

24. 72

Universidad Nacional Autónoma de México  
FACULTAD DE INGENIERIA

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA  
EN LA CIUDAD DE MEXICO.  
CAUSAS Y EFECTOS

T E S I S

Que para obtener el título de  
INGENIERO CIVIL  
P r e s e n t a

FRANCISCO JAVIER DE GYVES CORDOVA

México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-264

Al Pasante señor FRANCISCO JAVIER DE GYVES CORDOVA,  
P a s a n t e .

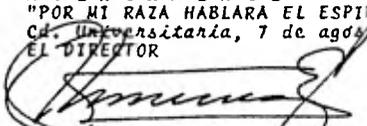
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Ernesto Murgula Vaca, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniería CIVIL.

"LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD DE MEXICO,  
CAUSAS Y EFECTOS"

1. La atmósfera.
2. Fuentes contaminantes.
3. Degradación de la atmósfera.
4. Medidas preventivas.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 7 de agosto de 1980  
EL DIRECTOR

  
ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

  
JJE/08/11/ser

	<u>PAG.</u>
CAPITULO I LA ATMOSFERA	3
1.1 COMPOSICION DE LA ATMOSFERA	4
1.2 LAS CAPAS ATMOSFERICAS	9
1.3 CALIDAD DEL AIRE. LIMITES PERMISIBLES	11
1.4 LA ATMOSFERA EN LA CIUDAD DE MEXICO	20
1.5 EL FENOMENO DE INVERSION	22
CAPITULO II FUENTES CONTAMINANTES	26
2.1 DIFERENTES FUENTES	27
2.2 EL AUTOMOVIL	30
2.3 TIPOS DE CONTAMINANTES	35
CAPITULO III DEGRADACION DE LA ATMOSFERA	40
3.1 ANTECEDENTES HISTORICOS	42
3.2 EFECTO DE LOS CONTAMINANTES	
3.2.1 EN EL AMBIENTE	45
3.2.2 EN EL HOMBRE	51
CAPITULO IV MEDIDAS PREVENTIVAS	57
4.1 EN LAS DIFERENTES FUENTES	57
4.2 MONITOREO	63
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA	69

C A P I T U L O I  
LA ATMOSFERA

La Tierra es única en varios aspectos. Ningún otro planeta del Sistema Solar posee sus grandes Océanos ni una atmósfera de composición similar a la de la Tierra.

La Atmósfera es una mezcla de gases y aerosoles, - siendo estos últimos pequeñas partículas líquidas y sólidas - dispersas en el mismo.

El término "aire" se utiliza como refiriéndose a un gas determinado, pero en realidad no es así. El aire es una mezcla de muchos gases; algunos de ellos se consideran como parte integrante de la atmósfera, porque están siempre presentes en ella.

El "equilibrio" de estos componentes se conserva gracias a la cooperación que existe en la naturaleza entre las diferentes formas de vida. Así, la vida vegetal absorbe bióxido de carbono para crear y prosperar, y desprende oxígeno como residuo de su actividad. La vida animal, por el contrario, debe absorber oxígeno para vivir y desprende bióxido de carbo

no como desecho. Hay otras formas en que la naturaleza conserva este equilibrio: la acción de los océanos, de los vientos, de los bosques y de las rocas.

Sin embargo, el hombre, en su afán, en su lucha irreflexiva por conquistar la naturaleza, amenaza con romper este "equilibrio".

Se quema tanto combustible para conducir automóviles, mover fábricas, producir energía eléctrica, hacer volar los aviones, etc., que se está consumiendo oxígeno y produciendo bióxido de carbono, lanzando enormes cantidades de otros gases y polvos de desecho, a tal velocidad que la naturaleza apenas puede mantener el ritmo.

El hombre ha manifestado hasta hace poco tiempo, latencia a pasar por alto el hecho de que depende completamente de la gran "red de funciones y organismos" que constituyen los "ciclos rítmicos de la naturaleza", en la que una parte del ambiente se alimenta de otra. Este es el concepto básico de la "Nueva Conservación".

#### 1.1 COMPOSICION DE LA ATMOSFERA

Las diferentes capas de la atmósfera están compuestas principalmente de nitrógeno y oxígeno; va disminuyendo en den

sidad a medida que aumenta la distancia a la superficie terrestre, hasta que a una altura proximada de los 400 Km. comienza a difundirse con el vacío del espacio exterior.

En la tabla No. 1 se presentan las concentraciones en partes por millón de los principales gases normales en el "aire seco".

TABLA No. 1

G A S	CONCENTRACION (p.p.m.)
NITROGENO	780,900
OXIGENO	209,400
ARGON	9,300
BIOXIDO DE CARBONO	315
NEON	18
HELIO	5.2
METANO	1.0 - 1.2
KRIPTON	1.0
OXIDO DE NITROGENO	0.5
HIDROGENO	0.5
XENON	0.08
BIOXIDO DE NITROGENO	0.02
OZONO	0.01 - 0.04

Además de estos gases normales en la atmósfera, existen otras, que por presentarse en cantidades desiguales se les denomina gases variables.

Uno de los gases más variables de la atmósfera es el "vapor de agua". Algunas veces se emplea el término "humedad de aire" para designar no sólo la cantidad de H<sub>2</sub>O que constituyen las nubes. La concentración de este compuesto en la atmósfera depende principalmente de las condiciones geográficas.

En la siguiente tabla se resumen los principales gases en la atmósfera.

PRINCIPALES GASES VARIABLES.- TABLA No. 2

Vapor de Agua	(H <sub>2</sub> O)
Anhídrido Carbónico	(CO <sub>2</sub> )*
Monóxido de Carbono	(CO )
Anhídrido Sulfuroso	(SO <sub>2</sub> )
Anhídrido Nitroso	(NO <sub>2</sub> )

\* El anhídrido carbónico está distribuido uniformemente en la atmósfera, pero aumenta a razón de 0.7 p.p.m. cada año.

De los componentes principales de la atmósfera (Ver tabla No. 1), el nitrógeno es un gas relativamente inerte, que reacciona con otras sustancias sólo en circunstancias especiales, por lo que su concentración en la atmósfera permanece -

prácticamente constante. El oxígeno, según recientes estudios desciende su concentración continuamente por la disminución de la cubierta vegetal y la utilización de combustibles fósiles.- No obstante, según muchos autores, existe un equilibrio virtual entre la producción fotosintética y su utilización por los animales y las bacterias.

Un gas muy importante, desde el punto de vista humano, es el ozono. Su molécula está compuesta por 3 átomos de oxígeno (O<sub>3</sub>). Se encuentra en pequeñas cantidades (menos de un --- 0.00005% en volumen), y generalmente en la capa comprendida entre 10 y 50 Km. de altura. La capa de ozono no es constante, - varía con la altura, la latitud, la estación del año y la hora.

