

01177

2
2y

CON CARINO Y RESPETO A:

MIS PADRES:

JORGE MONTES RIVERO Y

ANGELICA MONTES DE MONTES

AL JURADO

A TODOS Y CADA UNO DE MIS AMIGOS Y HERMANOS:

EXHORTANDOLES A SUPERARSE CONTINUAMENTE

A MIS COMPANEROS DE ESTUDIOS

A TODO EL PERSONAL ACADEMICO Y ADMINISTRATIVO

UNAM - DEFFI

LETRAS CON
FALLA LE CRGEN



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 está 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.

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE MEXICO

INDICE

INDICE	pagina
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE FIGURAS	
CAPITULO I.- INTRODUCCION	1
CAPITULO II.- ZONA DE ESTUDIO	4
2.1 UBICACION GEOGRAFICA	4
2.2 CLIMATOLOGIA	6
CAPITULO III.- FUENTES EMISORAS DE CONTAMINACION ATMOSFERICA	14
3.1 FUENTES FIJAS O INDUSTRIALES	14
3.1.1 UBICACION DE LA ZONA INDUSTRIAL	14
3.2 FUENTES MOVILES	20
3.2.1 TAMAÑO DEL PARQUE VEHICULAR	21
3.2.2 CIRCUITOS Y EJES VIALES	24
3.3 FUENTES NATURALES	31
CAPITULO IV.- NIVELES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE MEXICO	32
CAPITULO V.- MEDIDAS DE PREVISION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA PARA EL VALLE DE MEXICO	49

5.1	NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE MEXICANAS	49
5.2	NORMAS PERMISIBLES DE EMISION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	53
5.3	MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACION PARA EL VALLE DE MEXICO	66
	CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	70
	REFERENCIAS	72

FIGURAS.	Pagina.
2.1.A. UBICACION GEOGRAFICA DE LA CIUDAD DE MEXICO Y AREA CONURBADA.	5
2.1.B. RELIEVE TOPOGRAFICO DEL VALLE DE MEXICO.	7
2.2.A. TEMPERATURAS REGISTRADAS EN EL PERIODO 1985 - 1989 "ESTACION AEROPUERTO".	9
2.3.A. TEMPERATURAS REGISTRADAS EN EL PERIODO 1985 - 1989 "ESTACION TACUBAYA".	10
2.2.B. TENDENCIAS DE PRECIPITACION ANUAL ESTACIONES "AEROPUERTO Y TACUBAYA" PERIODO 1985 - 1989.	11
2.2.C. ZONAS CLIMATICAS EN EL VALLE DE MEXICO.	12
3.1.1.A. UBICACION DE ZONAS INDUSTRIALES EN EL VALLE DE MEXICO.	16
3.2.1.A. CRECIMIENTO VEHICULAR Y POBLACIONAL EN LA CIUDAD DE MEXICO.	22
3.2.1.B. CRECIMIENTO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE MEXICO.	23
3.2.1.C. PASAJEROS TRANSPORTADOS PROMEDIO AÑO EN AUTOBUSES URBANOS RUTA-100 Y METRO.	27
3.2.2.A. DENSIDAD DEL MOVIMIENTO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE MEXICO.	29
4.B. LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MONITOREO.	33
4.1.1. DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE PST (PERIODO 1976 - 1984).	35
4.1.2. DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE PST (PERIODO 1977 - 1984).	36

4.1.3.	CURVAS DE ISOCONCENTRACION DE PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PROMEDIO GEOMETRICO ANUAL.	38
4.1.4.	CURVAS DE ISOFRECUENCIA (% CON QUE SE EXCEDE A LA NORMA MEXICANA DE PST).	38
4.1.5.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE CO (PERIODO 1986 - 1987).	39
4.1.6.	DISTRIBUCION ACUMULATIVAS DE CONCENTRACIONES DE CO (PERIODO 1986 - 1987).	40
4.1.7.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES SO ₂ (PERIODO 1986 - 1987).	41
4.1.8.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE SO ₂ (PERIODO 1986 - 1987).	42
4.1.9.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE O ₃ (PERIODO 1986 - 1987).	44
4.1.10.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE O ₃ (PERIODO DE 1986 - 1987).	45
4.1.11.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE NO ₂ (PERIODO 1986 - 1987).	46
4.1.12.	DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE NO ₂ (PERIODO 1986 - 1987).	47
5.1.A.	NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE MEXICANAS COMPARADA CON LA DE OTROS PAISES.	52
5.2.1.	NTE - CCAT - 011/88.	62

TABLAS	Pagina.
3.1.A. VOLUMEN DE PRODUCCION DE LA REFINERIA DE AZCAPOTZALCO SEGUN TIPO DE PRODUCTO.	18
3.1.B CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO.	18
3.1.C. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR DIFERENTES PROCESOS INDUSTRIALES CON EQUIPOS CONVENCIONALES.	19
3.2.1.A. VEHICULOS LIVIANOS REGISTRADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL AÑO DE 1987.	25
3.2.1.B. VEHICULOS PESADOS REGISTRADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL AÑO DE 1987.	26
5.2.1. NTE - CCAT - 001/88. (ZONAS CRITICAS).	54
5.2.2. NTE - CCAT - 001/88. (PARA CUALQUIER OTRA PARTE DEL PAIS).	54
5.2.3. NTE - CCAT - 001/88. (PARA PLANTAS DE NUEVA CREACION).	55
5.2.4. NTE - CCAT - 003/88.	56
5.2.5. NTE - CCAT - 005/88.	57
5.2.6. NTE - CCAT - 005/88.	58
5.2.7. NTE - CCAT - 007/88.	59
5.2.8. NTE - CCAT - 009/88.	60
5.2.9. NTE - CCAT - 011/88.	61
5.2.10. NTE - CCAT - 012/88.	63

CAPITULO I

INTODUCCION

El paisaje del Valle de México se ha transformado radicalmente en apenas dos décadas a la fecha, la mancha urbana de la Ciudad de México y su área metropolitana avanza sin que parezca tener límites, lo mismo ocupa laderas, que terrenos agrícolas, o lechos de los lagos que todavía existían en esta zona hace 40 años atrás.

La migración de gente venida de otros estados de la república a llegado a formar zonas conurbadas en una lucha cotidiana por mejores fuentes de ingresos económicos y formas de vida. Las distintas costumbres, preparación y visión de la ciudad han llegado a generar sin plena conciencia problemas de equipamiento urbano, incidiendo en el deterioro del medio ambiente.

Este vertiginoso crecimiento urbano, sin lugar a dudas incremento el desarrollo industrial en la Ciudad de México, que correlativamente incidió en el incremento de los niveles de contaminación del agua, aire y el suelo.

Por contaminación atmosférica se entiende por la presencia de uno o más sustancias presentes en el aire o la combinación entre ellos, que perjudiquen la salud, bienestar o degradación de la flora, fauna y suelo; y que además puedan atentar contra los

recursos naturales y Patrimonios de una nación o de Particulares.

La calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se ha ido deteriorando en las últimas décadas, se ha alcanzado altas concentraciones de contaminantes atmosféricos que han rebasado las normas de calidad del aire; situación debida a su gran densidad demográfica, actividad industrial y movimiento vehicular ubicados en una zona geográfica de bajas corrientes de viento, y una deficiente ventilación truncada por estribaciones de alta montaña y cerros que rodean a la Zona Metropolitana y que hace más difícil la dispersión de contaminantes atmosféricos.

Por otra parte además de encontrarse a una altura sobre el nivel del mar de 2240 m, los procesos de combustión en motores a explosión se efectúan de manera ineficiente, es decir; se queman inadecuadamente originando excesos de emisiones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y partículas suspendidas, y debido a la acción ultravioleta que se presenta a esta altura, forma una cadena de reacciones fotoquímicas, ocasionando el llamado "SMOG-FOTOQUIMICO", en donde participa principalmente los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los hidrocarburos reactivos, llegando a formar contaminantes secundarios, siendo el más conocido el ozono (O₃).

Por este motivo el objeto primordial de este trabajo es presentar, por un lado un análisis simplificado que permita dar una visión muy general de los principales agentes contaminantes en el aire de la Ciudad de México y sugerir alternativas viables de

control de emisiones; Y Por el otro es Presentar un enfoque global de la Problemática de contaminantes en la atmósfera de la Ciudad de México.

CAPITULO II

ZONA DE ESTUDIO

2.1 UBICACION GEOGRAFICA

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se encuentra situada en la región central de la República Mexicana en la porción sur-occidental de la cuenca del Valle de México, dentro del eje neo-volcánico, localizado entre los paralelos $19^{\circ}04'30''$ y $19^{\circ}34'36''$ de Latitud Norte y los meridianos $98^{\circ}12'30''$ y $99^{\circ}21'0''$ de Longitud Oeste, sus límites al norte, oriente y poniente con el Estado de México, al sur con el Estado de Morelos.

La delimitación de la región se presenta en la figura 2.1.A. Su división política esta constituida por 16 delegaciones que son: Alvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlahuac, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco, la zona de estudio abarca una superficie de 1482.73 Km^2 que representa el 0.07 % de la superficie total de la república y una población de 11000000 habitantes según proyección de censo de 1980¹.

1) Fuente. - INEGI, SPF Anuario Estadístico Distrito Federal 1980.

Por otro lado el área urbana, se localiza dentro de la cuenca del Valle de México que es una depresión natural y variaciones hacia los extremos con lomeríos que corresponden a la transición entre las planicies de origen lacustre y las sierras de origen volcánico.

La altitud de la planicie lacustre es de 2235 msnm en promedio, al norte se presenta las elevaciones de los cerros del Chiquihuite (2730 m) y Zacatenco (2550 m) que forman parte de la sierra de Guadalupe, mientras que las mayores alturas corresponden a los cerros de La Cruz de Marquez (3930 m), Ajusco (3880 m), y el volcán de El Pelado (3550 m) entre otros.

Las partes bajas de la Ciudad de México, se localizan, en terrenos correspondientes a la planicie lacustre, ya que en ellos se encuentran generalmente sedimentos de espesores muy altos, sin embargo, el desarrollo urbano continúa sobre las estribaciones orientales de la sierra del Ajusco y las Cruces entre otras. Ver figura 2.1.B.

2.2 CLIMATOLOGIA

La Ciudad de México presenta una temperatura anual que oscila de 9°C en las partes de alta montaña a 18°C en las partes más bajas de su superficie, el mes de más frío es el de enero con temperaturas medias que oscilan entre 7°C y 14°C, y el mes más cálido es el de mayo con variaciones de 11°C y 20°C. En la figura

99° 20'

99° 10'

99° 00'

19° 30'

19° 20'

19° 10'

ESTADO DE MEXICO

ESTADO DE MEXICO

SIRRA GUADALUPE

2 600



TEXCOCO

CHALCO

3 882

AJUSCO

CHICHINAUTZIN

ESTADO DE MORELOS

3 690

2.2.a , se observa las tendencias de temperaturas Para un período de 5 años en dos Principales estaciones climatológicas de la Ciudad de México. La distribución de las Precipitaciones anuales Presenta sus mayores niveles en la sierra sur y sur-oeste en donde se registran un total de precipitación anual de 1500 mm, mientras que hacia el oriente y norte de la ciudad llega a ser de 600 mm. En la figura 2.2.b, se observa las tendencias de Precipitación total anual Para un período de 5 años en dos estaciones climatológicas, estas figuras son simplemente ilustrativas ya que Para condiciones de investigación se deberán de considerar periodos mucho mas largos con el fin de evaluar especialmente el comportamiento y tendencia de su distribución normal.

En relación a su topografía existe una correlación con la distribución de clima por ejemplo en las partes de alta montaña se presenta por lo general un clima semitrio-semihumedo, según la clasificación de KOPEN $C(E)(H_2)(H)$ y $C(E)(H)(H)$, especialmente por las zonas montañosas del Ajusco, en las partes bajas se presenta un clima semiseco-templado con una clasificación $BSkN$ y $C(H_0)(H)$, y en las partes intermedias un clima templado-semihumedo con una clasificación $C(H_1)(H)$ y $C(H_2)(H)$ lo que da origen a la formación de microclimas en las diferentes delegaciones del Distrito Federal. En la figura 2.2.c se observan las zonas de influencia climática en la Ciudad de México, dicha figura se logro en base a datos tentativos del Servicio Meteorológico Nacional e INEGI respectivamente.

