentes emisoras, el consumo de combustibles y el reporte de las emisiones entre otras.

El inventario de emisiones del año 1994 es un resumen de los años 1991, 1992, 1993 y 1994, por eso es que este fue el que se publicó, en los años anteriores la información que se recabo fue muy poca.

5.2.-INVENTARIO DE EMISIONES EN EL AÑO 1991

En la ZMCM en el año de 1991 se encuestaron 286 industrias que emitieron 12,106.69 ton de contaminantes de acuerdo con la distribución por contaminante que se muestra en el Cuadro 5.1:

Cuadro 5.1 Emisiones Industriales por contaminante atmosférico en el año 1991

CONTAMINANTE	TON/AÑO
PST	722.05
SO ₂	6069.85
CO	1040.07
NO _x	3179.55
HC	1095.16
TOTAL	12106.69

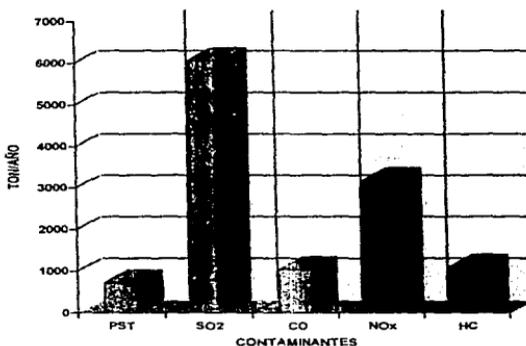
Figura 5.2 Porcentajes de Emisiones Industriales en el año 1991.



En las Figuras 5.2 y 5.2a podemos observar que el principal contaminante emitido por fuentes fijas en el año 1991 fue el bióxido de azufre (SO₂), aportando el 50% de las

emisiones industriales en la ZMCM; las emisiones de bióxido de azufre casi en su totalidad son emitidas por la industria química aportando el 81% del total.

Figura 5.2a: Emisiones Industriales en el año 1991



En el Cuadro 5.2 se pueden observar las emisiones contaminantes industriales por tipo de industria, de la cual podemos sacar importantes datos; el tipo de industria más contaminante en el año de 1991 fue la industria química aportando el 68% y la menor fue la industria de generación de energía eléctrica con menos del 0.01%.

Cuadro 5.2 Inventario de las Emisiones Industriales 1991 (TON/AÑO)

INDUSTRIA	PST	SO ₂	CO	NO _X	HC	TOTAL
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	0.2	0.3	0.2	3	0.4	4.1
REFINACION DE PETROLEO	0.6	6	0.8	2.65	0.2	10.25
INDUSTRIA QUIMICA	155	4896	657	2431	100	8239
MINERALES METALICOS	5	9	32	8	2	56
MINERALES NO METALICOS	17	5	2	8	30	62
PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES	5	1.65	0.04	0.4	0.17	7.26
MADERA Y DERIVADOS	4.65	29	4	45	25	98.65
PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO	12	33	75	61	6	187
INDUSTRIA DEL VESTIDO	10	36	121	43	76	286
PRODUCTOS DE CONSUMO	0.32	2.22	0.23	1	3.39	7.16
PRODUCTOS DE IMPRESION	0.21	0.23	0.8	0.2	157	158.44
PRODUCTOS METALICOS	24	35	132	567	123	881
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA	485	1021	15	4	2	1527
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA	2.43	4	3	2.9	721	733.33
OTROS	0.64	2.1	1	2.4	6	12.14
TOTAL	722.05	6069.85	1040.07	3179.55	1095.16	12106.69

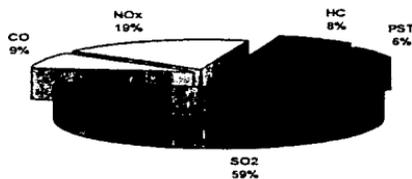
5.3.-INVENTARIO DE EMISIONES EN EL AÑO 1992

En la ZMCM en el año de 1992 se encuestaron 969 industrias que emitieron 34050.8 ton de contaminantes con la distribución que se muestra en el Cuadro 5.3:

Cuadro 5.3 Emisiones Industriales en el año 1992

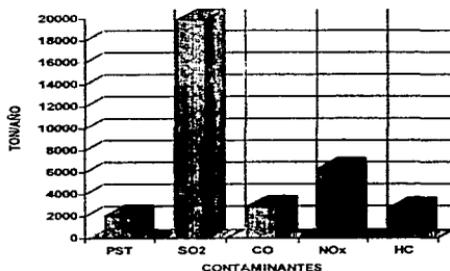
CONTAMINANTE	TON/AÑO
PST	2085.92
SO ₂	19955.67
CO	2901.96
NO _x	6352.93
HC	2754.32
TOTAL	34050.8

Figura 5.3 Porcentajes de Emisiones Industriales en el año 1992



En las Figuras 5.3 y 5.3a se puede apreciar que el principal contaminante emitido por fuentes fijas en el año 1992 es el bióxido de azufre (SO₂), aportando el 58% de las emisiones industriales en la ZMCM, 8% más que en el año 1991; por lo tanto hubo una mejoría, puesto que en el año de 1992 eran más del doble las empresas encuestadas.

Figura 5.3a Emisiones Industriales en el 1992



En el Cuadro 5.4 se puede observar las emisiones contaminantes industriales por tipo de industria en el año 1992; el tipo de industria más contaminante en este año fue la industria química aportando el 67%, menos que en el año 1991.

Cuadro 5.4 Inventario de las Emisiones Industriales 1992 (TON/AÑO)

INDUSTRIA	PST	SO ₂	CO	NOX	HC	TOTAL
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	0.7	0.65	0.4	5.55	0.7	8
REFINACION DE PETROLEO	1.5	11.87	0.21	5.23	0.7	19.16
INDUSTRIA QUIMICA	4.97	15678.9	1752	4689.76	277	22894.7
MINERALES METALICOS	11.54	30	98.67	29.87	4.97	175.05
MINERALES NO METALICOS	30.36	22	5.01	26.9	69.64	154.41
PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES	17.39	4.56	0.6	1.02	0.6	19.77
MADERA Y DERIVADOS	12.84	86	19.76	95.9	76.99	291.49
PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO	32.96	127.86	315	156.32	13.75	645.89
INDUSTRIA DEL VESTIDO	25.80	144	267.98	130.53	145	713.37
PRODUCTOS DE CONSUMO	1.97	7.54	0.96	3.64	9.42	23.23
PRODUCTOS DE IMPRESION	0.99	0.97	1.5	0.99	1.57	161.45
PRODUCTOS METALICOS	64.74	143	405.98	1189	288	2090.72
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA	1386.34	3678	25.54	7.31	3.7	5100.89
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA	4.97	11.98	6.13	5.98	1692	1721.06
OTROS	1.31	8.32	2.22	4.93	14.85	86.95
TOTAL	2085.92	19955.7	2901.96	6352.93	2754.32	34050.8

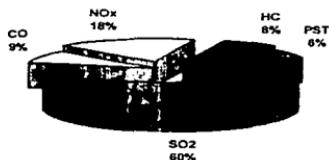
5.4.-INVENTARIO DE EMISIONES EN EL AÑO 1993

En la ZMCM en el año de 1993 se encuestaron 1719 industrias que emitieron 65880.48 ton de contaminantes con la distribución que se muestra en el Cuadro 5.5:

Cuadro 5.5 Emisiones Industriales en el año 1993

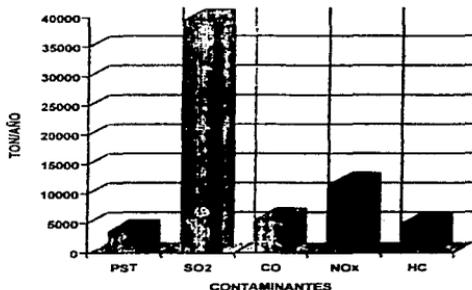
CONTAMINANTE	TON/AÑO
PST	3962.4
SO ₂	39638.16
CO	5658.24
NOx	11646.12
HC	4975.56
TOTAL	65880.48

Figura 5.4 Porcentajes de Emisiones Industriales en el año 1993.