El ozono se origina como consecuencia de reacciones fotoquímicas. Las moléculas de oxígeno que absorben la radiación solar de onda corta, se disocian y forman átomos de oxígeno (O) que al colisionar con otros átomos, moléculas o diversas partículas, se transforman en ozono (O<sub>3</sub>). Este a su vez tiene gran tendencia a absorber la radiación solar ultravioleta, y se ioniza produciendo O y O<sub>2</sub>.

Otro gas común en la atmósfera es el anhídrido carbónico cuya concentración se ve incrementada paulatinamente por la utilización de combustibles fósiles. El interés en este -- gas no es por sus efectos tóxicos, sino por el hecho de que tie

ne una eficiente absorción de la radiación solar infrarroja, - por lo que influya en los intercambios de energía en la atmósfera, produciendo un calentamiento en sus capas inferiores. - Debido a que la atmósfera está en continuo movimiento, es difícil estimar la magnitud real de este calentamiento.

La atmósfera contiene también pequeñas cantidades de partículas sólidas y líquidas. Las de mayor tamaño están relacionadas con las nubes, nieve y granizo. Además, existen las pequeñas que en su mayoría son invisibles a simple vista. La mayor parte de estas partículas están formadas por: suelo, sales que permanecen al secarse gotas de agua de los océanos, humos originados por procesos de combustión, sulfatos, nitratos, etc.

## 1.2 LAS CAPAS ATMOSFERICAS

La superficie terrestre acumula la mayor parte de la radiación solar; por lo tanto, es lógico que la temperatura del aire sea más elevada cerca del suelo y que disminuya con la altura.

En el pasado se creía que la temperatura seguía disminuyendo al aumentar la altura; sin embargo esta idea se desechó con la invención del radiosonda y posteriormente con los cohetes de sondeo, se definió la temperatura de la atmósfera hasta una altura considerable.

En función a la temperatura de la atmósfera, podemos dividirla en diferentes capas; ésto es, la temperatura disminuye al aumentar la altura hasta unos 12Kms., en donde la tendencia cambia bruscamente; a este nivel se le conoce como "tropopausa" y separa la capa inferior, "tropósfera", de la siguiente, "estratósfera". La altura del nivel de la "tropopausa", varía -- con la latitud: su altura media es de 18 Kms. en el Ecuador, y 8 Kms. en la zona de los polos.

En la estratósfera, la temperatura aumenta gradualmente con la altura hasta los 50Km., este nivel se denomina "estratopausa" y está rodeado por una capa cálida que se debe a la -- absorción de radiación solar ultravioleta por el ozono. Este --

nivel de "estratopausa" separa la estratósfera de la "mesósfera".

En la "mesósfera" la temperatura disminuye al aumentar la altura hasta los 80 Km., en donde existe el nivel llamado -- "mesopausa"; este nivel separa la "mesósfera" de la siguiente - capa, la "termósfera", en donde la temperatura aumenta con la - altura.

Dentro de la "termósfera" se encuentra una pequeña capa de mayor densidad con gran concentración de partículas cargadas eléctricamente, esta capa se denomina "ionósfera". Esta se origina por la radiación solar de onda ultracorta que ioniza - los átomos de nitrógeno y oxígeno.

### 1.3 CALIDAD DEL AIRE. LIMITES PERMISIBLES.

El creciente interés de la población en conocer la calidad del aire en las zonas urbanas de México ha conducido a -- las autoridades ambientales a buscar la forma más efectiva para mantener a la población informada al respecto. Para ello, la - Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente creó a fines de 1977 el índice mexicano de calidad del aire ( IMEXCA).

#### INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.

Es aquél que valúa y transforma las concentraciones de un conjunto de contaminantes a un número adimensional, el cual indica el nivel de contaminación presente en una cierta localidad.

El procedimiento para manejar las concentraciones de - los contaminantes con objeto de obtener un número significativo, depende básicamente del algoritmo que se utilice particularmente en el índice.

El principal problema al que se enfrentan las personas encargadas de obtener el índice, es el de cómo valuar los efectos de los contaminantes. Dentro de los diversos índices utilizados en el mundo, se ha propuesto un cierto número de factores de evaluación, siendo el más aceptable aquél que considera las-

Normas de calidad del aire como la base para determinar los efectos. Este enfoque fué utilizado en el desarrollo de Indices de calidad del aire tales como PINDEX, OAK RIDGE AIR QUALITY INDEX (ORAQI), MITRE AIR QUALITY INDEX (MAQI), EXTREME VALUE INDEX (EVI), y más recientemente en el POLLUTANT STANDARD-INDEX (PSI) utilizado en los Estados Unidos.

El PINDEX (Polutant Index) fué desarrollado por Babcock y la primera versión del mismo se basaba en considerar los contaminantes con factores derivados de las normas de calidad del aire de California en 1969.

El PINDEX se obtiene por adición a las concentraciones de partículas (P.M.), óxidos de azufre ( $SO_x$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), Oxidantes (OX) y un factor sinérgico de óxidos de azufre y partículas (S y N).

La ecuación para obtener este índice es la siguiente:

$$\text{PINDEX} = \frac{H C}{19,300} + \frac{C O}{7,250} + \frac{S O_x}{1,430} + \frac{N O_x}{514} + \frac{P.M.}{375} + \frac{O_x}{214} + S y N$$

El factor sinérgico es igual a:

$$S y N = \frac{SO_x}{1,430} \quad \text{ó} \quad S y N = \frac{P.M.}{375}$$

NOTA: Se escoge el menor de los dos.

El ORAQI fué desarrollado por Badcock, Thomas y Shukts en 1971, este índice combina las concentraciones ambientales de partículas totales en suspensión (TSP), óxidos, de azufre, -- bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono utilizando una ecuación sumatoria:

$$\text{ORAQI} = \left( 5.7 \sum \frac{C_i}{S_i} \right) 1.37$$

Donde:

$C_i$  = concentración observada del contaminante.

$S_i$  = 24 norma ambiente para el contaminante "i"

El MAQI fué desarrollado por la MITre Corporation en 1972, basándose en la relación de las concentraciones máximas - horarios y anuales a las Normas Federales Americanas.