FIGURA 2.3.A TEMPERATURAS REGISTRADAS EN EL PERIODO
1985 - 1989 "ESTACION AEROPUERTO"

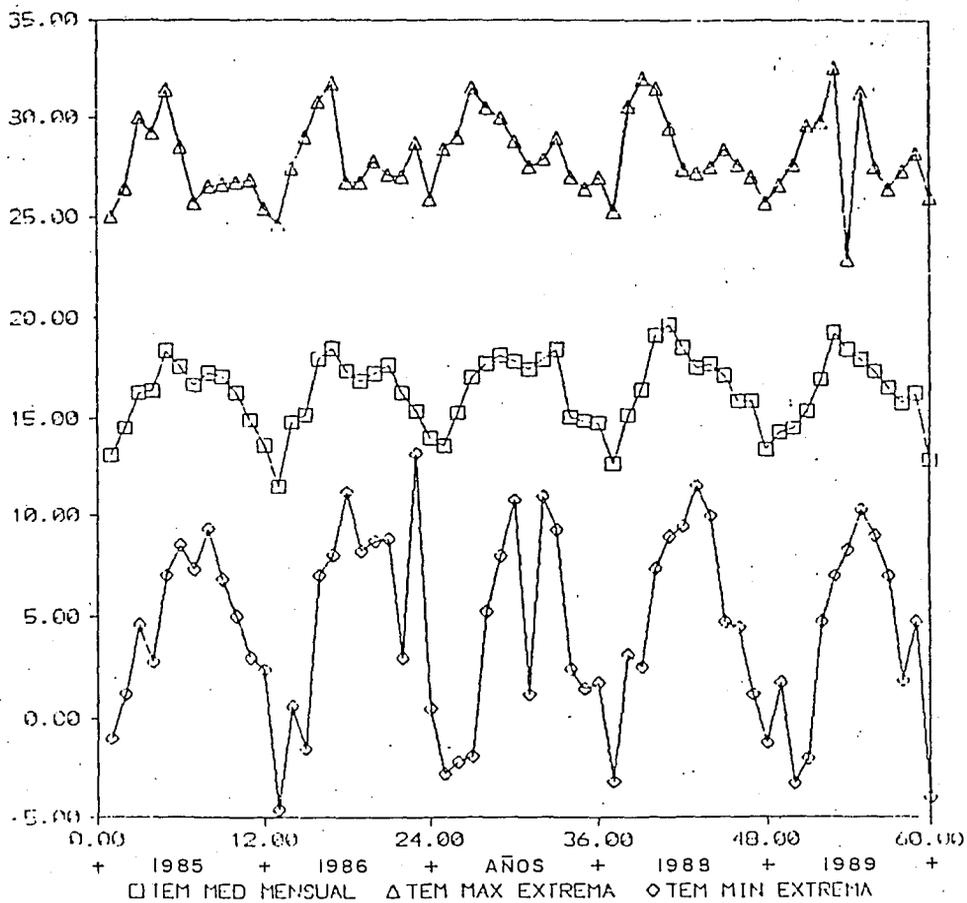
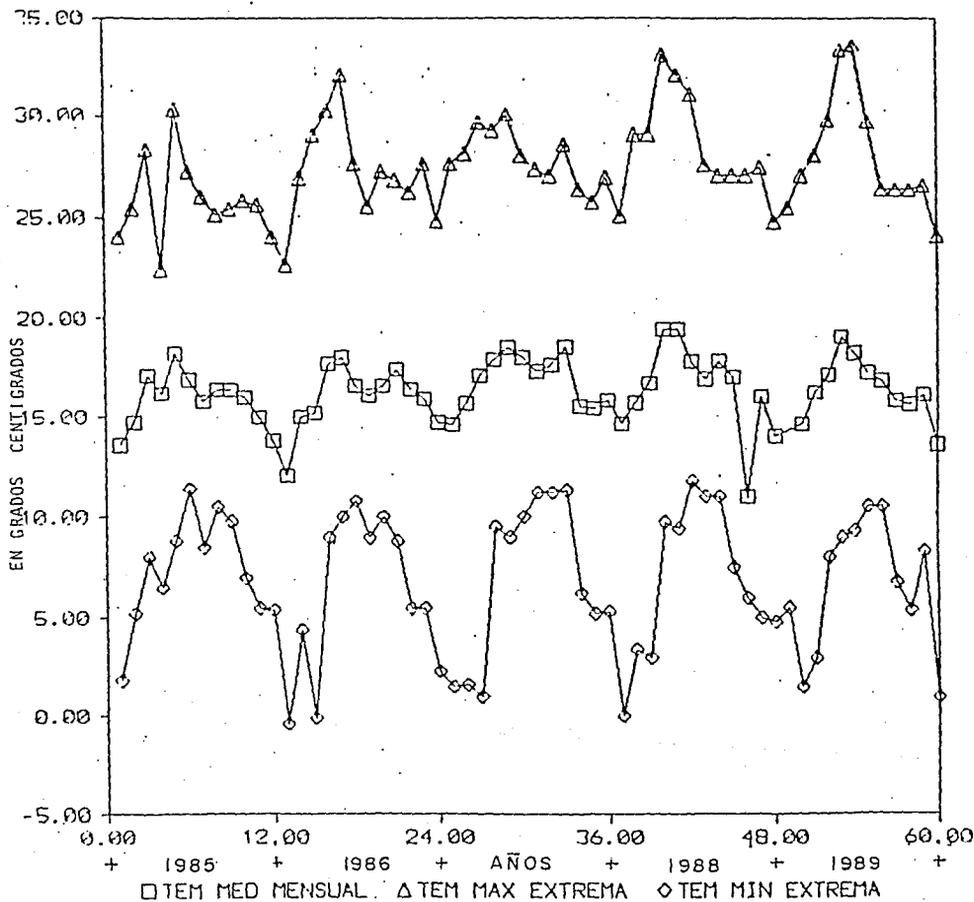
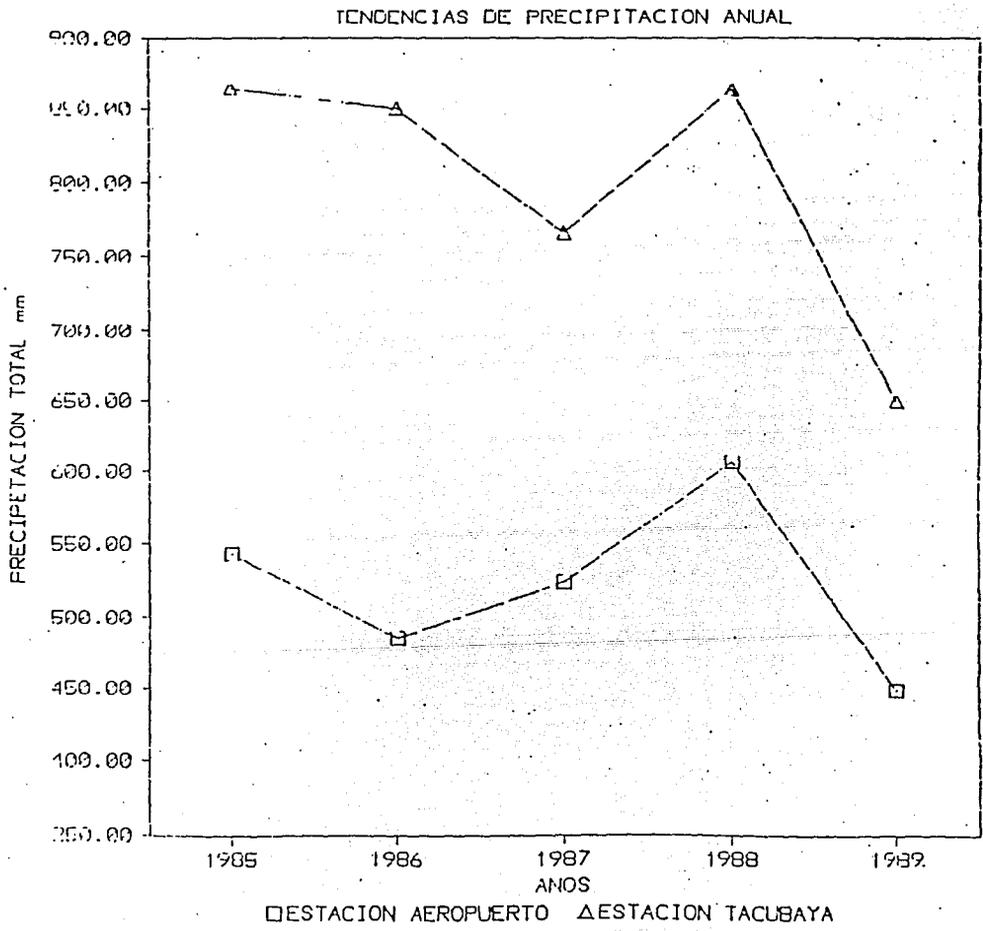


FIGURA 2.3.A' TEMPERATURAS REGISTRADAS EN EL PERIODO
1985 - 1989 "ESTACION TACUBAYA"



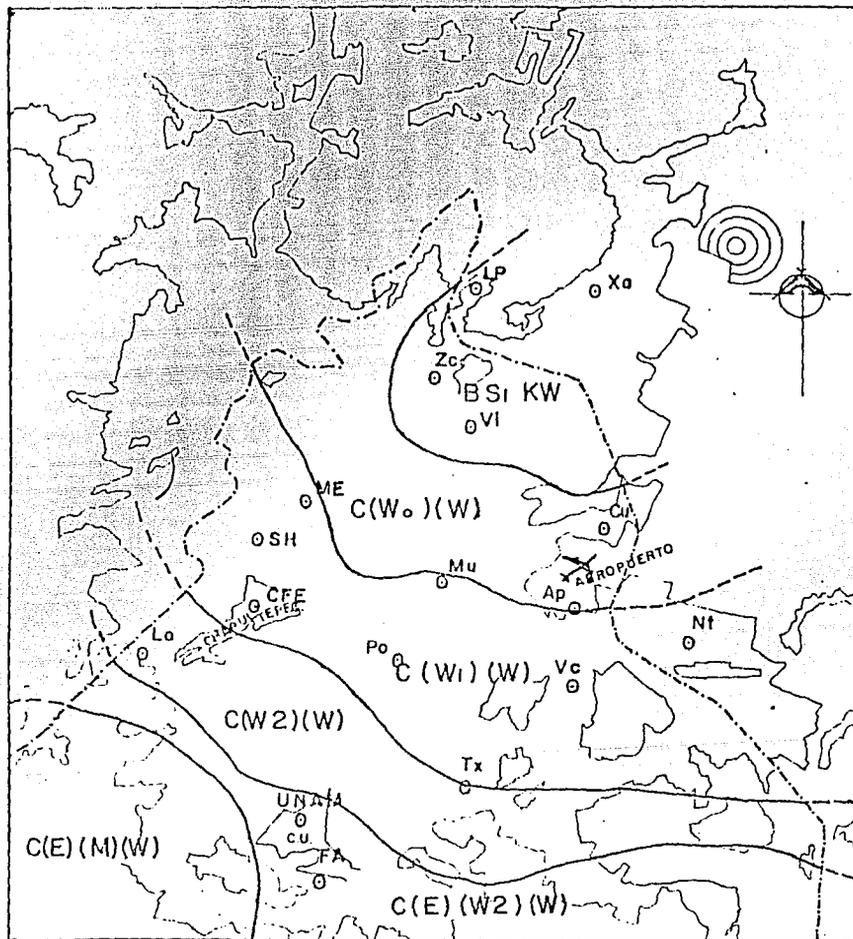
FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL S.M.N. - 1990

FIGURA 2.3.B TENDENCIAS DE PRECIPITACION ANUAL PERIODO
1985 - 1989 ESTACIONES "AEROPUERTO Y TACUBAYA"



FUENTE: SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL S.M.N - 1990

FIGURA 2.2.C ZONAS CLIMATICAS EN EL VALLE DE MEXICO



CLASIFICACION SEGUN KOPEEN

BS1KW = Grupo de clima semi seco (Lluvias de verano % de precipitación invernal varia entre 5 y 10.2)

C(W₀)(W) = Grupo de clima templado (% de lluvia invernal menor de 5%)

C(W₁)(W) - C(W₂)(W) = Grupo de clima templado

C(E)(W₂)(W) - C(E)(M)(W) = Grupo de clima templado semi seco

FUENTE: Dirección General Del Territorio Nacional (Carta Climática), S.M.N., INEGI, S.R.P.

Los vientos dominantes Proviene en la mayoría de los casos del norte y noreste, aunque suele presentarse vientos importantes del sureste. Los escurrimientos de estos vientos son muy deficitarios, es decir; que la mayor parte de los vientos circulan a velocidades menores a 4 m/s. Durante las estaciones de Otoño y parte de invierno suelen presentarse grandes tolvánicas en la zona norte-nororiental de la Ciudad de México, originando el arrastre de sedimentos y partículas de origen lacustre de los ex-lagos en desecación como el de Texcoco, Chalco y Chimalhuacán en el Estado de México, situación que incide en la calidad del aire del Valle de México.

CAPITULO III

FUENTES EMISORAS DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

3.1 FUENTES FIJAS O INDUSTRIALES

3.1.1 UBICACION DE LA ZONA INDUSTRIAL

La distribución y desarrollo industrial en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, (ZMCM) tiene un patrón de ubicación económico-social desde tiempos prehispánicos, es decir; el asentamiento industrial en la Ciudad de México se ubica en la zona norte-oriente, esta ubicación ha creado asinamientos y colonias populares; en contraste con la zona sur, sur-oeste en donde se localizan las colonias residenciales de patrones y propietarios industriales, fenómeno que no siempre tiende a ser lineal en Ciudades como México.

Estadísticas recientes del Consejo Nacional de Ecología y de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (CONADE, SEDUE) respectivamente, manifiestan que existen alrededor de 1500 industrias de variados giros instaladas en la Zona Metropolitana, entre las cuales destacan 270 empresas entre Privadas y Paraestatales que inciden en el deterioro e impacto ambiental. En su Gran mayoría estas industrias no cuentan con equipos de control de emisiones, de acuerdo a las normas establecidas por SEDUE,

situación que influye en la calidad del aire.

A la fecha no existe un inventario de emisión de contaminantes industriales confiables, la información que se suministra por medio de las autoridades, es sólo del orden estimativo y cualitativo, lo que permite realizar comparaciones muy generales entre las diferentes ramas de la industria y su posible impacto al medio ambiente.

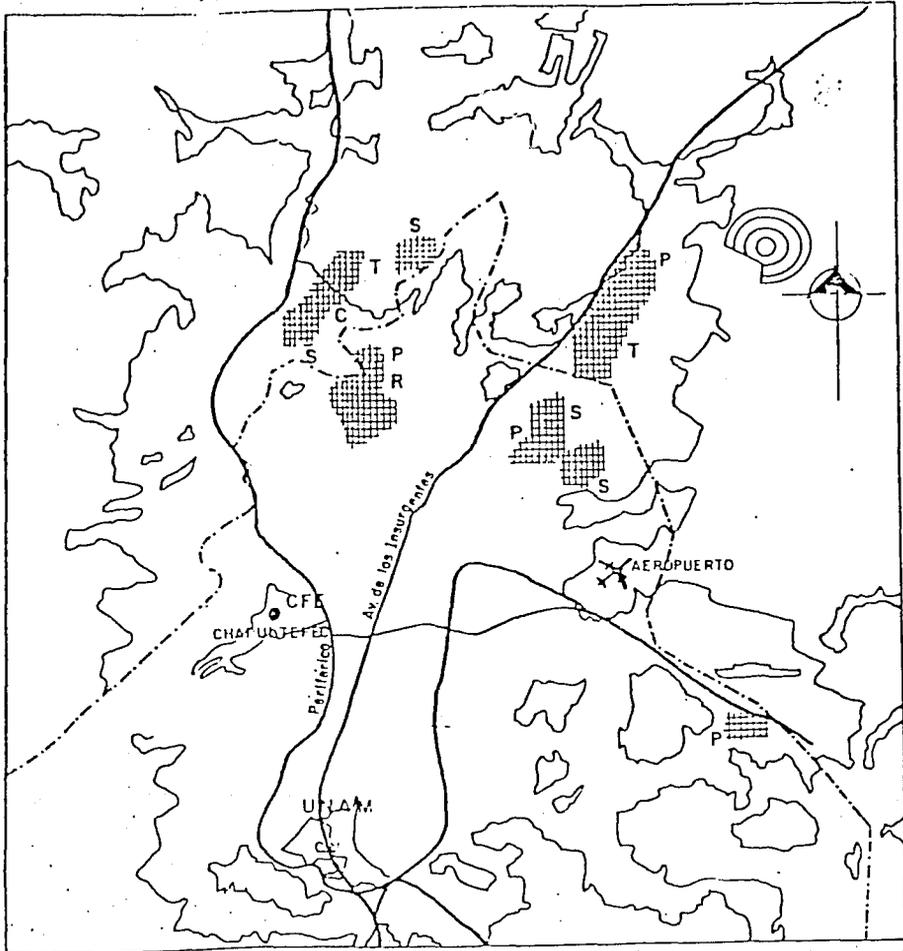
El Consejo Nacional de Ecología (CONADE) en 1988 establece una separación de las actividades industriales en tres grandes rubros:

- INDUSTRIA BASICA.
- INDUSTRIA SECUNDARIA E INTERMEDIA.
- INDUSTRIA DE TRANSFORMACION FINAL O DE CONSUMO.