En las Figura 5.4 y 5.4a se puede apreciar que el principal contaminante emitido por fuentes fijas en el año 1993 fue el bióxido de azufre (SO₂) como en los años anteriores, aportando el 59% de las emisiones industriales en la ZMCM, hasta este año las emisiones de partículas suspendidas (PST) así como el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC) se mantuvieron constantes, los óxidos de nitrógeno decrecieron considerablemente del 26% en el año 1991 a 18% en el año 1993.

Figura 5.4a: Emisiones Industriales en el 1993



En el Cuadro 5.6 se puede observar el inventario de emisiones contaminantes industriales por tipo de industria en el año 1993; comparando con los otros años la industria de generación de energía eléctrica aumentó a un 275%; cabe recordar que los inventarios industriales cada año fueron distintos, es decir con esto que cada año entregaron sus inventarios distintas industrias; las empresas encuestadas han ido en aumento.

Cuadro 5.6 Inventario de las Emisiones Industriales 1993 (TON/AÑO)

INDUSTRIA	PST	SO2	CO	NOX	HC	TOTAL
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	0.12	0.12	0.72	9.96	0.12	11.04
REFINACION DE PETROLEO	2.88	22.8	0.36	9.6	0.12	35.76
INDUSTRIA QUIMICA	961.92	30696.1	3510.12	8728.44	517.92	44414.52
MINERALES METALICOS	21.6	58.08	182.16	53.52	8.64	324
MINERALES NO METALICOS	59.28	40.44	8.88	35.28	120	263.88
PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES	25.8	8.52	1.08	1.92	0.96	38.28
MADERA Y DERIVADOS	24.36	151.44	37.8	181.56	145.92	541.08
PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO	62.4	231.96	600.12	268.92	21.6	1185
INDUSTRIA DEL VESTIDO	48.84	263.04	502.32	226.32	167.76	1208.28
PRODUCTOS DE CONSUMO	3.24	12.36	1.8	5.88	17.16	40.44
PRODUCTOS DE IMPRESION	1.68	1.68	2.52	1.8	281.76	289.44
PRODUCTOS METALICOS	123.84	264.48	749.88	2093.28	530.04	3761.52
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA	2616	7848	45.24	12.84	5.4	10527.48
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA	8.16	22.08	11.16	9.84	3133.2	3184.44
OTROS	2.28	17.04	4.08	6.96	24.96	55.32
TOTAL	3962.4	39638.2	5658.24	11646.1	4975.56	165880.48

5.5-INVENTARIO DE EMISIONES EN EL AÑO 1994

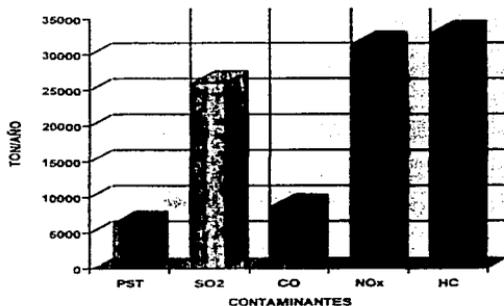
Este inventario es una recopilación de los años anteriores, en la ZMCM hasta el año de 1994 se encuestaron 4623 industrias que emitieron 105,721.00 toneladas de contaminantes con la distribución que se muestra en el Cuadro 5.7:

Cuadro 5.7 Emisiones Industriales en el año 1994

CONTAMINANTE	TON/AÑO
PST	6358
SO ₂	26051
CO	8693
NOx	31520
HC	33099
TOTAL	105721

Como se puede apreciar en la Figura 5.1 y la Figura 5.5, los principales contaminantes fueron los hidrocarburos (HC) con un 31%, seguido por los óxidos de nitrógeno (NOx) con un 30%, quedando en 25% los óxidos de azufre (SO₂), 42% menos que en el año 1993; tanto las partículas suspendidas (PST) como el monóxido de carbono (CO) se mantuvieron constantes los cuatro años.

Figura 5.5: Emisiones Industriales en el 1994



Los hidrocarburos (HC), como los óxidos de nitrógeno (NOx) tuvieron un fuerte cambio con respecto a los años anteriores; los hidrocarburos aumentaron casi un 400% y los óxidos de nitrógeno un 67%; este fuerte cambio se debe al número de empresas encuestadas así como también a su tipo. por lo tanto podemos concluir que el principal contaminante de fuentes fijas son los hidrocarburos (HC).