Este índice se define como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada índice de contaminante individual.

$$\text{MAQI} = \sqrt{I_{CO}^2 + I^2_{SO_2} + I^2_{P.M.} + I^2_{NO_2} + I^2_{OX}}$$

en la cual:

$$I_{CO} = \sqrt{\left( C_s/S_s \right)^2 + \sigma \left( C_1/S_1 \right)^2}$$

$$Iso_2 = \sqrt{(Ca/Sa)^2 + \sigma_1 (Cza/S_{24})^2 + \sigma_2 (C3/S3)^2}$$

$$I_{p.m.} = \sqrt{(Ca/Sa)^2 + \sigma (C2/S_{24})^2}$$

$$I_{ox} = \frac{Ci}{Si}$$

$$I_{NO2} = \frac{Ca}{Sa}$$

$\sigma, \sigma_1, \sigma_2 = 1$                       Si  $C/S \geq 1$                       o cero en --  
 otros casos.

En estas ecuaciones los subíndices numéricos se refieren a promedios horarios, y el subíndice "a" se refiere al promedio anual. En la escala MAQI el valor de 1 o menos, asegura que ninguna de las normas ha sido sobrepasada, mientras que un valor mayor de 3 asegura que, cuando menos, una ha sido excedida, siendo el rango entre 1 y 3 ambiguo. Este índice se usa -- para resultados a largo plazo.

El índice EVI es un índice de tendencias a largo plazo también. Pero éste se basa en concentraciones promedio a corto plazo en un rango del 1 a 24 horas durante un año. Se define -- con la siguiente ecuación:

$$EVI = \sqrt{I^2 \text{ co} + I^2 \text{ so}_2 + I^2 \text{ P.M.} + I^2 \text{ ox}}$$

Y cada componente se define como:

$$I_n = \sqrt{\sum_j \left[ \sum_i \sigma_i \frac{(C_{nj})i}{S_{nj}} \right]^2}$$

DONDE "j" representa un promedio de concentración de un término corto ( 1,2,8,24 hrs. )

"i" es el número de promedios durante el año.

Si es "cero", C<sub>nj</sub> no ha excedido del estándar S<sub>nj</sub> y - es "uno" en caso contrario.

El PSI fué desarrollado por Thom y Ott en 1975 y luego el Gobierno Norteamericano lo modificó ligeramente para tomarlo como índice nacional. Incluyendo 6 variables de contaminación: monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), partículas - totales en suspensión ( TSP ) y el producto de los dos últimos - ( TSP x SO<sub>2</sub> ). El PSI tiene 5 categorías definidas:

- ( 0 - 50 ) bueno
- ( 51 - 100 ) Moderado
- ( 101- 200 ) insalubre.

( 201 - 200 ) muy insalubre.

( 301 -6 más) peligroso.

Los subíndices se calculan de "modo máximo", ésto es,- reportando únicamente el máximo subíndice apoyándose en los puntos de quiebre que se presentan en la siguiente tabla:

T A B L A N°3

PUNTOS DE QUIEBRE PARA EL CALCULO DEL PSI

	CO ppm	SO2 ppm	TSP ug/m3	SO <sub>2</sub> X TPS (ug/m3)2	NO2. ppm.	OX ppm.
tiempo promedio (hora)	NA	8	24	24	NA	1 1
50% de la norma primaria americana de calidad de- aire.	50	4.5	a 0.03	a 75	b	b 0.04
Norma primaria america- na de calidad del aire	100	9	0.14	260	b	b 0.08
Alerta	200	15	0.3	375	65,000	0.6 0.20
Precaución	300	30	0.6	625	261,000	1.2 0.40
Emergencia	400	40	0.8	875	393,000	1.6 0.50
Daño significativo	500	50	1.0	1,000	490,000	2.0 0.60

Thom y Ott han propuesto para otros países un concepto más simple que el PSI para formar un índice internacional-Uniforme: el UNIPLEX.

El índice mexicano de la calidad de aire (IMEXCA) está basado en el PSI, el UNIPLEX y las Normas Mexicanas de calidad del aire, utilizando éstas últimas como puntos de quiebre tentativos.

Las variables seleccionadas para este índice fueron; monóxido de carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno -- (NO<sub>2</sub>), partículas totales en suspensión (PST) y el producto - de dióxido de azufre por las partículas totalmente suspensión (SO<sub>2</sub> x PST).

La "reducción de visibilidad" no fué incluida directamente en el índice, sin embargo, como es uno de los primeros efectos de la contaminación atmosférica, se consideró fundamentalmente el desarrollar una metodología apropiada para - en un futuro incluir este importante punto en el índice.

Con objeto de proporcionar un valor índice único, se decidió utilizar (como en el PSI) el valor máximo, ya que el uso de un índice combinado está sujeto a problemas de eclipsamiento y ambigüedad (problema que hace notar Ott); problemas de Eclipsamiento porque puede darse el caso de que uno o más

contaminantes están excediendo la norma de calidad del aire - y sin embargo el índice combinado no reporta este hecho de - ambigüedad, ya que en otras ocasiones el índice puede dar la falsa impresión de que se ha violado una norma cuando ésto no es cierto.

Por ésto en el IMEXCA se reporta al subíndice máximo para cada zona, indicando el contaminante que le dió origen. (tabla No. 4)

La función que expresa el Índice mexicano es:

$$\text{IMEXCA} = \text{Max} (I_1, I_2, \dots, I_n)$$

$I_1, I_2, I_n$  = son los Subíndices individuales para cada uno de los "n" contaminantes.

Los 5 puntos que utiliza el IMEXCA son:

Bueno	(0 - 50)
Satisfactorio	(51 - 150)
No satisfactorio	(151 - 200)
Malo	(201 - 300)
Muy Malo	(301 - 500)

Los puntos de quiebre para el IMEXCA se presentan en la siguiente tabla:

T A B L A N O . 4

IMEXCA	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PROM 24 Hrs.)	PARTICULAS SUSPENDIDAS FRACCION RESPIRATORIA	BIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> ) (PROM. 24 Hs)	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES XSO <sub>2</sub> PROM 24 Hrs.	P S - F S X SO <sub>2</sub> PROM 24 Hrs.	OZONO (O <sub>3</sub> ) (PROM. 1 - Hr.	MONOXIDO DE NITROGENO (NO) (PROM) 8 Hr.	BIOXIDO DE NITROGENO (NO <sub>2</sub> ) (PROM. 1 Hr.)
	Mg / m <sup>3</sup> .	Mg / m <sup>3</sup> .	P.p.m.	Ppm. x Mg/m <sup>3</sup>	Ppm x mg/m <sup>3</sup>	P.p.m.	P.p.m.	P.p.m.
50	175	100	0.07	2.3	1.3	0.07	.7	0.2
100	350	190	0.13	8.5	4.5	0.14	14	0.4
200	510	240	0.35	35	17.0	0.27	23	0.8
300	675	275	0.6	75	34.0	0.4	32	1.2
400	935	305	0.8	125	55.0	0.5	41	1.6
500	1000	330	1.0	187	80.0	0.6	50	2.0

#### 1.4 LA ATMOSFERA EN LA CIUDAD DE MEXICO

El problema de la contaminación atmosférica se agudiza al referirse a la Ciudad de México por dos importantísimas características de ésta. La primera son las "condiciones topográficas" - de valle, rodeado de altas montañas que favorecen su adecuada ventilación. La segunda su "altitud" sobre el nivel del mar (2240 M.S.N.M.) la cual conduce a un incremento en la emisión de ciertos contaminantes y a una mayor actividad química, responsable de la niebla fotoquímica (SMOG).