Entre la industria básica localizada en la zona Metropolitana de la Ciudad de México, PEMEX tiene instalada una refinería de petróleo y sus derivados (18 de marzo Azcapotzalco), tres almacenes de combustibles y más de 1500 surtidores de gasolina a lo largo de la ciudad. La Comisión Federal de Electricidad CFE cuenta con dos termoeléctricas que utilizan combustóleo y gas natural como fuente energética. En la figura 3.1.1.a se representa las zonas puntuales de mayor influencia industrial en el Valle de México.

La industria secundaria y de transformación se encuentra muy diversificada en la Zona Metropolitana, localizándose las más

FIGURA 3.11A UBICACION DE ZONAS INDUSTRIALES
EN EL VALLE DE MEXICO



Zonas Industriales

T

Termoeléctricos

C

Cementero

S

Siderúrgico

R

Refinerio de petróleo.

P

Petroquímico

importantes en las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco e Iztapalapa; así como los municipios conurbados, entre otros Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec, Xalostoc, La Paz y Ixtapaluca en Estado de México.

Como fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, en la industria se pueden clasificar en :

-POR EL USO DE COMBUSTIBLES.

-POR LOS PROCESOS DE COMBUSTION Y ALMACENAMIENTO.

Para 1988 la Sub-dirección de Planeación y Coordinación de PEMEX, reportó los volúmenes de producción de la refinería de Azcapotzalco según tipo de producto (ver tabla 3.1.a), del mismo modo la Gerencia de Protección Ecológica e Industrial de PEMEX reportó datos sobre el consumo de combustibles en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (tabla 3.1.b).

El consumo de estos combustibles por parte del sector industrial, permite hacer una evaluación estimativa de la emisión de contaminantes, en la cual intervienen factores de emisión para industrias con equipos convencionales de combustión en la tabla 3.1.c se presenta datos estimados para el año de 1980, observándose que la industria petroquímica, siderúrgica y cementera representan las principales fuentes fijas emisoras de partículas.

TABLA 3.1A VOLUMEN DE PRODUCCION DE LA REFINERIA DE

AZCAPOTZALCO SEGUN TIPO DE PRODUCTO

(EN MILES DE VARRILES)

TIPO DE COMBUSTIBLES	1986	1987	1988
COMBUSTIBLES	10610	12885	11275
DIESEL	7474	6890	5619
GASOLINAS	12678	13396	12643
GAS LICUADO	489	616	422
KEROSINAS	2622	3075	2604
OTROS	1168	846	1340
TOTAL	35041	37708	33903

FUENTE. - Sub Direccion General de Planeacion y Coordinacion, PEMEX 1989.

TABLA 3.1B CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LA ZONA METROPOLITANA

DEL VALLE DE MEXICO

(En millones de barriles equivalentes/año)

TIPO DE COMBUSTIBLE	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
GASOLINA NOVA	95	97	88	84	90	92	96
GAS LICUADO	35	39	41	48	53	53	56
DIESEL	39	40	33	34	34	31	32

FUENTE. - Gerencia de Proteccion Ecologica e Industrial, PEMEX 1988.

TABLA 3.1C EMISIONES DE CONTAMINANTES POR DIFERENTES
 PROCESOS INDUSTRIALES CON EQUIPOS CONVENCIONALES
 (EN MILES DE TONELADAS/AÑO PARA EL AÑO 1980)

Industria	partículas	SO ₂	NO _x	CO	HC
Cementera	37,000	12,000	5,000		18
Siderúrgica	15,600	25	65	5,600	
Metal no ferroso	4,700	350			
Refinería Petrol.	5,400	5,600	6,150	84,350	38,325
Celulosa y Papel	40	825			
Ind. Química	50	5,050			
Ind. Petroquímica	31,510	190	6,050		2,100
Tanques de Almac.					27,000
Uso: Pinturas, lacas	120				41,000
Gasolineras					16,000
TOTAL	94,420	24,040	17,265	89,950	123,443

Los contaminantes atmosféricos que con mayor frecuencia se emiten a la atmósfera son: Los óxidos de azufre, y otros compuestos como: SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 y las sales combinadas por estos, las fuentes de origen son la combustión de carburantes de origen fósil como el Petróleo que contienen altos contenidos de azufre, y propiamente en el Valle de México son las industrias de transformación y de servicios los que emiten mayores cantidades; los óxidos de nitrógeno (NO_x), y otros compuestos como el NO_2 , NO y nitratos, las principales fuentes de éste contaminante son aquellas industrias que utilizan en sus procesos de combustión altas temperaturas, entre los que se destaca los motores de combustión interna, quemadores de hornos y calderas.

Las fuentes fijas son las que emiten significativamente más que las fuentes móviles al igual que las partículas suspendidas (PST), siendo las industrias de la transformación, siderúrgica y cementera las que emiten en su mayoría estos contaminantes.

3.2 FUENTES MOVILES

Otra de las principales fuentes de contaminación atmosférica en la Ciudad de México es el denso movimiento vehicular, que representa un incremento en las emisiones de contaminantes gaseosos, por el uso de carburantes de origen fósil en motores de explosión e inyección (gasolina y diesel).

3.2.1 TAMANO DEL PARQUE VEHICULAR

Una muestra gráfica de las tendencias de crecimiento del Parque vehicular en proporción con el crecimiento Poblacional para la Ciudad de México se observa en la figura 3.2.1.a en donde se observa que para los años comprendidos entre 1960 y 1987; la población fue de 4.6 millones de habitantes para el año de 1960, duplicándose a 9.3 millones para 1980, para luego estabilizarse a los 11 millones en 1987, con una tasa de crecimiento de 5.1 % a 1.1 % respectivamente.

Del mismo modo el Parque vehicular se incremento 0.2 millones de unidades a 2.1 millones en tan solo dos décadas 1960 y 1980, para luego tener un incremento leve a 1987 producto de la crisis económica. Por otro lado en la figura 3.2.1.b se presenta otras tendencias importantes de crecimiento vehicular que sin lugar a dudas representa un impacto ambiental, de esta figura se observa que la tasa de ocupación vehicular, por ejemplo para 1987 fue de 7 habitantes por vehículo y de aproximadamente 1200 habitantes por autobuses de transporte urbano, situación que trasciende en una demanda de mejor atención y promoción al transporte urbano por las autoridades respectivas.

Los vehículos automotores se clasifican en:

- Livianos (menores de 3 toneladas).
- Pesados (mayores a 3 toneladas).

FIGURA 3.2.1A CRECIMIENTO VEHICULAR Y POBLACIONAL
EN LA CIUDAD DE MEXICO

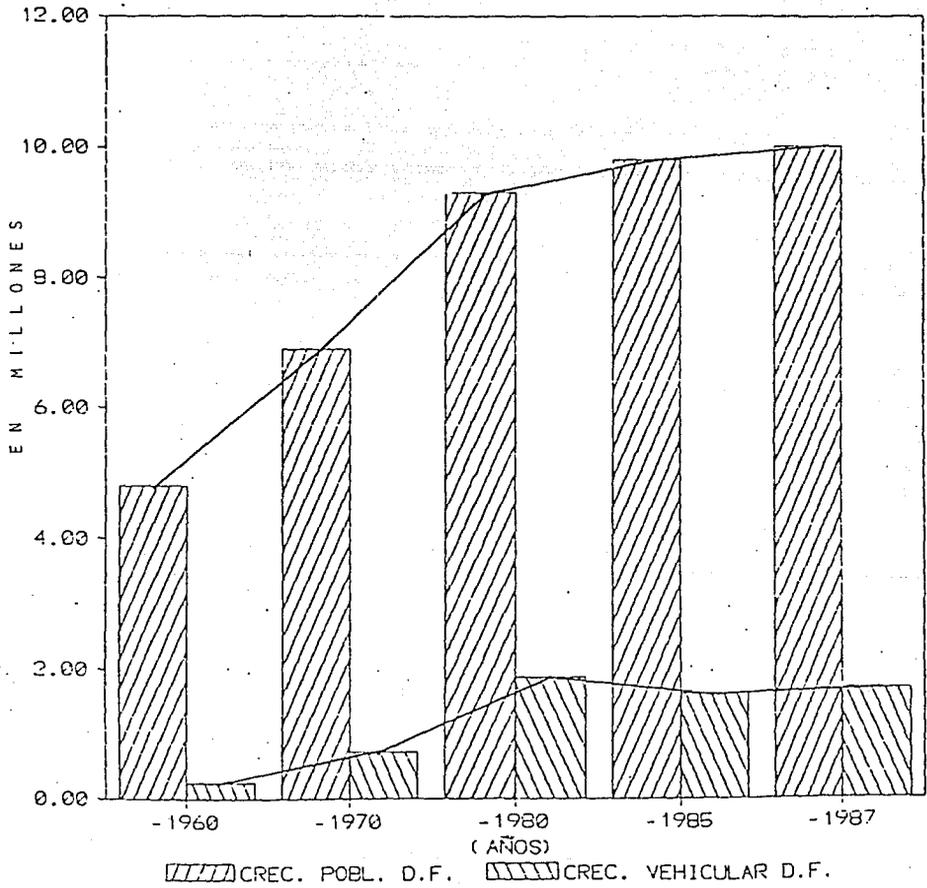
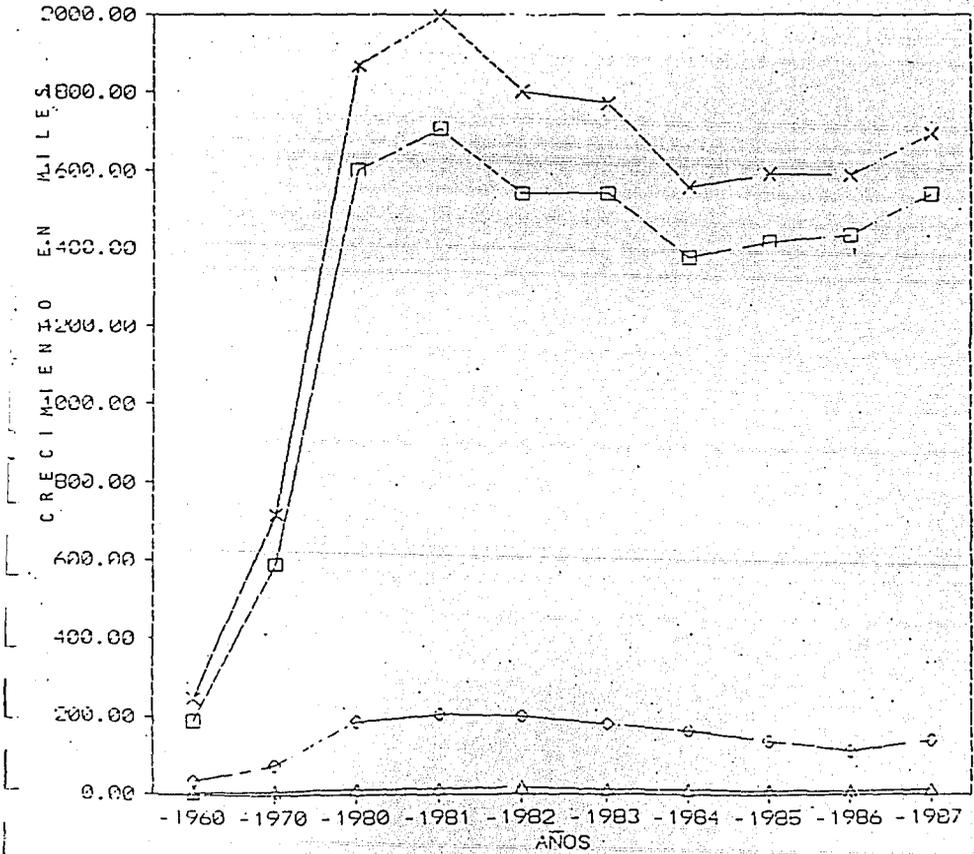


FIGURA 3.2.1B CRECIMIENTO VEHICULAR
EN LA CIUDAD DE MEXICO



□ =AUTOMOVILES EN GRAL. △ =AUTOBUSES EN GRAL. ◇ =CAMIONES EN GRAL.

X =TOTAL

En las tablas 3.2.1.a y 3.2.1.b se han clasificado por separado los vehículos livianos y pesados de acuerdo a datos estadísticos de la Dirección General del Autotransporte Urbano (CGT-DDF), observándose que en las delegaciones de Gustavo A. Madero y Cuauhtemoc son las de mayor registro de vehículos livianos.

En lo que se refiere al incremento de transporte público, éste tiene un crecimiento y expansión en el sistema de transporte colectivo Metro, esta situación crece a raíz de la integración y fusión de algunos Municipios conurbados del Estado de México para formar el área conurbada de la Ciudad de México, los Municipios de mayor influencia en población son: Nezahualcoyotl, Chalco, La Paz y Chimalhuacán del Estado de México.

Por otro lado la municipalización del sistema de transporte público en RUTA 100, Trolebuses y Metro permite comparar datos de transporte de pasajeros al día en promedio, en la figura 3.2.1.c se observan las tendencias continuas de crecimiento y demanda de estos servicios lo que seguramente se manifestará en un impacto ambiental y de orden social.