El inventario actual de establecimientos industriales en la ZMCM incluye 4623 empresas. La ordenación de estas empresas de acuerdo a la magnitud de las emisiones de contaminantes atmosféricos se presenta en el Cuadro 5.8.

En el Cuadro 4.8 podemos deducir resultados muy interesantes, resulta que la industria de la generación de energía eléctrica que los años anteriores se mantuvo como de las industrias menos contaminadoras, en el 94 aparece como de las más importantes emisoras de contaminantes, lo que podría explicarse porque en los años anteriores no se encuestaron este tipo de industrias.

La industria más contaminadora fue las de minerales no metálicos aportando el 21% del total de las emisiones de fuentes fijas en las ZMCM, seguida por la industria de la generación de energía eléctrica con un 18% y la industria química con un 16%.

TEMA 5: INVENTARIO DE LAS EMISIONES INDUSTRIALES A LA ATMÓSFERA EN LA ZMCM

Cuadro 5.8 Inventario de las Emisiones Industriales 1994 (TON/AÑO)

INDUSTRIA	PST	SO2	CO	NOX	HC	TOTAL
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	162.72	19.32	1291.08	17854.9	97.32	19425.36
REFINACION DE PETRÓLEO	6.84	84.96	4.68	28.44	157.56	282.48
INDUSTRIA QUIMICA	973.68	3442.92	2600.64	2476.68	7198.37	16692.29
MINERALES METÁLICOS	549.84	621.84	1458.36	553.44	461.04	3644.52
MINERALES NO METÁLICOS	1675.32	11710.56	323.28	4933.56	3167.64	21810.36
PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES	111.36	841.8	40.08	260.16	238.68	1492.08
MADERA Y DERIVADOS	384.36	3912.24	463.32	1821.96	1442.4	8024.28
PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO	799.32	2110.56	405.96	1069.44	397.08	4782.36
INDUSTRIA DEL VESTIDO	459.96	2404.8	733.92	1091.16	605.04	5294.88
PRODUCTOS DE CONSUMO	66.6	108.72	74.16	678.36	303.84	1231.68
PRODUCTOS DE IMPRESION	775.92	19.44	15	13.68	5015.04	5839.08
PRODUCTOS METÁLICOS	196.92	559.08	653.4	467.88	1547.64	3424.92
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA	98.88	37.8	100.68	69.96	599.4	906.72
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA	93.36	172.2	523.8	196.2	2958.6	3944.16
ARTES GRAFICAS	0	0	0	0	8787.8	8787.8
OTROS	2.64	5.16	7.68	4.08	121.32	140.88
TOTAL	6758	26051	8696	31520	33099	105724

El sector Industrial aporta solo el 3% de la contaminación total en la ZMCM, 10% al sector Servicios, 75% al sector Transportes y 12% la vegetación y suelos.

En el Cuadro 5.9 podemos observar el inventario en porcentaje en peso por contaminante en el año 1994.

ESTA TERCERA COPIA NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 5.9 INVENTARIO DE EMISIONES 1994 PORCENTAJE EN PESO POR

CONTAMINANTE					
INDUSTRIA	PST	SO2	CO	NOX	HC
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	0.04	0.04	0.05	13.88	0.01
REFINACION DE PETROLEO	0	0.19	0	0.02	0.02
INDUSTRIA QUIMICA	0.22	7.57	0.11	1.93	0.7
MINERALES METALICOS	0.12	1.37	0.06	0.43	0.04
MINERALES NO METALICOS	0.37	25.76	0.01	3.84	0.31
PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES	0.02	1.85	0	0.2	0.02
MADERA Y DERIVADOS	0.09	8.6	0.02	1.42	0.14
PRODUCTOS DE CONSUMO ALIMENTICIO	0.18	4.64	0.02	0.83	0.04
INDUSTRIA DEL VESTIDO	0.1	5.29	0.03	0.85	0.06
PRODUCTOS DE CONSUMO	0.01	0.24	0	0.53	0.03
PRODUCTOS DE IMPRESION	0.17	0.04	0	0.01	0.49
PRODUCTOS METALICOS	0.04	1.23	0.03	0.36	0.15
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA MEDIA	0.02	0.08	0	0.05	0.06
PRODUCTOS DE CONSUMO DE VIDA LARGA	0.02	0.38	0.02	0.15	0.29
ARTES GRAFICAS	0	0	0	0	0.86
OTROS	0	0.01	0	0	0.01

En el Cuadro 5.10 podemos ver el consumo de energéticos por sector en la ZMCM, el sector industrial consume anualmente el 25% del total, menos de la mitad de lo que consume el sector transporte.