Debido a la altitud, la emisión de vehículos se incrementa en 100% en monóxido de carbono y 80% en hidrocarburos; por otro lado, se presenta una disminución de 40% de óxido de nitrógeno.

La ubicación de la Ciudad de México en el rincón Suroeste del Valle, la sitúa en general al abrigo de los vientos por lo que la ventilación del aire en las calles es deficiente sobre todo en el centro de la Capital donde la mayor densidad de edificios elevados, contribuye a reducir aún más la renovación lateral del aire.

Durante el día el calentamiento del aire urbano por la insolación genera turbulencias convectivas que favorecen la dilución de los contaminantes en el sentido vertical. Y es

frecuente observar al mediodía cómo el manto de humos y gases que se cierne sobre la Ciudad, se expande verticalmente y se desborda, en ocasiones más allá del área urbana en concentraciones decrecientes y se desplaza llevada por los vientos dominantes hacia el Sur y al Poniente derramándose sobre los Valles de Cuernavaca y Toluca.

Al caer la tarde subsisten los movimientos turbulentos atmosféricos y al aire superficial comienza a estratificarse al enfriarse por contacto con superficies urbanas que van perdiendo calor por radiación hacia el Cielo. Este proceso se acentúa por la noche hasta el amanecer. Como consecuencia los contaminantes quedan atrapados por una capa de aire caliente: el fenómeno de inversión.

### 1.5 EL FENOMENO DE INVERSION

En la atmósfera, además de todos los componentes ya estudiados, se encuentran muchos otros, definidos como contaminantes.

Por suerte para nosotros como tantas otras cosas que ocurren en la naturaleza, la atmósfera tiene una capacidad de autopurificación. Entre otras propiedades autopurificadoras está su movilidad, llevándose los residuos de la actividad humana.

El movimiento de la atmósfera depende de 3 factores:

- 1) El efecto calefactor del sol.
- 2) El movimiento de rotación de la Tierra.
- 3) La fricción entre la atmósfera y "la tierra en rotación".

Ayudado por estos 3 factores y el hecho de que la radiación solar la absorbe en su mayoría la superficie terrestre, calentando al aire que se encuentra cerca, existen corrientes de aire originadas por el movimiento ascendente de los aires calientes de la superficie y movimiento descendente de los aires fríos que se encuentran arriba. Lo que origina que la atmósfera puede recoger y lanzar lejos una gran carga-

de polvo, de suciedad, humo, partículas en suspensión y gases malignos.

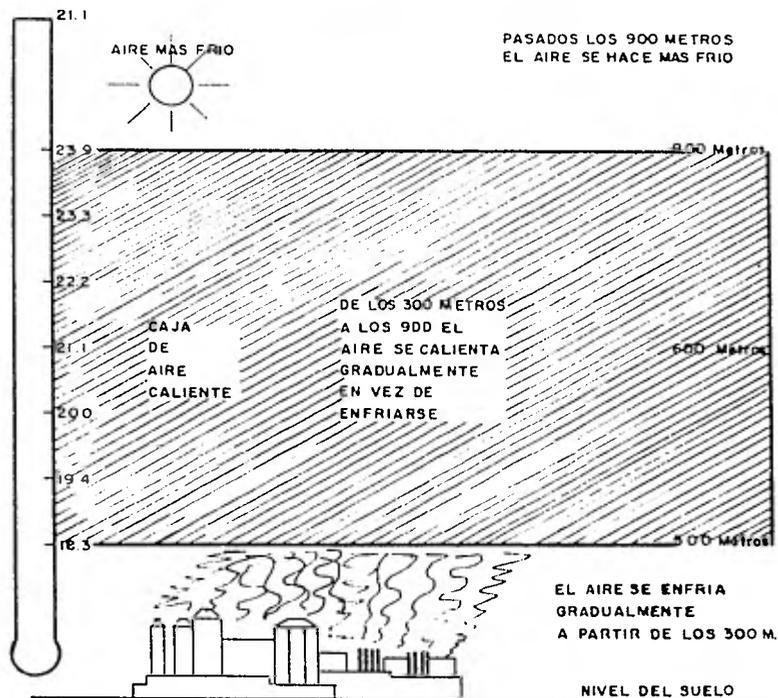
También la lluvia forma parte de los autopurificantes de la atmósfera, "lava" el aire y devuelve al suelo parte de los contaminantes. Puede verse fácilmente al observar después de una lluvia, las manchas de hollín y partículas en suspensión que quedan en los cristales de las ventanas o en el parabrisas de un automóvil.

Los vientos también son un factor importante, ya que arrastra los contaminantes fuera de las poblaciones.

Ahora bien, se encuentra un cierto nivel de contaminación en la Ciudad en un día claro, en que soplan vientos. ¿Cómo será en los días en que no haya nada de viento?

No hay que preocuparse únicamente de que sople o no viento, la atmósfera tiene otros fenómenos en contra para provocar que permanezcamos cubiertos por contaminantes. A veces asciende una cuña de aire caliente por encima de una capa de aire más frío. Como es lógico, la circulación en la atmósfera tiene lugar cuando el aire caliente de la superficie asciende, y el aire frío de arriba desciende. Pero si el aire del suelo es "más fresco que el de la capa superior", no subirá y el aire caliente (de arriba en este caso) actuará como tapadera de una "olla"-

# FENOMENO DE INVERSION



evitando que los contaminantes suban y sean acarreados por el viento. Este fenómeno se le llama de inversión.

Las inversiones se pueden presentar en cualquier parte y con una frecuencia de 20 a 75% del tiempo. A veces puede durar varios días pudiendo ocasionar la muerte de la población.

En el caso de la Ciudad de México, las inversiones - térmicas se presentan prácticamente todos los días, pero afortunadamente su duración no es lo suficientemente larga para producir condiciones críticas o de alarma.