3.2.2 CIRCUITOS Y EJES VIALES

La vialidad urbana y el transporte público han tenido que ser mejorados año con año para brindar un buen servicio. Estas mejoras en vialidades y accesos controlados, se debe al rápido

TABLA 3.2.1A VEHICULOS LIVIANOS REGISTRADOS EN LA CIUDAD
DE MEXICO EN EL AÑO DE 1987

DELEG. POLITICA	AUTOHOVILES PARTICULARES	AUTOMOVILES SERV. PUBL.	MOTOCI- CLETAS	TOTALES
ALV. OREGON	97762	5193	195	103150
AZCAPOTZALCO	70578	4693	123	75394
BENITO JUAREZ	156898	3250	324	160472
COYOACAN	122856	5979	179	129014
CUAJIMALPA	11322	1062	24	12408
CUAUAHTEMOC	163137	6036	373	174546
CUST. A MAERO	157075	14188	231	171494
IZTACALCO	63737	6495	99	70331
IZTAPALAPA	110582	12396	213	123191
MADDA. CONTRERAS	22406	1105	49	23560
MIGUEL HIDALGO	135467	3558	332	139357
MILPA ALTA	3431	488	5	3034
TLAHUAC	9928	1767	34	11789
TLALPAN	61288	3293	68	64649
VENUST. CARRANZA	76332	7768	100	84200
XOCHIMILCO	22255	2709	42	25016
SUB TOTAL	1290115	80080	2391	1372587
OTROS ESTADOS	150948	17529	497	168974
TOTAL GENERAL	1441064	97609	2888	1541561

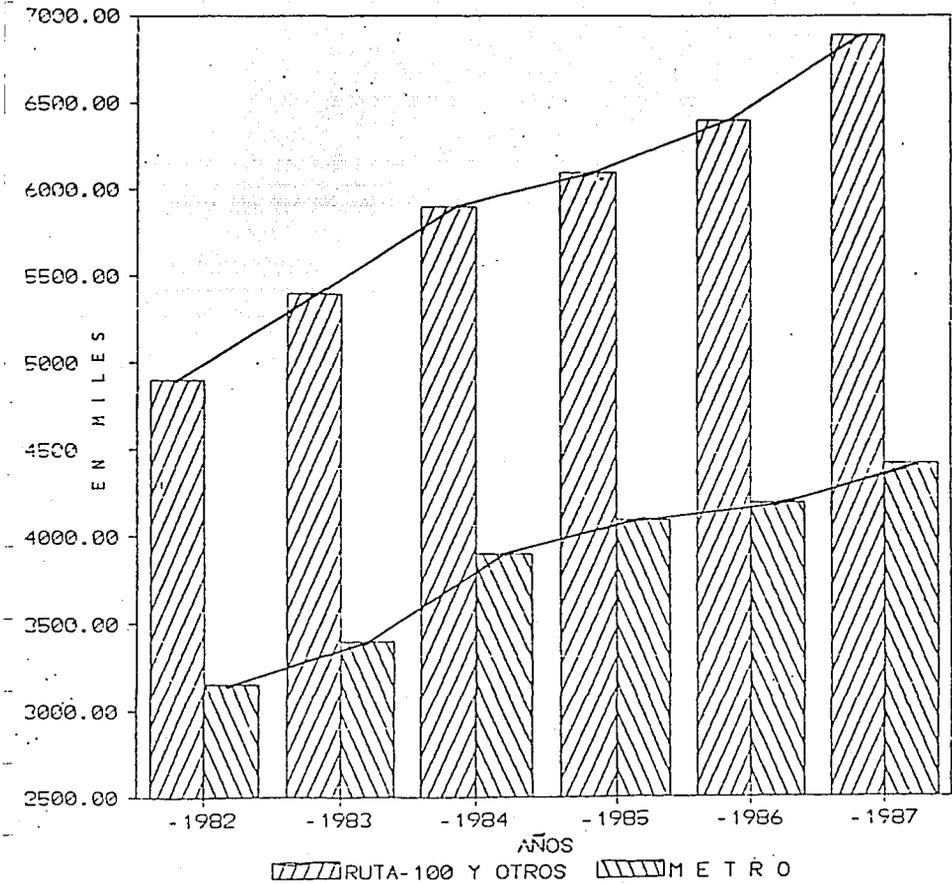
NOTA.- SE CONSIDERAN EN ESTA TABLA LOS VEHICULOS DEL TIPO
CAMIONETAS Y PANELES

TABLA 3.2.1B VEHICULOS PESADOS REGISTRADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO EN EL AÑO DE 1987

DELEG. POLITICA	AUTOBUSES		CAMIONES EN GRAL.	TOTALES
	PARTICUL.	SERV. URB.		
ALV. OBREGON	145	1	6705	6851
AZCAPOTZALCO	43	2	11476	11521
BENITO JUAREZ	739	8119	11022	19880
COYACAN	165	1	5417	5603
CUAUHIMALPA	3	0	1133	1136
CUAUHTEMOC	693	2	31819	32514
GUST. A MADERO	382	3	11809	12294
IZTACALCO	46	1	6837	6884
IZTAPALAPA	77	0	12030	12107
MAGDA. CONTRERAS	21	0	933	924
MIGUEL HIDALGO	337	0	15778	16115
MILPA ALTA	1	1	799	801
TLAHUAC	11	0	1319	1330
TLALFAN	203	0	5567	5770
VENUST. CARRANZA	74	0	6213	6287
XOCHIHUILCO	21	0	2469	2510
SUB.TOTAL	2981	8130	131416	142527
OTROS ESTADOS	139	1092	7407	8638
TOTAL GENERAL	3120	9222	138823	151165

FUENTE: DIRECCION GENERAL DE AUTOTRANSPORTE URBANO, C.G.T. D.D.F

FIGURA 3.2.1C PASAJEROS TRANSPORTADOS PROMEDIO AÑO
EN AUTOBUSES URBANOS RUTA-100 Y METRO



crecimiento del Parque vehicular, situación que se ha dado prioridad del desarrollo vial por parte de las autoridades correspondientes.

El flujo vehicular en la Ciudad de México se caracteriza en los días hábiles por ser lento y denso desde las 07:00 a las 20:30 horas, congestionando las vías principalmente en los periodos u horas pico, es decir; de las 07:00 a las 09:30, 13:30 a 15:00 y de las 18:30 a las 20:30 horas. Siendo por las mañanas la dirección del flujo hacia el centro de la ciudad y por las tardes hacia afuera.

Las autoridades de vialidad del Departamento del Distrito Federal evaluaron en 1987 la densidad del flujo vehicular en sitios de mayor tránsito a lo largo de toda la Ciudad de México, dichas densidades vehiculares correlativamente inciden en el deterioro atmosférico, ya que se emiten contaminantes como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no quemados.

En la figura 3.2.2.a observamos un análisis cualitativo general del flujo vehicular en la Ciudad de México, observándose las mayores concentraciones de tránsito en la zona centro y proyectadas en dirección norte, estos altos volúmenes de flujo vehicular en días y horas críticas, representan una notable emisión de gases por fuentes móviles, aportando más del 50 % de la masa total de contaminantes arrojados a la atmósfera de esta gráfica se obtiene un análisis cualitativo de densidades

calificadas como:

- DENSIDAD ALTA (G. A. MADERO, V. CARRANZA, CUAUHEMOC Y B. JUAREZ).
- DENSIDAD MEDIA (AZCAPOTZALCO, IZTACALCO, IZTAPALAPA. M. HIDALGO Y COYOACAN).
- DENSIDAD BAJA (LAS RESTANTES DELEGACIONES).

De la gráfica anterior observamos que la densidad alta se presenta en el anillo central de la Ciudad de México proyectada hacia la zona nor-este de la capital colindando con los municipios de Ecatepec, Coacalco y Iecamac del Estado de México entre otros, de igual manera se pueden observar cualitativamente las densidades alta y media proyectadas a los principales accesos a la Ciudad de México como son: México-Pachuca, México-Puebla, México-Acapulco y la México-Queretaro. Por estos accesos se presentan una población flotante de vehículos por entrada y salida, lo que incide en cierto grado el deterioro de la calidad del aire, algunos de estos vehículos principalmente los autobuses sub-urbanos circulan en pésimas condiciones de mantenimiento preventivo y correctivo, no existiendo ningún control de emisión de gases por escape.

Los principales contaminantes emitidos hacia la atmósfera por fuentes móviles son entre otros los siguientes: El monóxido de carbono (CO), que es el contaminante que más abundantemente emiten los vehículos y generalmente este contaminante se encuentra en la baja atmósfera. la emisión de este contaminante es generalmente debido a la combustión incompleta de los carburantes de origen

fósil, la concentración media horaria de CO y la densidad de tráfico vehicular, en una misma zona puede llegar tener un mismo comportamiento entre las concentraciones y el volumen vehicular; otro de los contaminantes originados por las fuentes móviles son: el monóxido de nitrógeno (NO) y los (NOx) que son emitidos por los motores de combustión de los vehículos, y que además contribuye este contaminante a la formación del ozono y el smog-fotoquímico.

3.3 FUENTES NATURALES

Existen dos fuentes naturales importantes, y se encuentran bien localizadas geográficamente por la estructura geomorfológica que presenta el Valle de México. Al norte y nor-este se localizan aún zonas del tipo lacustre en desecación (ex-lago de Texcoco, Chalco y Chimalnacán). estas áreas desecadas y por la acción de los vientos dominantes hacia el sur de la Ciudad de México representa una alta concentración de Partículas Suspendidas Totales como son Polvos y Humos, estos últimos generados por las constantes incineraciones de residuos sólidos y la defecación al aire libre. Al sur del Valle de México se localizan zonas de reserva forestal que están susceptibles a incendios ocasionales o intensionales.

CAPITULO IV

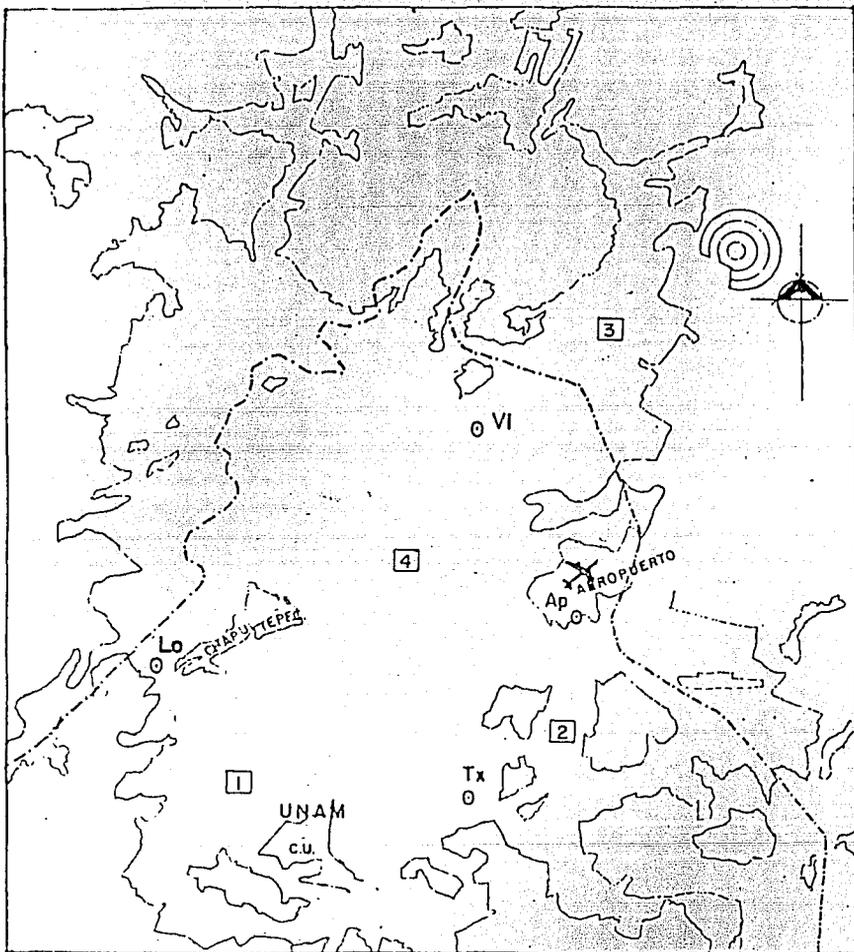
NIVELES DE CONTAMINACION EN EL VALLE DE MEXICO

Para el proposito de una evaluación y diagnóstico de los datos capturados, se empleó un paquete de Software denominado "DBASE3 PLUS", el cual permitió establecer formatos y archivos muy especificos de manera que fueran muy utiles a las necesidades de la evaluación.

La metodología empleada, fué a base de una distribución Log-Normal de la base de datos capturados, esto permitió llevar los datos a un eje de coordenadas, es decir: en el eje X la frecuencia acumulativa de concentraciones en escala Probabilística y en el eje Y las concentraciones leídas en escala logarítmica, haciendo notar que solamente se consideraron los valores mayores a cero con el fin de evitar vacios que pudieran inferir en los resultados. Las Graficas obtenidas para cada uno de los contaminantes se asemejan a una línea recta, esto permitió establecer una confiabilidad aceptable de la información, comparando con el metodo de mínimos cuadrados en contrandose correlaciones muy cercanas a la unidad.

En la figura 4.b se localizan las estaciones de monitoreo de la red manual, para el proposito de este trabajo solamente se

FIGURA 4.B LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MONITOREO



SIMBOLOGIA :

RED MANUAL

RED AUTOMATICA

AP.- AEROPUERTO

VI.- LA VILLA

LO.- LOMAS

TX.- TAXQUEÑA

1.- PEDREGAL

2.- C. DE LA ESTRELLA

3.- XALOSTOC

4.- MERCED

considerarán 4 estaciones de monitoreo de la red manual y 4 de la red automática, de acuerdo a su localización geográfica algunas de estas estaciones pudieran estar bajo la influencia de un efecto local, el propósito es solamente mostrar las violaciones a la norma de calidad del aire mexicana. Las estaciones que se evaluaron fueron :

RED MANUAL

ESTACION	PERIODO	CONTAMINANTE
AEROPUERTO	1976 - 1984	PST
LA VILLA	1976 - 1984	PST
LOMAS	1977 - 1984	PST
TAXQUEÑA	1977 - 1984	PST

RED AUTOMATICA

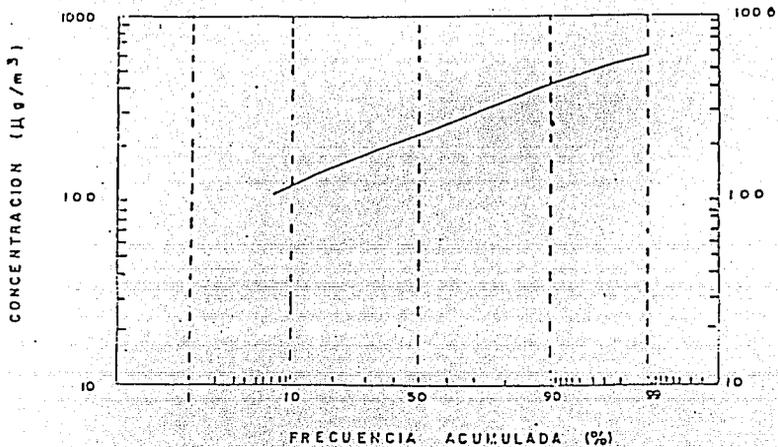
ESTACION	PERIODO	CONTAMINANTE
PEDREGAL	1986 - 1987	O ₃ - SO _x - NO _x - CO
CERRO DE LA ESTRELLA	1986 - 1987	O ₃ - SO _x - NO _x - CO
XALOSTOC	1986 - 1987	O ₃ - SO _x - NO _x - CO
MERCED	1986 - 1987	O ₃ - SO _x - NO _x - CO

A continuación se detalla cada uno de los contaminantes evaluados.