Cuadro 5.10 Consumo energético por sectores en las ZMCM
(% respecto al consumo total)

	Transporte	Termoeléctricas	Industria	Otros	Total
Gasolina	41	-	-	-	41
Diesel	12	-	No significativo	-	12
Combustóleo	-	-	No significativo	-	No significativo
Gasóleo	-	-	2	-	2
Gas LP	3	-	7	10	20
Gas natural	-	9	15	1	25
Total	56	9	25	11	100

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.-SITUACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMCM.

El gran desarrollo industrial en las zonas urbanas en los últimos 40 años y la falta de impulso al campo han provocado migraciones masivas a las grandes metrópolis, acarreado como consecuencia la ocupación desordenada del suelo y una gran demanda de servicios, como agua, transporte y energía. Esto ha generado múltiples desequilibrios de carácter económico, energético, urbano, social y ambiental. Por ejemplo, el crecimiento de la mancha urbana demanda el uso desproporcionado del transporte y a su vez dificulta su uso eficiente, ambos factores se combinan para aumentar las emisiones contaminantes a la atmósfera. Todo lo anterior coloca a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México entre las megalópolis de mayor problemática ambiental del mundo, razón por la cual se ha puesto énfasis en el control de los problemas de contaminación que presenta.

A nivel nacional, el desequilibrio en la distribución de actividades productivas de los sectores secundario (industria) y terciario (servicios y comercio) han provocado la generación de fenómenos críticos de contaminación atmosférica, tales como los que se observan en las Zonas Metropolitanas de las Ciudades de México donde se concentra alrededor del 48% de la industria instalada en el país y el 19% de la población nacional; Guadalajara que cuenta con cerca del 5% del total de la industria nacional y alberga el 2.5% de los habitantes del país, y Monterrey, que participa con el 4% de la industria nacional y el 1.5% de la población. (año 1994)

Este desequilibrio es evidente también en otras zonas urbano-industriales tales como Coatzacoalcos y Minatitlán en Veracruz; Tula, Vito, Apaxco en Hidalgo y el estado de México; Irapuato, Celaya, Salamanca en Guanajuato; Tampico, Altamira, Ciudad Madero en Tamaulipas; Lázaro Cárdenas en Michoacán; y los parques industriales localizados en las principales ciudades medias del país y la frontera norte.

Para hacer frente a la problemática de la calidad del aire, actualmente se refuerzan, amplían y aplican acciones globales en sectores relevantes promovidas por las autoridades encargadas de la prevención, control y vigilancia de los agentes productores del deterioro

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ambiental; todo ello dentro de un marco de gestión que toma en consideración acciones sobre emisiones específicas en sectores determinados, con base en prioridades y teniendo como objeto primordial el proteger la salud de la población en dichas metrópolis.

Se ha observado que ciertos contaminantes han alcanzado niveles inaceptables desde cualquier punto de vista pues los efectos que producen sobre la salud son tan preocupantes como los que provocan sobre los ecosistemas. Este es el caso de los oxidantes fotoquímicos, y en particular del ozono, dado que en los últimos años en alrededor del 90% de los días del año se alcanzan niveles que sobrepasan las normas de la calidad del aire. Otro caso también serio es el de las partículas suspendidas menores a 10 micras de diámetro.

Este problema se encuentra muy lejos de estar resuelto y de no confrontarlo desde sus raíces, su evolución en el tiempo puede ir acumulando cada vez mayores complicaciones.