## C A P I T U L O   I I

### FUENTES CONTAMINANTES

Las principales fuentes contaminantes tienen su origen en:

- 1) El transporte
- 2) Combustión de las Industrias y desechos.
- 3) Polvo natural, producto de la erosión de la zona lacustre
- 4) Polvo originado por la construcción y demoliciones
- 5) Incineración de desechos.
- 6) Plantas de concreto asfáltico

Además de todos estos contaminantes mencionados, --- existen otros, llamados "contaminantes menores" que debido a su baja aportación no se les valúa peligrosos para la salud.

Sin embargo mientras más se requiere de producción industrial, transporte, energía, se van creando conjuntamente más fuentes contaminantes.

## 2.1 DIFERENTES FUENTES

Las diferentes fuentes contaminantes están clasificadas según la "Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental" (Diario Oficial, 23 de Marzo de 1971) y son las siguientes:

1) Fuentes Naturales, que incluyen áreas de terrenos erosionados, terrenos desecados, emisiones volcánicas y otras semejantes; en el caso de la Ciudad de México la de mayor importancia es la zona lacustre (Vaso de Texcoco).

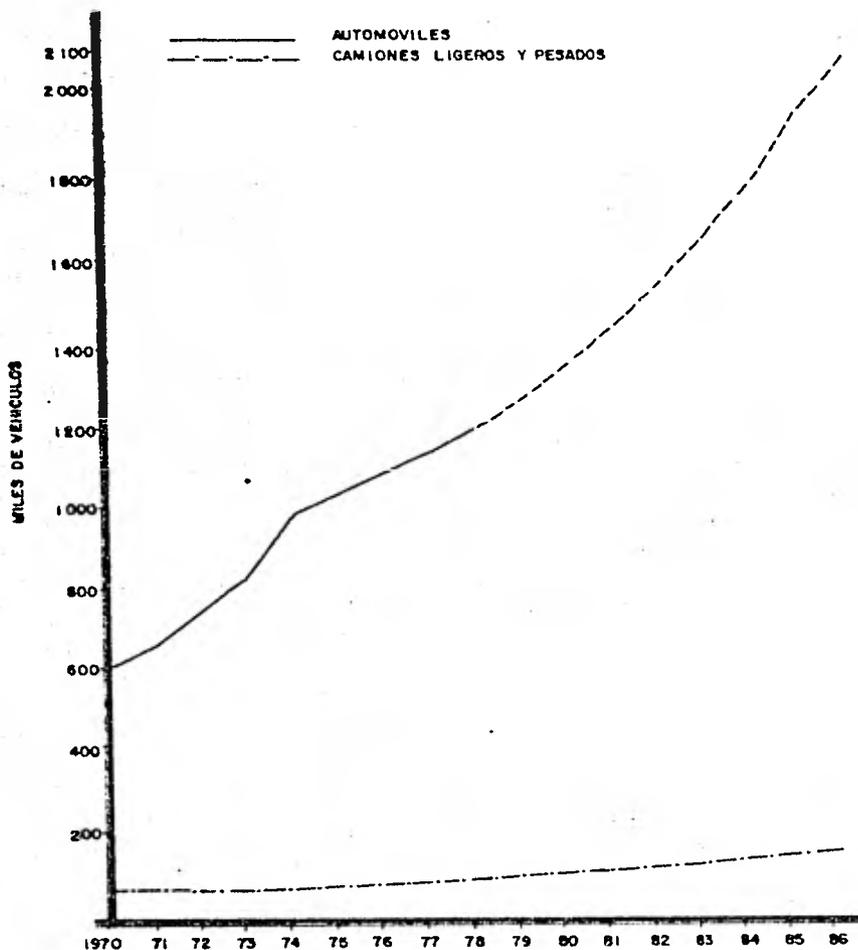
2) Fuentes artificiales, incluyen todos los productos de la tecnología y acción del hombre, entre las cuales se encuentran:

a) Fuentes fijas, como fábricas, calderas, talleres, termoeléctricas, refinerías, plantas químicas y cualquiera -- otra análoga a las anteriores.

b) Móviles, como vehículos automotores de combustión interna, aviones, locomotoras, barcos, motocicletas y demás similares.

c) Diversas, como la incineración, quema a ciclo -- abierto de basuras y residuos y otras que consuman combusti-

CRECIMIENTO DE LA POBLACION VEHICULAR (1970-1986)  
AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.



bles que produzcan o puedan producir contaminación.

El desproporcionado desarrollo de nuestra economía - ha propiciado el que en el Valle de México, se encuentran instaladas multitud de industrias, que con su producción representan el 50% de la producción industrial del País.

Entre otras se encuentran: una refinería de petróleo, termoeléctricas, fábricas de cemento, industria siderúrgica, industria del papel y celulosa, industria agroquímica, industria química, fábricas de vidrio, hule, etc.

Respecto a las fuentes móviles, puede decirse que -- circulan arriba de los dos millones de vehículos con un crecimiento estimado del 12% anual. Como consecuencia resultan -- los constantes congestionamientos que incrementan al problema. Además el mal estado de mantenimiento de los vehículos se une también, dando como resultado que la fuente número uno de la contaminación en el Valle de México, son los vehículos de combustión interna.

## 2.2 EL AUTOMOVIL

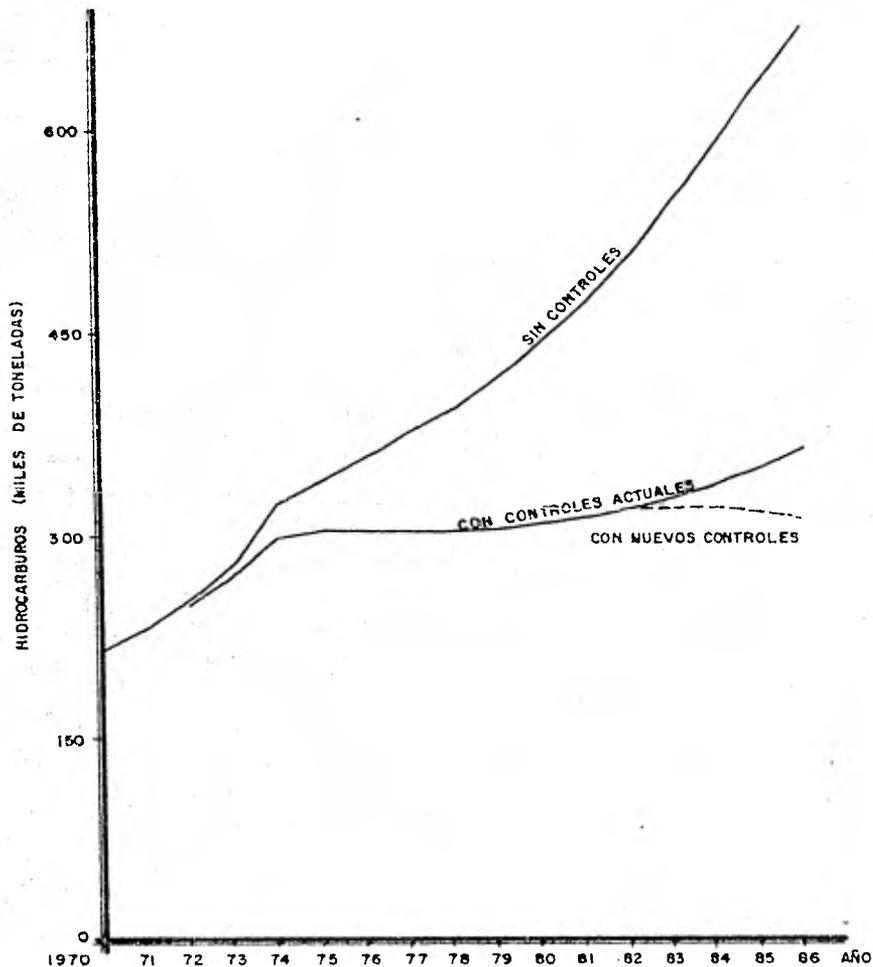
El automóvil viene a constituir la fuente de contaminación más importante de la Ciudad de México. Según los informes de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente, hasta un 80% del total de las emisiones contaminantes provienen del automóvil.