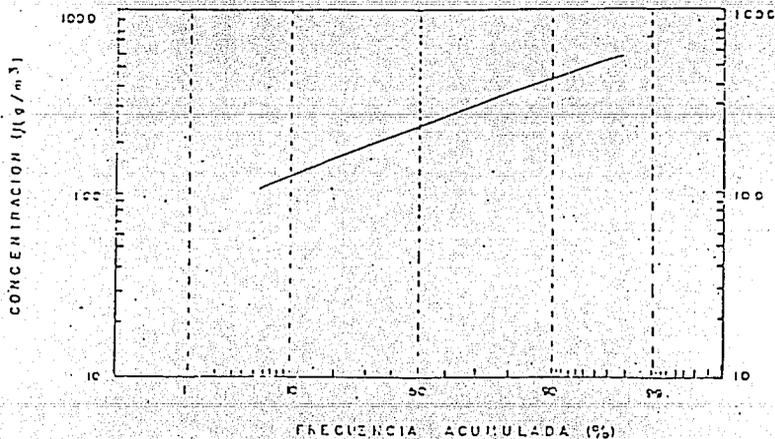
Partículas Suspendidas Totales (PST), en las figuras 4.1.1 y 4.1.2 se presenta la distribución y comportamiento de PST para cada una de las estaciones, observándose que las zonas más contaminadas se localizan hacia el norte y este de la Ciudad de

FIGURA 4.11 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE
PST (PERIODO 1976 - 1984)

ESTACION : AEROPUERTO



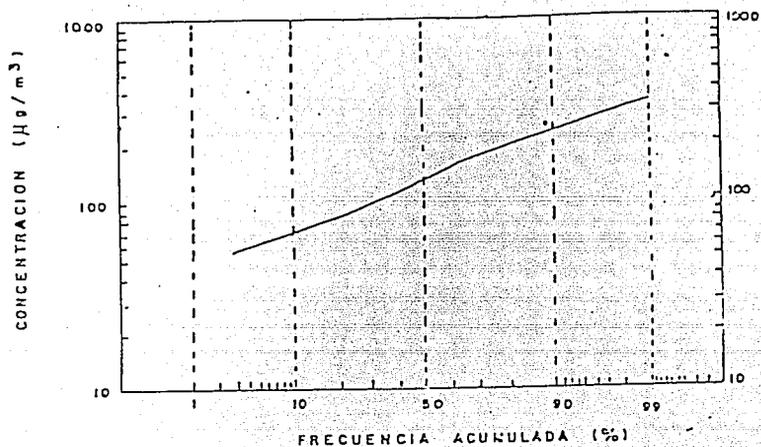
ESTACION : LA VILLA



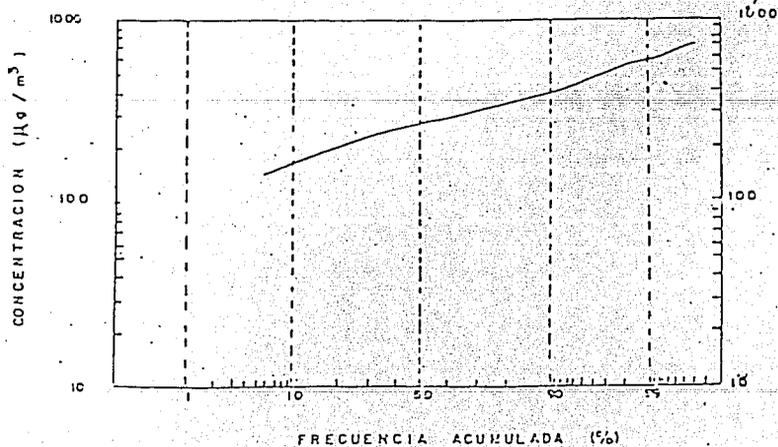
FUENTE: PROYECTO EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE
DE MEXICO. UNAM-DEFFI. 1988.

FIGURA 4.1.2 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE
PST (PERIODO 1977 - 1984)

ESTACION : LOMAS



ESTACION : TAXQUERA

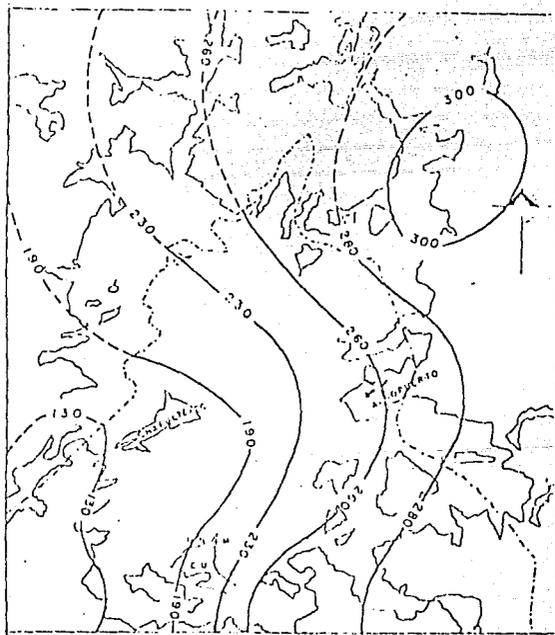


México, Para tener una visión más clara de la concentración de este contaminante en la figura 4.1.3 se observa las curvas de isoconcentración de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ Promedio Geométrico anual), de esa misma figura se ha determinado a partir de los promedios, los porcentajes con que se excede a la norma mexicana de calidad del aire para PST como se puede ver en la figura 4.1.4, se consideró que la norma de calidad del aire para éste contaminante esta referida para un periodo de 24 horas de observación, no existiendo norma para periodos anuales. Para la realización de las figuras anteriores se consideró la norma Americana que establece un valor de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio geométrico anual.

Monóxido de Carbono (CO), en la figura 4.1.5 y 4.1.6 se observan las distribuciones acumulativas de concentraciones de CO para cada una de las estaciones, observándose que en ninguna de ellas se rebasa a la norma oficial para CO, por lo que se puede pensar que este contaminante no representa un problema prioritario para el Valle de México, sin embargo; puede llegar a constituir en un problema local, sobre todo en casas habitación situadas en ejes y accesos controlados de circulación vehicular y de personas que realizan sus labores en calzadas y cruces.

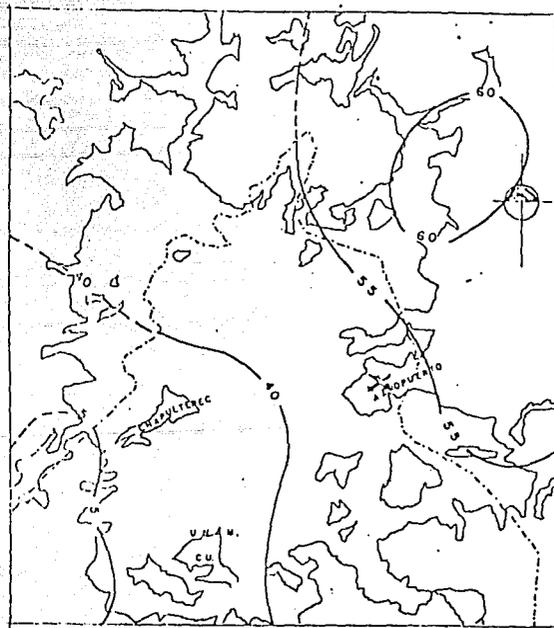
Oxidos de Azufre (SO_x), en las figuras 4.1.7 y 4.1.8 se observan las distribuciones acumulativas de frecuencias, observándose que las concentraciones de SO_2 son relativamente bajas, por lo que se puede considerar como un contaminante no

FIGURA 4.1.3 CURVAS DE ISOCONCENTRACION DE PST (μm^3)
 PROMEDIO GEOMETRICO ANUAL



--- Límite D.F. - Edo. de México.

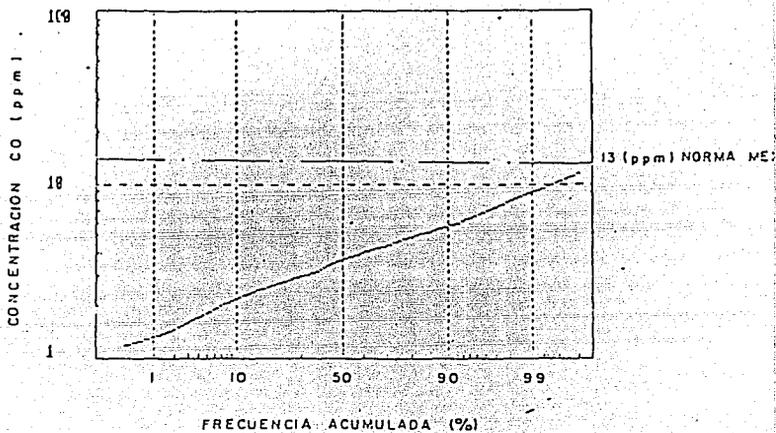
FIGURA 4.1.4 CURVAS DE ISOFRECUENCIA
 (% CON QUE SE EXCEDE A LA NORMA MEXICANA DE PST)



--- Límite D.F. - Edo. de México.

FIGURA 4.15 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES
DE CO (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : PEDREGAL



ESTACION : CERRO DE LA ESTRELLA

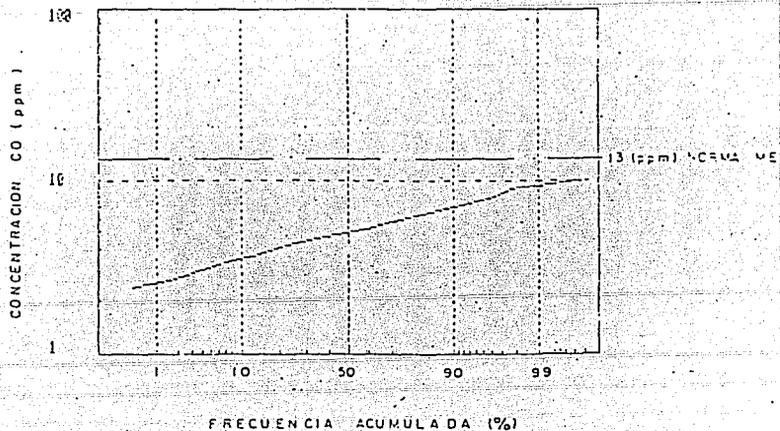
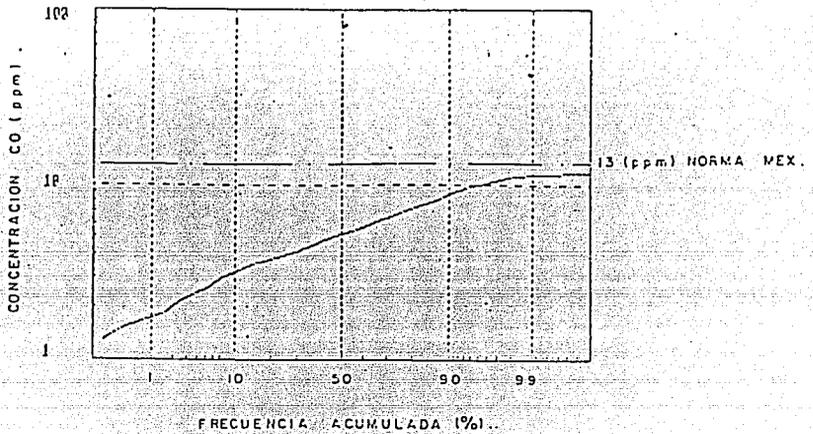


FIGURA 4.16 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE CO (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : MERCED



ESTACION : XALOSTOC

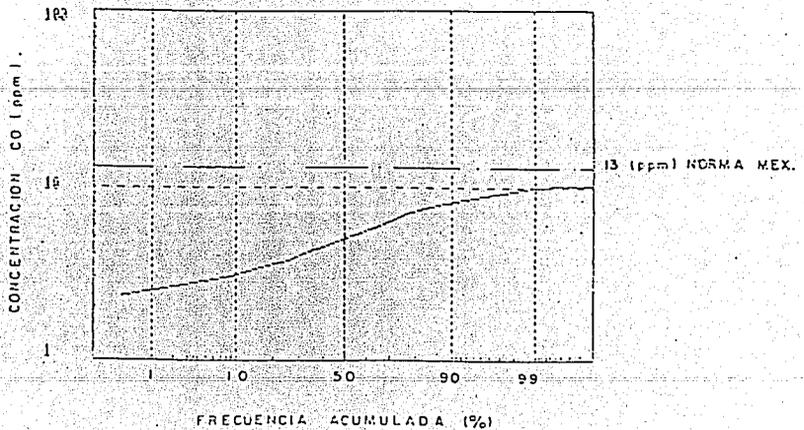
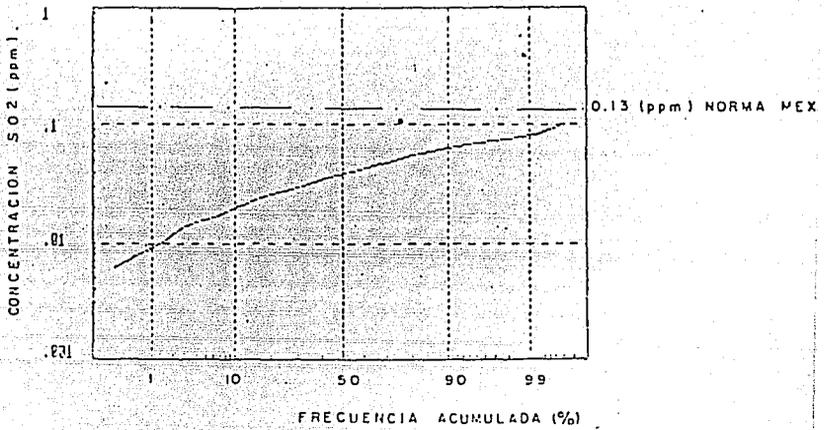