6.2.- PRONÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA ATMOSFÉRICA DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

Es compromiso tecnológico que la ingeniería se aboque a contrarrestar los efectos perjudiciales que causa la problemática atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Es urgente atender el problema de salud pública que afecta a aproximadamente 20 millones de personas y cuya población tiende a aumentar rápidamente.

Las inversiones térmicas unidas a las altas concentraciones de ozono, las más altas en una ciudad en el mundo, pueden ocasionar la muerte de personas en la Ciudad de México.

El efecto tan adverso de las inversiones se deben a que la Ciudad de México esta a 2240 m.s.n.m., hay vientos que normalmente son de una velocidad menor ó igual a 1 m/seg (muy lentos), esta la Ciudad rodeada de montañas. la tendencia natural es de que el 80% de los días en invierno se tiene inversiones térmicas en esta zona.

La diversidad de emisiones al aire en la zona metropolitana incluye contaminantes tales como monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, benceno, formaldehídos, hidrocarburos en general, compuestos de plomo, de cloro diversos, metales pesados (Fe, Zn, Cu, Hg, Cd, Cr, Be), materia fecal y partículas en general.

Adicionalmente se forman contaminantes secundarios tales como el ozono, el peróxido de acetileno (PAN) y formaldehídos en concentraciones que constituyen un riesgo para la salud pública.

Las principales fuentes de emisiones contaminantes son los vehículos automotores, las industrias y la erosión de los suelos.

En algunos contaminantes aun no se tienen criterios de calidad del aire tales como los formaldehídos, los peróxidos de acetileno (PAN), materia fecal y varios metales pesados.

De no controlarse las concentraciones de los oxidantes fotoquímicos (ozono, PAN, formaldehídos, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos) se aumentara drásticamente el número de casos de cáncer en las fosas nasales entre los habitantes de la Ciudad de México.

En la zona Metropolitana de la Ciudad de México se rebasa prácticamente todos los días del año la norma actual del ozono, siendo que la norma establece que solo se puede sobre pasar una vez por año; Por otro lado tampoco se cumple la segunda condición que nos dice que una vez rebasada la norma los siguientes dos años no se puede sobre pasar.

Los contaminantes CO, SO₂, NO₂, PST Y PM₂ no cumplen la condición anual de no rebasar el valor máximo permisible diario más de una vez al año.

6.3.-RECOMENDACIONES TECNICAS PARA MEJORAR CONTROLAR Y ABATIR LA CONTAMINACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

-Descentralización.

El centralismo político ha generado la macroencefalia de esta ciudad, dando como resultado un crecimiento desmedido en una zona lacustre que esta 2240 m.s.n.m. que nunca

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

debió de ser una gran ciudad y menos la Ciudad más grande de México y por supuesto mucho menos nunca debió ser la Ciudad más grande del Mundo de habla hispana.

Es necesario y urgente reubicar las 100 industrias con potencial contaminante más alto en la zona metropolitana de la Ciudad de México para disminuir las emisiones contaminantes de las fuentes industriales.

Desalentar la instalación de nuevas fuentes contaminantes en la Ciudad de México y restringir la ampliación de giros establecidos que impliquen potenciales aumentos de emisiones al aire.

-Fomentar el uso de vehículos eléctricos

La Ciudad de México es la primera Ciudad en el Mundo donde circulan más vehículos eléctricos desde hace más de diez años, sin embargo es necesario aumentar los vehículos de carga y de taxis eléctricos, así como de transporte público (trolebuses, trenes, tren ligero, metro etc.) el fomentar el eficiente transporte urbano se alentara a la población a dejar el uso de los coches particulares.

Aumentar el costo de la gasolina con plomo y el diesel con el fin de fomentar el uso de las gasolinas con menos emisiones tóxicas, esto a su vez también desalentaría el uso del automóvil.

-Control de la planificación urbana

No alentar al establecimiento de nuevos fraccionamientos y evitar la invasión de terrenos federales como medidas de control de la mancha urbana.

-Reforestación intensiva

Aumentar las áreas verdes las cuales actualmente no alcanzan los $2m^2$ por habitante, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda $9m^2$ por habitante.

Al reforestar también disminuirían las tolveneras del lado oriente de la ciudad que aumentan la concentración de partículas frecuentemente más allá de lo especificado en la norma de calidad del aire (NOM-024-SSA/97).