Para entenderlo mejor, veamos como trabaja el automóvil. Los coches añaden impurezas al aire de varias maneras. Los contaminantes proceden del cárter, del carburador, del depósito de gasolina y sobre todo del tubo de escape.

El carburador es el dispositivo que recibe un poco de gasolina, la mezcla con mucho aire y envía los vapores a los cilindros. En éstos, los gases son comprimidos por los pistones y explotan con las chispas de las bujías. Esta explosión proporciona la fuerza que mueve las ruedas. Y este es el motor llamado de combustión interna, porque la gasolina se quema dentro de los cilindros.

Por el carburador que nunca se queda sin gasolina, existen unos agujeros de ventilación para que por allí salgan los vapores y evitar que la presión suba, a esta evaporación de la gasolina se le llama "pérdida por calentamiento", y constituye aproximadamente un 15% del total de hidrocarburos que-

EFFECTO DE LA APLICACION DE CONTROLES EN LA REDUCCION DE EMISIONES DE HIDROCARBUROS (VEHICULOS DE GASOLINA)



desprende un coche.

El cárter es el recipiente que está debajo de los cilindros y que contiene el aceite que lubrica el cigueñal. De bido a la fuerte presión que ejercen los pistones sobre la gasolina en los cilindros, algunos vapores se escapan por los - pistones hacia el cárter y de aquí al aire. Esta pérdida se llama "fuga" y constituye hasta un 20% de los hidrocarburos, - si no se controla.

El 65% restante se expulsa por el tubo de escape. Es una mezcla de bióxido de carbono, monóxido de carbono, gasolina sin quemar (hidrocarburos), vapor de agua y sobre todo -- "plomo" cuya importancia se tratará mas adelante.

Mucha gente cree que como los gases del escape de un vehículo de motor diesel son humos negros y huelen mal, son de mayor peligro que un automóvil, cosa que no es cierto, pues - además de emitir menos contaminantes, los sólidos son de ma--yor tamaño y ésto hace que caigan al suelo y no formen aerosoles como en el caso de gases emitidos por el escape de un au--tomóvil de gasolina.

El Gobierno en su afán de contribuir a la solución - del problema, ha exigido en vehículos y camiones "Sistemas -- anticontaminantes" que actúan como filtros que reducen la emi

sión de humos y partículas.

En relación a ésto el "Reglamento para prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos" hace mención en sus artículos:

ART. 13°.- Las emisiones de humo, provenientes de vehículos o equipos accionados por motores de combustión interna (ciclo de gasolina), no deberán tener una duración mayor de diez segundos consecutivos.

ART. 14°.- Las emisiones de humo, producidas por vehículos o equipos accionados por motores de combustión interna que operen con combustible diesel, no deberán ser de una opacidad o densidad de humo, por períodos mayores de diez segundos, igual o mayor que la correspondiente al número dos de la carta de humo de Ringelmann, excepto el período de calentamiento inicial del motor, el cual no deberá exceder de quince minutos.

Los principales contaminantes provenientes de un automóvil son:

1) Hidrocarburos.- Producidos por el combustible que no se alcanzó a quemar.

2) Monóxido de carbono.- Producido por el combustible parcialmente quemado.

3) Oxidos de Nitrógeno.- Producidos por la unión de oxígeno y nitrógeno en combinación con calor.

4) Otros Oxidos.- Oxidantes fotoquímicos, formados por la mezcla de hidrocarburos con óxidos de nitrógeno; con presencia de la luz solar.

### 2.3 TIPOS DE CONTAMINANTES

Los contaminantes pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos. Los dos primeros deben ser de un tamaño suficientemente pequeño para no sedimentar y formar aerosoles, lo que se obtiene sólo cuando las partículas tienen diámetros del orden de 30 micras o menos.

Entre los contaminantes sólidos, tenemos el humo, el hollín y cenizas, polvo natural, polvo producido por demoliciones, plomo etc.

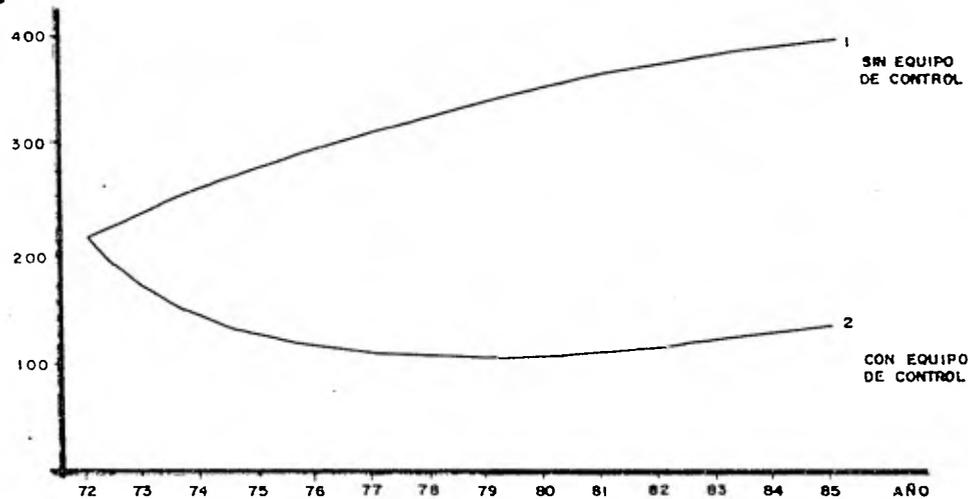
Los procesos industriales envían al aire fluoruros, óxidos de hierro y aluminio, cemento, sulfatos, carbonatos y otros que constituyen a menudo sólo daños y molestias localizadas.