FIGURA 4.17 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE SO₂ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : PEDREGAL



ESTACION : CERRO DE LA ESTRELLA

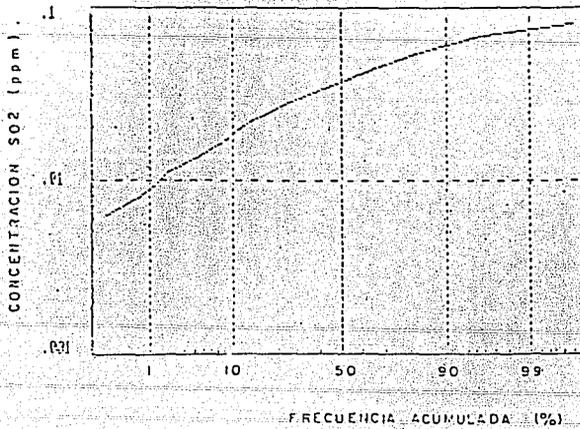
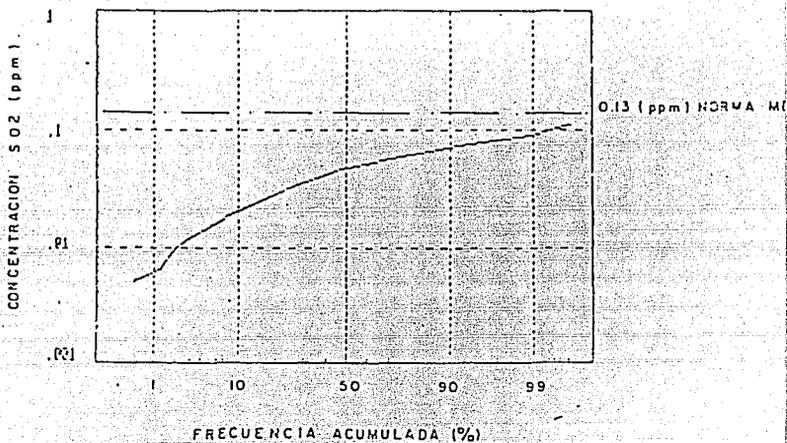
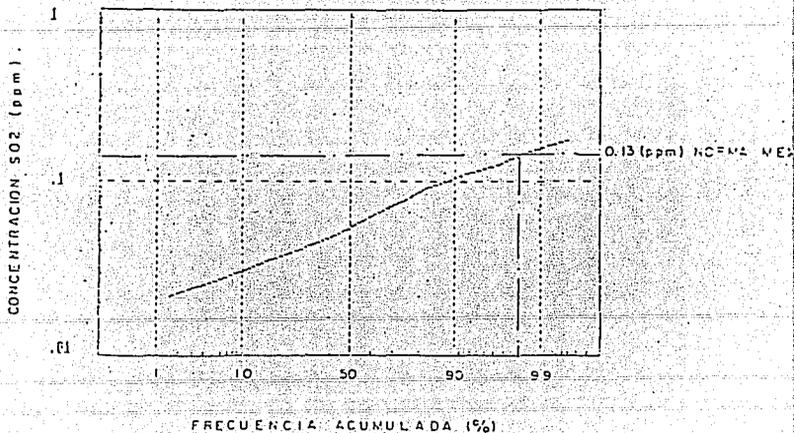


FIGURA 4.18 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES
DE SO₂ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : MERCED



ESTACION : XALOSTOC



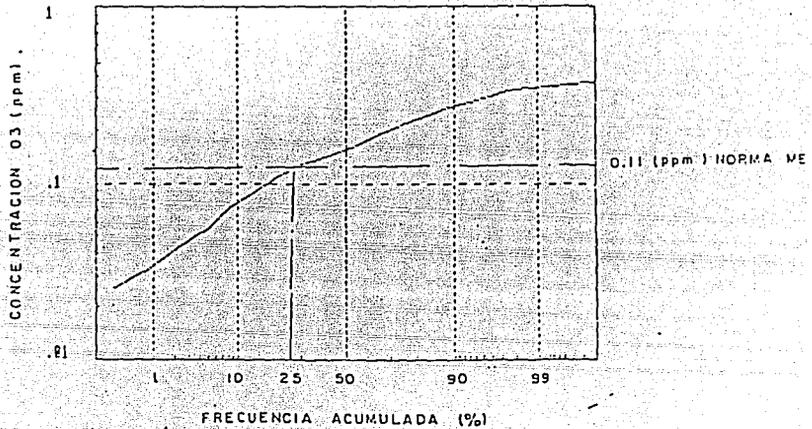
prioritario, aunque suele participar en la formación de lluvia ácida y sulfatos, pudiendo impactar a materiales y monumentos.

Ozono (O_3), es considerado dentro de los oxidantes fotoquímicos como un contaminante secundario, sus principales precursores son los óxidos de nitrógeno, el oxígeno atmosférico y los hidrocarburos reactivos presentes en el aire. En la Ciudad de México tiene una marcada variación horaria, es decir; la actividad industrial y vehicular en las primeras horas de la mañana, emite grandes emisiones de hidrocarburos reactivos y de NO_x , que al unirse a los rayos solares inicia la formación de ozono y otros oxidantes, siendo sus máximos niveles de concentración entre 10 am y 14 pm. El ozono es uno de los problemas más prioritarios en el Valle de México, su control estará probablemente en los cambios de mecanismos y reducción de las fuentes emisoras de NO_x e Hidrocarburos reactivos, en las figuras 4.1.9 y 4.1.10 se presentan la distribución acumulativa de frecuencias, de las cuales se puede apreciar que la zona sur-oeste representada por la estación de el Pedregal rebasa en un 75 % a la norma de calidad del aire, mientras que en la zona norte representada por la estación de Xalostoc solamente se rebasa en un 5 %, esto pudiera tener como inferencia la dirección de los vientos dominantes de norte a sur y la ligera densidad de los gases precursores de ozono.

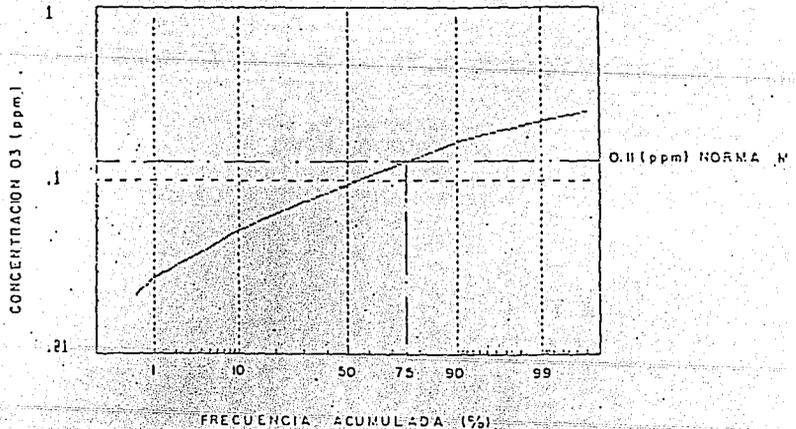
Oxidos de Nitrógeno (NO_x), en las figuras 4.1.11 y 4.1.12, se presenta el comportamiento de la distribución acumulativa de frecuencias, observándose que no rebasa a la norma en más del 2%.

FIGURA 4.19 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE O₃ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : PEDREGAL



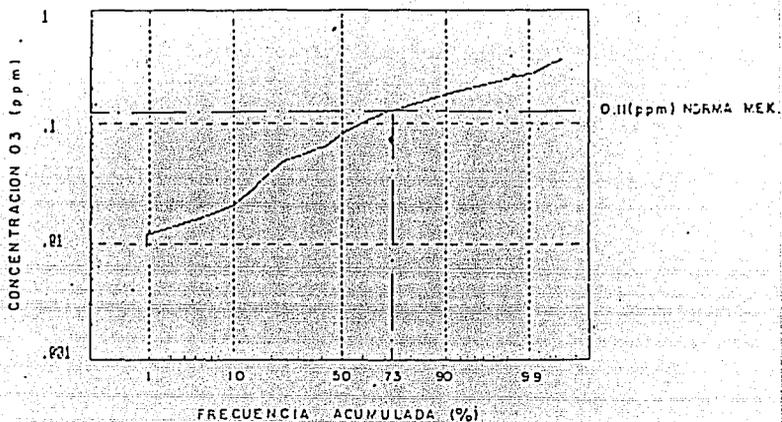
ESTACION : CERRO DE LA ESTRELLA



FUENTE. - PROYECTO "EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MEXICO". UNAM-DEFI. 1989.

FIGURA 4.110 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES
DE O₃ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : MERCED



ESTACION : XALOSTOC

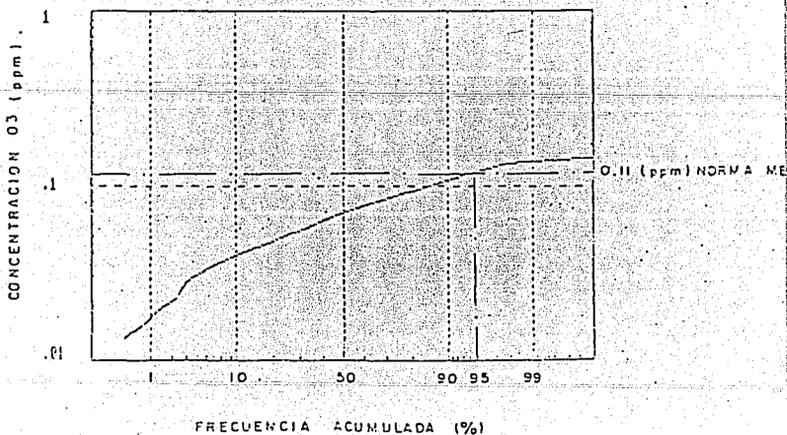
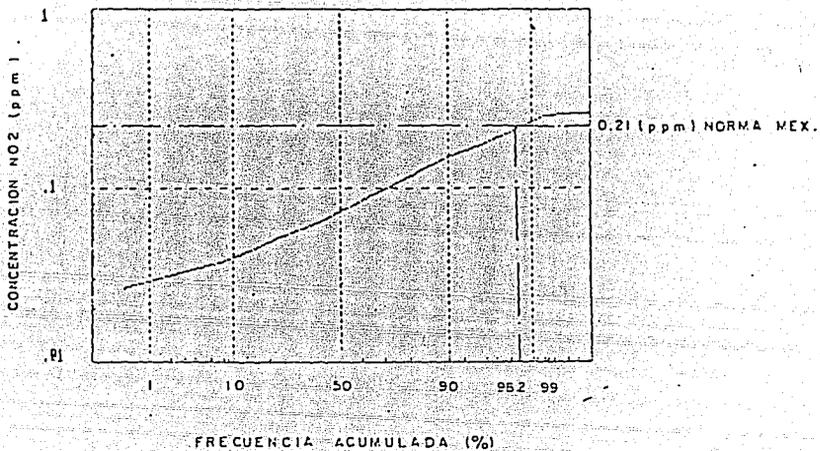


FIGURA 4.111 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES
DE NO₂ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : PEDREGAL



ESTACION: CERRO DE LA ESTRELLA

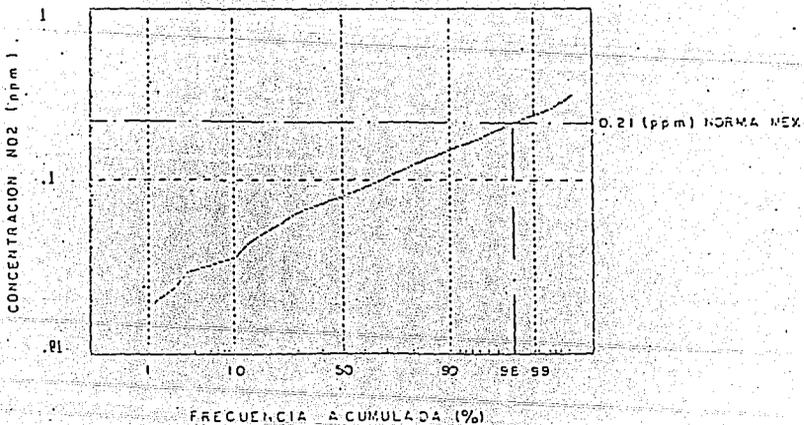
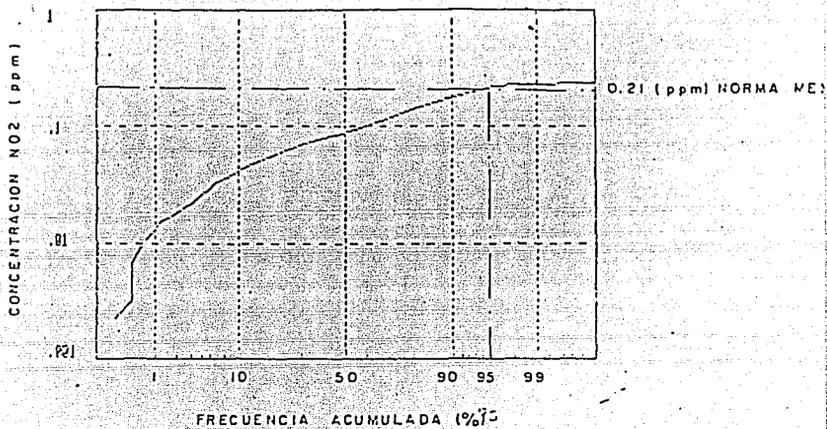
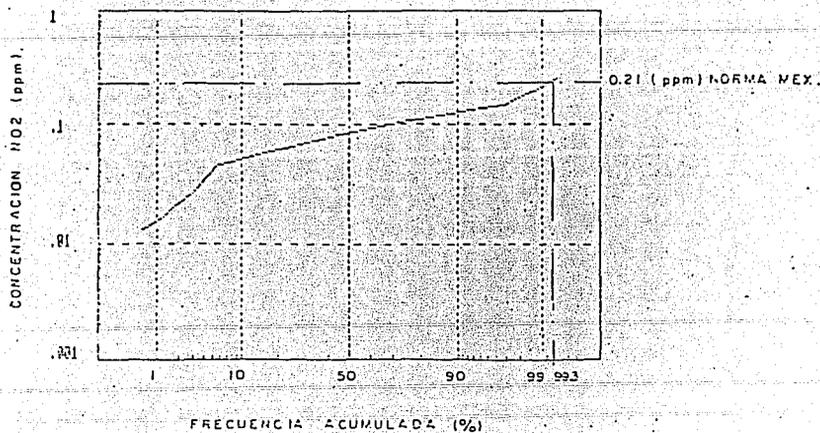


FIGURA 4.1.12 DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE CONCENTRACIONES DE NO₂ (PERIODO 1986 - 1987)

ESTACION : MERCED



ESTACION : XALOSTOC



estó implica que el comportamiento de este contaminante en la atmósfera es inestable y procede a la formación del Ozono incrementando los niveles de concentración de este último contaminante.