-Elaboración de Normas Oficiales Mexicanas para medición y para calidad del aire.

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Actualmente no existen Normas Oficiales Mexicanas para medir en chimeneas óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales, benceno, dioxinas, metales pesados y ácido fluorhídrico tampoco hay Normas de Calidad del Aire para el benceno, formaldehídos, peróxido de acetileno, dióxinas, furanos, ácido fluorhídrico, cadmio, cobre, mercurio, berilio, níquel, fierro, zinc, cobre, cromo y materia fecal.

-Vigorización de la actualización del inventario de emisiones.

Actualización del inventario de emisiones, abarcando también las fuentes comerciales y de servicios en la ZMCM, así como verificar en campo la autenticidad de los datos reportados, actualmente no se hace la verificación en la industria de muestreos de emisiones.

-Reubicación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

El Aeropuerto de la Ciudad de México con más de 14000 operaciones mensuales de aterrizaje y despegue, constituye un gran potencial contaminante.

-Investigación de los efectos en la salud y en el ambiente causados por la contaminación atmosférica.

Es urgente la identificación y evaluación de los riesgos en la salud causados por los contaminantes atmosféricos, dado que actualmente se desconoce en esta ciudad si alguien ha muerto por la influencia de la contaminación atmosférica, cosa que hace 60 años en Europa, en varios ecocidios se determinó el número de muertos que causó este tipo de problemas, ver cuadro 1.1.

También se desconoce los efectos en la flora, fauna y aun sobre los bienes particulares y de la Nación, causados por la contaminación atmosférica.

Democratizar la sociedad permitiendo la participación de la ciudadanía en la elaboración de los programas ambientales, el seguimiento de las actividades de control y la evaluación de resultados.

CAPITULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mientras que los afectados no tengan ni voz ni voto para expresar su aprobación de las políticas ambientales, será muy difícil tener buenos resultados o de evitar la corrupción de las entidades gubernamentales.

-Concientización social de la problemática ambiental.

Programas de educación ambiental y de difusión permanente de la contaminación del aire como medio para elevar la conciencia ciudadana y mejorar el ambiente mediante una participación masiva de la población.

-La problemática atmosférica en la ZMCM es muy grave como ya hemos mencionado anteriormente, mientras la entidades gubernamentales no ataquen a fondo las causas de la contaminación atmosférica y de no aplicar las Normas Oficiales Mexicanas, como se ha hecho hasta ahora; el problema va ha continuar agravándose.

En los últimos años se han implantado programas, para abatir y controlar la contaminación atmosférica, que no han tenido buenos resultados ya que se han prestado como un medio más de soborno.

Bibliografía

- EDUARDO PERIS MORA, 1992
Atmósfera y su contaminación
Ed. Servicios y publicaciones
 - W. STRAUSS, S. J. MAINWARING, 1993
Contaminación del aire
Ed. Trillas
 - Magazine Tiempo, Marzo 1996
Medio ambiente
Ed. Tiempo
 - Memorias, Primer seminario internacional de la calidad del aire., 1987
Políticas y estrategias de abatimiento y control de la contaminación atmosférica en la ZMCM.
 - FREDERICK S. MERRITT, 1992
Manual del ingeniero civil, TOMO II y III
Ed. McGraw Hill
 - ROSS, 1970
Contaminación industrial
 - Memorias del seminario de ecología y ambientalismo, 1992
Ed. PRD
 - HECTOR L. OCAÑA SERVIN, SILVIA VEGA CLEASON; 1992
Contaminación Atmosférica
Ed. Universidad Autónoma del Estado de México.
 - KENNETH WARK, CECIL F. WARNER; 1990
Contaminación del Aire Origen y Control
Ed. Limusa Noriega Editores
 - Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994
Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología
 - DEREK ELSOM, 1990
La Contaminación Atmosférica
Ed. Catedra
 - MAURICIO CASELLI, 1992
La Contaminación Atmosférica
Ed. Siglo XXI
 - Programa Para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000
D.D.F.
SMARNP
Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de México
 - Boletín Informativo de la Calidad del Aire 1986-1992
SEDESOL
-