Los vehículos lanzan quizá el contaminante sólido de mayor importancia en la Ciudad de México, el "plomo"; emitido por el escape de los automóviles y proviene de la gasolina cuyo octanaje se obtiene según sea la adición de plomo.

El tetraetilo de plomo ha alcanzado enormes proporciones en la atmósfera, y su toxicidad es de gran peligro para la vida humana y animal. En los Estados Unidos se ha solucionado el problema eliminando el plomo de la gasolina, modi-

# EMISIONES DE PARTICULAS

EMISIONES  
TON x 10<sup>3</sup>



ficando los motores de los automóviles. En México se está intentando sustituir el plomo por alcohol.

También de gran importancia en el problema de Contaminación del aire en la Ciudad de México está el "Polvo natural" integrado la atmósfera por las "tolvaneras". En la época de estiaje el suelo queda expuesto a la erosión y se producen con frecuencia estas "tolvaneras".

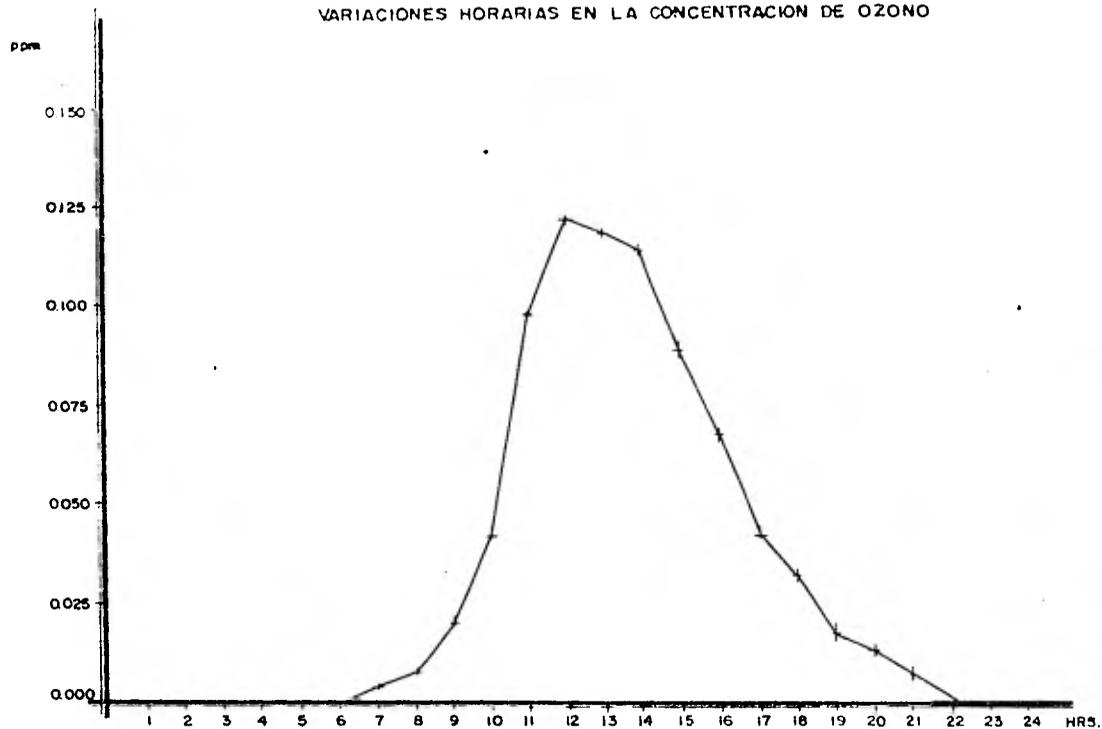
Naturalmente más que tener importancia por sus efectos en la salud, la tiene en el problema de la visibilidad.

El contaminante líquido más importante está constituido por las nieblas de ácido sulfúrico, formadas principalmente por oxidación del anhídrido sulfuroso, a las que se atribuyen una gran proporción de los daños a la salud.

Los gases más contaminantes son el anhídrido sulfuroso, monóxido de carbono que proviene de la combustión de los automóviles, los óxidos de nitrógeno formados cuando el aire se expone a altas temperaturas, el monóxido de carbono de gran peligro para la salud, los hidrocarburos, etc.

Es bueno hacer notar, que además de la importancia que tienen cada uno de los contaminantes por su composición propia; es en ocasiones más peligroso el compuesto resultante

VARIACIONES HORARIAS EN LA CONCENTRACION DE OZONO



entre la reacción de dos de estos compuestos. Esto generalmente sucede en los gases, y a través de la acción de los rayos del Sol (reacciones fotoquímicas).

Así por ejemplo, la interacción entre los óxidos de nitrógeno, el anhídrido sulfuroso, los hidrocarburos de petróleo, etc., permite la formación de cantidades apreciables de ozono en la Ciudad de México, siendo éste un oxidante muy activo. El anhídrido sulfúrico, que por combinación con la humedad del aire forma nieblas de ácido sulfúrico. Y sustancias orgánicas oxidadas, como los peroxiacetilnitratos a los que se le atribuyen muchas propiedades oxidantes y molestias del "Smog".

"Muestreos efectuados en la zona del Ajusco se ha detectado la presencia de Ozono, sin que se conozcan las causas y efectos".

C A P I T U L O   I I I  
DEGRADACION DE LA ATMOSFERA

Los contaminantes más importantes corresponde a los productos de todo tipo de combustiones. Aparte de las combustiones constituyen fuentes importantes de contaminación, los residuos industriales, especialmente los de la industria química metalúrgica y petrolera.

Sin embargo, no basta que vacíen al aire algunos contaminantes para que exista el problema; éstos deben sobrepasar una concentración y tiempo de permanencia mínimos para -- llegar a representar un riesgo en la salud humana o la economía. La atmósfera, como los cursos de agua, tiene un poder -- autopurificador, cuya acción permite que hasta ahora pueda seguir funcionando nuestra presente civilización tecnológica. -- Sin embargo esta capacidad autopurificadora tiene un límite -- que depende de las condiciones meteorológicas imperantes, que a su vez están determinadas por las condiciones geográficas.