CAPITULO V

MEDIDAS DE PREVISION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA PARA EL VALLE DE MEXICO

5.1 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE MEXICANAS

Las acciones más relevantes orientadas al control de emisiones de contaminantes al medio ambiente son:

- Establecer normas de calidad del aire.
- Monitorear las concentraciones atmosféricas de contaminantes considerados como riesgosos para efectos en la salud de los habitantes.
- Muestreo de emisiones en descarga es decir: a la salida en fuentes industriales (chimeneas) y en fuentes móviles en el escape de los vehículos.
- Determinación de descargas permisibles según el tipo de contaminante y tipo de fuente.
- Restricciones para diferentes usos, en áreas susceptibles a impacto ambiental, ya sean estos en el uso de materias primas, combustibles, etc.

La presencia de contaminantes en el aire, y su efecto en la salud de los habitantes, la integridad de sus monumentos y materiales, han marcado una preocupación importante en diferentes países con el fin de procurar la conservación y hacer uso racional

en el manejo de sus recursos, por conceptos de deterioro e impactos ambientales, para ello se han fijado metas administrativas y logísticas con el afán de controlar las concentraciones máximas permisibles para cada uno de los contaminantes.

México enfrenta tanto los problemas de un país que está consolidando su desarrollo económico en las nuevas condiciones de la economía mundial, como los desequilibrios provocado por el uso de tecnologías asociadas con esa modernización y por la concentración poblacional, en forma semejante a la que ocurre en las sociedades desarrolladas, de ahí que la acción gubernamental en atención al problema y la legislación y control de la contaminación, ha tenido un claro proceso de evolución a partir de los años setenta, ya que el interés de la norma jurídica se centraba en corregir los efectos de la contaminación sobre la salud humana, sin considerar de manera integral las causas que la originaban. A consecuencia de la aparición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, esta tiende a suprimirse identificando las causas económicas y sociales que generan el problema. De ahí que los objetivos de esta Ley y su Reglamento están encaminados a resolver los problemas creados por las actividades que de ellas se pudieran generar.

A continuación se presentan las normas de calidad del aire mexicanas emitidas dentro de la "Ley Federal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente" vigentes a la fecha.

La norma de calidad del aire Para Particulas Suspendidas Totales (PST) establece un valor de $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$, durante un periodo de 24 horas de muestreo, aclarandose que este valor no exceda más de un episodio al año. En la figura 5.1.a se observa que este valor se halla comprendido en el rango recomendado por la OPS - FNUMA.

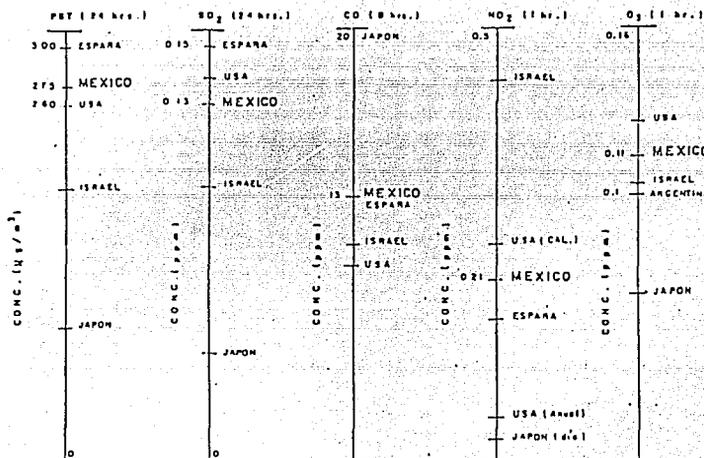
El Ozono (O_3), el cual es considerado como oxidante fotoquímico, la norma mexicana de calidad del aire establece un valor de 0.11 ppm equivalente a $0.22 \text{ mg}/\text{m}^3$ para un periodo de observación de 1 hora, observando la figura 5.1.a el valor de la norma de calidad del aire para este contaminante se encuentra comprendido por el rango recomendado por la OMS - FNUMA.

Para los Oxidos de Azufre, la norma mexicana fija un valor de de 0.13 ppm equivalentes a $300 \text{ mg}/\text{m}^3$ para un periodo de observación de 24 horas, en relación a la figura 5.1.a este valor se encuentra comprendido en el rango recomendado por la OPS - FNUMA.

Para los Oxidos de Nitrógeno, la norma mexicana fija un valor de 0.21 ppm equivalente a $395 \text{ mg}/\text{m}^3$, para un periodo de observación de 1 hora, del mismo modo que los anteriores contaminantes se encuentra en el rango recomendado por la OPS.

Para el Monóxido de Carbono (CO), la norma mexicana de calidad del aire establece un valor de 13 ppm equivalente $15 \text{ mg}/\text{m}^3$, para un periodo de muestreo de 8 horas, de igual manera que

FIGURA 5.1.A NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE MEXICANAS
COMPARADA CON LA DE OTROS PAISES



los anteriores contaminantes, este valor se encuentra dentro del rango recomendado por la OPS - FNUMA.

5.2 NORMAS PERMISIBLES DE EMISION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS POR DIFERENTES PROCESOS

La Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEQUE), dentro de la "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente", dicto medidas de previsión y control de la contaminación en lo referente a aire.

Estas medidas de control de emisiones máximas permisibles de contaminantes atmosféricos, se emitieron de acuerdo al uso de combustibles, procesos de operación y transformación industrial.

A continuación se Presentan las normas máximas permisibles de emisión de contaminantes atmosféricos, de acuerdo a la publicación del Diario Oficial de la Nación.

6/junio/1988

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTT-CCAT-001/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de Dióxido y Trióxido de Azufre y neblinas de ácido sulfúrico en Plantas Productoras de ácido sulfúrico. El artículo 4^o de esta norma señala: Los niveles máximos permisibles de emisión de Dióxido y Trióxido de Azufre a la atmósfera, provenientes de plantas Productoras de ácido sulfúrico existentes son:

a) Para las ubicadas en zonas críticas.

TABLA 5.2.1 NTE-CCAT-001/88

(ZONAS CRITICAS)

a) Para las ubicadas en zonas críticas:

Capacidad de la planta (ton/día)	Emisión máxima permisible (kg de dióxido de azufre/ton de ácido sulfúrico al 100%)
1 — 500	17.5
501 — 700	13.0
701 — 1000	9.0
1000	4.0

b) Para las ubicadas en cualquier otra parte del país.

TABLA 5.2.2 NTE-CCAT-001/88

(PARA CUALQUIER OTRA PARTE DEL PAIS)

b) Para las ubicadas en cualquier otra parte del país:

Capacidad de la planta (ton/día)	Emisión máxima permisible (kg de dióxido de azufre/ton de ácido sulfúrico al 100%)
1 — 500	28.0
501 — 700	20.0
701 — 1000	14.0
> 1000	7.0

c) El valor atribuible a su emisión en la calidad del aire en los límites del predio deberá ser inferior a 0.234 ppm SO_x para las denominadas zonas críticas y 0.3 ppm de SO_x para el resto del país, ambas concentraciones referidas en promedio horario y aplicables a cualquier época del año. Las mediciones para determinar su concentración deberá hacerse a partir del límite exterior del predio ocupado por la planta, de conformidad a las disposiciones aplicables.

El artículo 5° de esta norma señala: Los niveles máximos permisibles de plantas elaboradoras de ácido sulfúrico de nueva creación no deberá rebasar los valores indicados en la siguiente tabla.

TABLA 5.2.3 NTE-CCAT-001/88
(PARA PLANTAS DE NUEVA CREACION)

Capacidad de la planta (ton/día)	Emisión máxima permisible (kg de dióxido de azufre/ton de ácido sulfúrico al 100%)
1 - 500	13.0
> 500	3.0

El artículo 6° de esta norma establece la emisión máxima permisible de neblinas de Trióxido de Azufre y ácido sulfúrico, expresada como ácido sulfúrico al 100 %, en plantas productoras de ácido sulfúrico será siempre inferior al uno por mil sobre el volumen de producción.

14/diciembre/1988

ACUERDO por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE - CCAM - 002/88, que establece el procedimiento para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire. Esta norma solamente se refiere al procedimiento de determinación de partículas suspendidas con el equipo muestreador de grandes volúmenes, para ello se recomienda consultar la norma respectiva.

6/junio/88

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-003/88, que establece los niveles máximos permisibles de

emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.

Para la realización de esta Norma se consideraron el diseño, equipamiento y modelo, así como su estado mecánico en el que se encontraron los vehículos que circulan en el territorio nacional, no aplicándose esta norma para vehículos comerciales ligeros, motocicletas, tractores agrícolas y vehículos con peso bruto menor de 400 kg.

El artículo 4^o de esta norma establece que: Los niveles máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC), en función del año en que sale a la venta el modelo del motor del vehículo, son establecidos en la siguiente tabla.

TABLA 5.2.4 NTE-CCAT-003/88
(NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE CO Y HC POR FUENTES MÓVILES CON USO DE COMBUSTIBLE DE GASOLINA)

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN		
Año de venta del modelo	Monóxido de carbono en % del volumen	Hidrocarburos en partes por millón
1979 y anteriores	6.0	700
1980 — 1986	4.0	500
1987 y posteriores	3.0	400

En lugares con altitud menor a 1500 metros sobre el nivel del mar, los niveles máximos permisibles de emisión en modelos de los años 1979 y anteriores son 5.5 % en volumen de CO y 650 ppm de HC.

18/octubre/88

Acuerdo Por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-005/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de Partículas, CO, SO₂, NO_x Provenientes de Procesos de combustión de diesel en fuentes fijas.

El artículo 4^o de esta norma establece: Los niveles máximos permisibles de emisión de Partículas, CO, SO₂ y NO_x, para los procesos de combustión de diesel en fuentes fijas, y de acuerdo al artículo 1^o para el caso de fuentes fijas, cuando los gases de combustión no estén en contacto directo con los materiales de proceso son:

TABLA 5.2.5 NTE-CCAT-005/88

Centaminantes	Niveles máximos permisibles de emisión	
	Zonas críticas Kg/m ³ *	Resto del país Kg/m ³ *
Partículas	0.260	0.300
Monóxido de carbono	0.600	0.665
Dióxido de azufre	17.000	34.000
Oxido de nitrógeno ^b	2.700	3.000

* Kilogramos de contaminantes por cada metro cúbico de diesel consumido a 298° K (25° C).

^b Los óxidos de nitrógeno expresadas como dióxido de nitrógeno.

Del artículo 5^o de esta norma establece: Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera establecidos en el artículo 4^o, podrán rebasarse en caso de operaciones siempre y cuando no

excedan períodos mayores de 15 minutos y que estos no se Presenten más de tres veces al día.

14/diciembre/1988

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-006/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de Partículas, Monóxido de Carbono, SO₂, y NO_x, Provenientes de Procesos de combustión del carbón en carboeléctricas.

TABLA 5.2.6 NTE-CCAT-006/88

(NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES EN CARBOELECTRICAS)

Contaminantes	Niveles máximos permisibles de emisión en Kg/m ³ *
Partículas	3.600
Monóxido de carbono	0.270
Dióxido de azufre	51.300
Oxidos de nitrógeno **	10.000

* Kilogramo de contaminante por cada metro cúbico de carbón consumido en base seca.

** Los óxidos de nitrógeno expresados como dióxido de nitrógeno.

El artículo 5^o señala: El nivel máximo permisible de emisión de partículas establecido en el artículo 4^o de esta Norma, podrá rebasarse en el caso de operaciones de soplado del equipo de combustión, siempre que no excedan períodos mayores de 15 minutos y que estos no se Presenten más de tres veces al día.

18/octubre/88

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-007/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de Partículas, CO, SO₂, y NO_x Provenientes de Procesos de combustión en fuentes fijas, que utilicen únicamente combustóleo como combustible, cuando los gases de combustión no estén en contacto directo con los materiales.

TABLA 5.2.7 NTE-CCAT-007/88

Contaminantes	Niveles máximos permisibles de emisión	
	Zonas críticas Kg m ⁻³	Resto del país Kg m ⁻³
Partículas	4.240	6.740
Monóxido de carbono	0.600	0.660
Dióxido de azufre	57.000	93.000
Oxidos de nitrógeno ^b	6.600 ^c	6.600 ^c
	8.000 ^d	8.000 ^d

^a Kilogramos de contaminantes por cada metro cúbico de combustóleo consumido a 298 K (25°C).

^b Los óxidos de nitrógeno expresados como dióxido de nitrógeno.

Los niveles máximos permisibles se especifican de acuerdo al tamaño del equipo, en dos grupos:

^c Para equipos de combustión de capacidad hasta de 106×10^6 julios/hora.

^d Para equipos de combustión de capacidad mayor de 106×10^6 julios/hora.

De acuerdo al artículo 5^o de esta norma que señala: Podrá rebasarse las emisiones en caso de operaciones de arranque y soplado del equipo de combustión siempre y cuando no excedan los periodos mayores de 15 minutos y no se presenten más de tres veces al año.

19/octubre/88

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-008/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de Partículas, CO, SO₂ y NO_x, Provenientes de procesos de combustión en fuentes fijas que utilicen únicamente gas natural como combustible, cuando los gases de combustión no estén en contacto directo con los materiales del proceso.

TABLA 5.2.8 NTE-CCAT-008/88

Contaminantes	Niveles máximos permisibles de emisión en Kg/10 ⁶ m ³
Oxidos de nitrógeno ^a	2250 ^c
Partículas	100
Monóxido de carbono	500 ^c 640 ^d
Dióxido de azufre	10
Oxidos de nitrógeno ^b	2250 ^c 9000 ^d

^a Kil-gramo de contaminante por cada millón de metros cúbicos de gas natural consumido a un kilogramo por centímetro cuadrado (98060 Pa) y 293 K (20 °C).

^b Los óxidos de nitrógeno expresados como dióxido de nitrógeno.

Los niveles máximos permisibles se especifican de acuerdo al tamaño del equipo, en dos grupos.

^c Para equipos de combustión de capacidad hasta de 105 × 10⁶ joules/hora.

^d Para equipos de combustión de capacidad mayor de 105 × 10⁶ joules/hora.

14/diciembre/88

Acuerdo Por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-011/88 que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo provenientes del escape de vehículos automotores en circulación y que usan diesel como combustible, con excepción de motores estacionarios marinos, de aviación, de locomotoras, de tractores agrícolas y de maquinaria para construcción.

De acuerdo al artículo 4° de esta norma establece: Los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que utilizan diesel como combustible, con base en el flujo nominal expresado en litros por segundo son los que se determinan en la tabla siguiente:

TABLA 5.2.9 NTE-CCAT-011/88

Flujo nominal (Litros)	Niveles máximos permisibles de opacidad (Unidades Hartings (UH))
5	65
10	73.1
15	74.2
20	75.3
25	75.5
30	75.6
35	75.9
40	76.1
45	75.5
50	75.5
55	75.5
60	75.5
65	75.5
70	75.5
75	75.5
80	75.5
85	75.5
90	75.5
95	75.5
100	75.5
105	75.5
110	75.5
115	75.5
120	75.5
125	75.5
130	75.5
135	75.5
140	75.5
145	75.5
150	75.5
155	75.5
160	75.5
165	75.5
170	75.5
175	75.5
180	75.5
185	75.5
190	75.5
195	75.5
≥ 200	75.5

Para el cálculo del flujo nominal (G) se aplicarán las ecuaciones siguientes:

$$G = \frac{V(\text{RPM})}{60} \quad \text{Para motores de dos tiempos}$$

$$G = \frac{V(\text{RPM})}{120} \quad \text{Para motores de 4 tiempos}$$

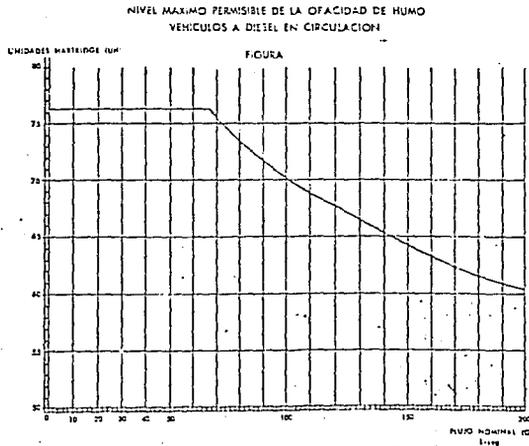
en donde:

V = desplazamiento del motor expresado en litros

RPM = Velocidad angular del motor expresada en revoluciones por minuto (45 % de la velocidad máxima gobernada, no debiendo de tener un valor inferior a 1000 RPM).

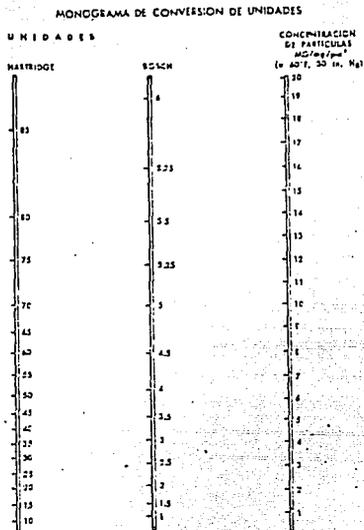
De acuerdo al artículo 5° de esta norma dice : Cuando el valor del flujo nominal, resultante de aplicar la ecuación correspondiente según el caso, no se encuentre provisto en la tabla 5.2.9, el nivel máximo permisible será el que resulte de intersectar, el valor del flujo nominal respectivo, con la curva de la figura 5.2.1.

FIGURA 5.2.1 NTE-CCAT-011/88



El artículo 6° de esta norma establece: Cuando la medición se realice con opacimetro cuyas lecturas se obtengan en unidades

equivalentes, el nivel máximo se obtendrá de aplicar el monograma siguiente.



14/diciembre/1988

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-012/88, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de SO₂, neblinas de SO₂ y H₂SO₄ provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico en fuentes fijas.

TABLA 5.2.10 NTE-CCAT-012/88

Contaminante	Emisión máxima permisible por kilogramo de ácido dodecibencensulfónico producido al 100%	
	Planta existente	Planta nueva
Dióxido de azufre	3.0 g	2.0 g
Neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico (expresado como ácido dodecibencensulfónico)	1.2 g	1.2 g

7/junio/1989

Acuerdo por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-013/89, que establece las características del equipo y el Procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de contaminación, provenientes de los vehículos automotores en circulación, que utilicen gasolina como combustible, cuyos límites máximos permisibles están determinados por las Normas Técnicas Ecológicas correspondientes. Los artículos más relevantes de esta norma son: El artículo 4^o de esta norma establece; el método para medir las emisiones de los gases de Hidrocarburos y Monóxido de Carbono a la salida del escape de los vehículos automotores en circulación, que utilicen gasolina como combustible, será el de Prueba estática, consistente en marcha lenta en vacío y marcha en cruce.

La medición de las emisiones por marcha lenta en vacío, se realizará de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La medición de las emisiones por marcha cruce, se realizará a 2500 \pm 50 revoluciones por minuto, con aceleración.

En lo relativo al equipo de medición el analizador deberá cumplir con las especificaciones siguientes de acuerdo al artículo 7^o.

- I.- El tiempo de respuesta será de 10 segundos, para alcanzar el 90% de la lectura final estabilizada;
- II.- La escala total de medición será de 0 - 10 % en volumen, para el Monóxido de Carbono, y de 0 - 2000 PPM, tratándose de Hidrocarburos y además deberá:

- a) tener una precisión de $\pm 3\%$
- b) la interferencia no será mayor de 1% para CO, hidrógeno, oxígeno, vapor de agua, óxidos de nitrógeno y Partículas;
- c) durante todo el tiempo de trabajo, la estabilidad no deberá ser mayor de $\pm 3\%$
- d) y tener un repetitividad de $\pm 2\%$ durante cinco mediciones sucesivas en la misma fuente.

III.- El tiempo de estabilidad no deberá ser mayor de 10 minutos después del encendido, y

IV.- las lecturas del analizador no deberán verse afectadas por variaciones de voltaje nominal de \pm de 10% .

En general para los mecanismos y procedimientos de determinación de emisiones de Partículas, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, deberán utilizarse las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes o, en su caso, los que expida las autoridades correspondientes, así mismo para mayores detalles de cada una de las normas vigentes se sugiere la consulta respectiva.

5.3 MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES PARA EL VALLE DE MEXICO

Las medidas y acciones de control de contaminantes deberán siempre estar en función de mejorar y hacer uso racional de los recursos naturales, para ello se debe de contemplar un fundamento técnico, con el propósito de mejorar los equipos y Procedimientos industriales, a continuación se señalan algunos Procedimientos técnicos:

- 1).-Modificación de los Procesos de combustión, con objeto de conseguir un funcionamiento más limpio.
- 2).-Sustitución de carburantes utilizados en los procesos de combustión, por otros más limpios.
- 3).-Lavado de los gases efluentes antes de su emisión a la atmósfera.

De acuerdo a los índices de contaminación evaluados para el Valle de México, las Partículas Suspendidas y el Ozono son los contaminantes más preocupantes y prioritarios en atención en la Ciudad de México, como lo señala el estudio realizado por la DEFFI - UNAM para SEGUROS AMERICA S.A., en el cual se ha determinado tendencias muy significativas en los niveles de contaminación comparadas con otras ciudades internacionales, de ahí que es de vital interés implementar las medidas y acciones de control, de acuerdo a la infraestructura tecnológica y economía disponible, realizando Programas de sustitución paulatina del uso de combustibles residuales por otros menos contaminantes, cambios en

los procesos industriales por otros más apropiados para el control de emisiones, reubicación de fuentes fijas críticas a zonas más adecuadas para su desarrollo industrial, optimización del servicio de transporte público como alternativa de reducción del uso de vehículos particulares, cumplimiento con las normas y reglamentos de emisión y verificación a nivel de autoridades y usuarios respectivamente.

A continuación se presentan algunas medidas de control de emisiones de contaminantes para el Valle de México, de acuerdo a su origen y tipo de contaminante:

-Para el control de emisión de partículas suspendidas provenientes de las fuentes fijas y móviles que utilizan combustóleo como combustible, se sugiere una reconversión en los procesos y usos de combustibles, por otros menos contaminantes, y de mejor control, esta medida deberá priorizarse en un corto plazo.

-El ozono que procede de la emisión de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos, su control estará encaminada hacia sus precursores, es decir; a los óxidos de nitrógeno y hidrocarburos emitidos por fuentes móviles y fijas. Existen diferentes técnicas de control, de acuerdo a la fuente son las siguientes:

-Fuentes Móviles

- Cambios en los diseños del motor, por ejemplo el tipo de inyección del combustible.
- Recirculación de los gases de salida.
- Reemplazar gasolinas convencionales y motores diesel por motores que utilicen gas.
- Reemplazar motores de combustión interna por motores eléctricos.

Fuentes Fijas o Estacionarias

- Cambios en el diseño de quemadores, por quemadores de baja formación de NOx.
- Que la combustión sea en dos etapas.
- Reducción catalítica selectiva, que se considera como la más importante en la actualidad.
- Inclusión de aditivos al combustible para reducir la formación de NOx.

De acuerdo a las medidas anteriores se deberá tomar también acciones ciudadanas con el fin de contribuir al control de la contaminación, por ejemplo para el caso de vehículos automotores:

- Evitar los arranques y frenadas bruscas, acelerando y frenando paulatinamente.
- Checar los tapones de gasolina y aceite que estén cerrados herméticamente.
- Afinar el motor automovil cuando menos después de los 10.000 Km de recorrido.
- Ajustar el motor cuando el vehículo emita gases de

color azul o negro, que son señales de desgaste en los pistones y de baja compresión en el motor.

-Racionalizar el uso de vehículos particulares, sólo en casos necesarios y distancias largas de recorrido, teniendo como opciones el transporte público o la caminata en distancias cortas.

-Esperar ordenadamente el transporte público en los sitios de abordaje, con el objeto de evitar el embotellamiento vehicular.

-Cumplir concientemente con la verificación obligatoria de las emisiones vehiculares.

Por otro lado es también importante hacer recomendaciones muy generales a las industrias que principalmente utilizan derivados del petróleo, considerando las siguientes acciones:

1) Aquellas industrias que utilicen combustóleo en sus procesos, deberán procurar sustituirlo por gas natural, por ser menos contaminante.

2) Instalar mecanismos de control de cenizas y partículas en sus instalaciones.

3) Realizar reconversiones en sus procesos industriales, con el fin de obtener ahorros en sus inversiones de materia prima, combustibles y a la vez modernizar sus procesos, con la finalidad de ser menos contaminantes.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

En los últimos años la Ciudad de México se ha caracterizado por ser una de las metrópolis más contaminadas a nivel internacional, tanto en lo que respecta a las Partículas Suspendidas y Ozono las cuales han alcanzado niveles muy por encima de las Normas de Calidad del aire mexicanas. Estas tendencias en los niveles de contaminación, han llegado a causar preocupación en las autoridades respectivas y más de la ciudadanía en general, ya que son ellos los que están expuestos a estos contaminantes. Para ello es necesario establecer mecanismos técnicos y administrativos con el fin de controlar y abatir los índices de contaminación atmosférica, aplicando los reglamentos en materia de contaminación atmosférica vigentes en el País.

Por otro lado es importante la participación del Gobierno Federal, en conceder incentivos de orden Fiscal o de financiamiento, con el objeto de reemplazar los procesos de Producción obsoletos y contaminantes, por otro de mejor tecnología y de adecuados equipos de controles de emisión de contaminantes.

Producir y distribuir combustibles de buena calidad, de acuerdo a las tecnologías de los vehículos de reciente creación.

Paralelamente Promover el uso de convertidores catalíticos en modelos anteriores y normalizar su uso.

Apoyar con recursos técnico-económicos a los programas de investigación, así como a los estudios para la elaboración de Normas Técnicas Ecológicas y Reglamentos a las instituciones de educación superior, centros de investigación, relacionadas con el tema.

Controlar el crecimiento urbano en zonas de reserva forestal y ecológica prohibiendo asentamientos humanos irregulares.

Realizar estudios multidisciplinarios, con objeto de evitar la expansión del crecimiento poblacional, dotar de equipamiento urbano básico en colonias y zonas populares, realizar estudios continuos de efectos a la salud, etc.

Contar con un sólo sistema de información de contaminantes, efectos, fuentes emisoras, tecnologías y equipos, con el fin de realizar mecanismos de simulación, modelos de dispersión, o justificaciones para el control de las emisiones.

REFERENCIAS

- Fuentes G. V., Garcia G. A., Montes M. R., Horedia D. M. "Evaluacion de Calidad del Aire en el Valle de México" UNAM-DFPI. Elaborado para SEGUROS AMERICA S.A. Sep. 1989.
- Arthur C. Stern "Air Pollution III" Vol. IV, Ed Academic Press, New York 1977.
- John H. Seinfeld "Air Pollution", Ed. Mc. Graw-Hill Book Company, New York, 1975.
- Werner Strauss "Air Pollution Control" Part. I, Ed. Wiley Interscience, EUA. 1971.
- Henry C. Perkins "Air Pollution", Ed. Mc. Graw-Hill Book Company, EUA, 1974.
- COVITUR "Anuarios de Vialidad y Transporte del DDF", Ed. 1981 al 1987, Mexico.
- INEGI "Cartas y Planos del Edo. de México", SPP, México 1981.
- INEGI "Anuario Estadístico del Distrito Federal", SPP, México 1989.
- SEDUE "GACETA ECOLOGICA" Ejemplares No. 1/junio 1989, 2/agosto 1989, 3/diciembre 1989, México D.F.
- Memorias "VII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental", Oaxaca Méx. Sep. 1990.