Las condiciones meteorológicas por otra parte, se -- ven influenciadas por la topografía, existencia de ríos, masas de agua, montañas, etc.

Por ésto, es posible afirmar que según su contaminación atmosférica cada Ciudad posee características "naturales propias", que combinadas con su población, clima, concentración industrial, tipo de combustibles utilizados, etc., dan a cada problema una fisonomía propia que debe ser investigada y estudiada "individualmente". Y obviamente la solución válida para determinada Ciudad, no se puede trasladar directamente a otras confiando en obtener los mismos resultados, cosa muy común entre nosotros.

### 3.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Una de las causas fundamentales de la contaminación del aire, la constituyen las combustiones. El problema se origina como efecto de las agrupaciones humanas de cierta consideración. Desde los códigos Romanos contienen disposiciones destinadas a regular la incineración de cadáveres y la cantidad de basura que los ciudadanos podían quemar dentro de sus predios. Sin embargo es en Inglaterra en donde se encuentran las primeras referencias de un problema serio, a fines del siglo XIII.

El uso del primer combustible fósil, el carbón de piedra, en Inglaterra, debido a la importante disminución que habían sufrido los bosques ante el avance cada vez mayor de los grupos humanos agravó este problema.

La contaminación del aire como problema mundial se presenta en este siglo. En su forma actual su origen se remonta a 1930 cuando el Valle de Mosa, en Bélgica, se vio cubierto durante casi una semana por una niebla espesa a la que se atribuyó la muerte de 63 personas y de 3,000 cabezas de ganado. Un fenómeno similar ocurrió en Dorona, Pennsylvania donde en 1948 una niebla cargada de anhídridos sulfuroso y sulfúrico que duró cinco días, obligó a huir a sus habitantes después de haber enfermado 6,000 personas y morir veinte.

Más tarde en Londres en 1952, sufrieron durante cinco días también, una niebla espesa y cargada de hollín recargada como "niebla negra", Luego en Nueva York en 1963 y 1970. En Tokio en 1970 y en otras Ciudades.

Luego en 1943 Los Angeles comenzó a padecer de fenómenos similares, se veía durante más tiempo cubierta por una nebulosa de color azulado, sus habitantes comenzaban a sentir molestias cada vez más pronunciadas, que se traducían en picazón a los ojos y ataques de asma e insuficiencia respiratoria. Fué aquí donde se hizo famosa la palabra "Smog" que proviene de la contracción de Smoke (humo) y Fog (niebla) pudiéndose traducir (bruma).

Las grandes aglomeraciones urbanas exigen disponer de servicios como viviendas, energía, transporte, agua potable, Sistemas de Alcantarillado y disposición de residuos industriales. Lamentablemente, el crecimiento repentino y desmesurado de las Ciudades las ha sorprendido sin Servicios adecuados y el costo de proporcionarlos es tan elevado que difícilmente cualquier País y mucho menos aquéllos sin recursos suficientes como el nuestro, está en situación de afrontarlos. Más aún la población crece generalmente más rápido que la capacidad de aumento de los servicios, por lo que el déficit es cada vez mayor.

El metabolismo de las Ciudades exige que diariamente ingresen a éstas, numerosas sustancias que deben actuar como sus elementos nutritivos: agua, aire, energía, alimentos, materias primas, etc. Por otra parte, este mismo proceso metabólico produce una gran cantidad de desechos, de los que es indispensable disponer adecuadamente si no se desea que la Ciudad muera aniquilada por sus propios subproductos. Esto fué comprendido muy bien por las culturas primitivas que edificaron sus Ciudades a orillas de grandes ríos, que les servían como abasto de agua, medio de transporte, fuente de energía y como etapa final en la disposición de excretas humanas y otros residuos. El crecimiento de las Ciudades, sin embargo, demostró que cuando éstas excedían de ciertos límites, y muy especialmente cuando con el avance de la industrialización comenzó a aumentar el volumen de residuos, la "Autopurificación" del agua era insuficiente para la disposición adecuada de los desechos.

La urbanización e industrialización tuvo que avanzar mucho más antes de que se hiciese notorio que otro de los abastos indispensable para la vida humana tampoco era inagotable.

El hombre, apenas en los últimos 30 años ha comenzado a darse cuenta en forma cada vez más clara de que no puede seguir utilizando a la atmósfera como un gran resumidero para

sus desechos gaseosos o de partículas finas, sin poner en peligro su bienestar y su vida propia.

### 3.2.1. EN EL AMBIENTE

Hoy se cuentan ya con pruebas de que diversos contaminantes afectan y seguirán dañando la vida en este planeta.

La evidencia médica de los efectos nocivos de contaminantes diversos aumenta día con día. Además del daño que la contaminación del aire ocasiona en los seres humanos, este perjuicio es similar y en algunos casos más grave en los animales, en los vegetales e incluso en el clima.

En los animales por ejemplo, la población de "animales Silvestres" es ya mínima y casi nula en las grandes Ciudades. Probablemente porque no hay fuentes naturales de alimento para los animales depredadores ni existen guaridas para -- sus víctimas. Sin embargo, se han llevado a cabo estudios para determinar el contenido de plomo en los cuerpos de aves y mamíferos que habitan en zonas urbanas, y los resultados apoyan el hecho de que a los animales también les daña la contaminación con plomo proveniente de la gasolina que se quema en los motores de combustión interna. En la mayoría de los casos, los animales silvestres huyen de las Ciudades contaminadas porque no tienen ninguna razón económica como el hombre -- para quedarse, pero es indudable que la contaminación del aire influye en forma nociva en el Reino Animal.

El efecto de la contaminación en los vegetales puede ser de dos clases: la frecuencia de una contaminación del aire elevada ocasiona daños visibles, pero también las concentraciones crónicas, provocan con el tiempo la destrucción de los procesos fisiológicos de las plantas y afectan al crecimiento la productividad y la calidad de la vegetación.

Luego, el efecto en la visibilidad que en el caso de las grandes urbes es el que más alarma causa. Al encontrarse con este problema.

La disminución de la visibilidad es el parámetro más notorio de advertencia de la contaminación que se sufre la -- Ciudad de México.

La visibilidad disminuida crea una carga económica - en muchas ciudades. El transporte y el bienestar general se perjudican. La reducción de visibilidad en la Ciudad de México retrasa la frecuencia de aterrizajes de aviones en el Aeropuerto.

Las principales fuentes en la Ciudad de México de esta disminución de visibilidad son "tolvaneras", y en segundotérmino las partículas emitidas por los vehículos e industrías.

La visibilidad de la atmósfera disminuye debido a dos efectos ópticos que ejercen las "moléculas de gas" y los "aerosoles":

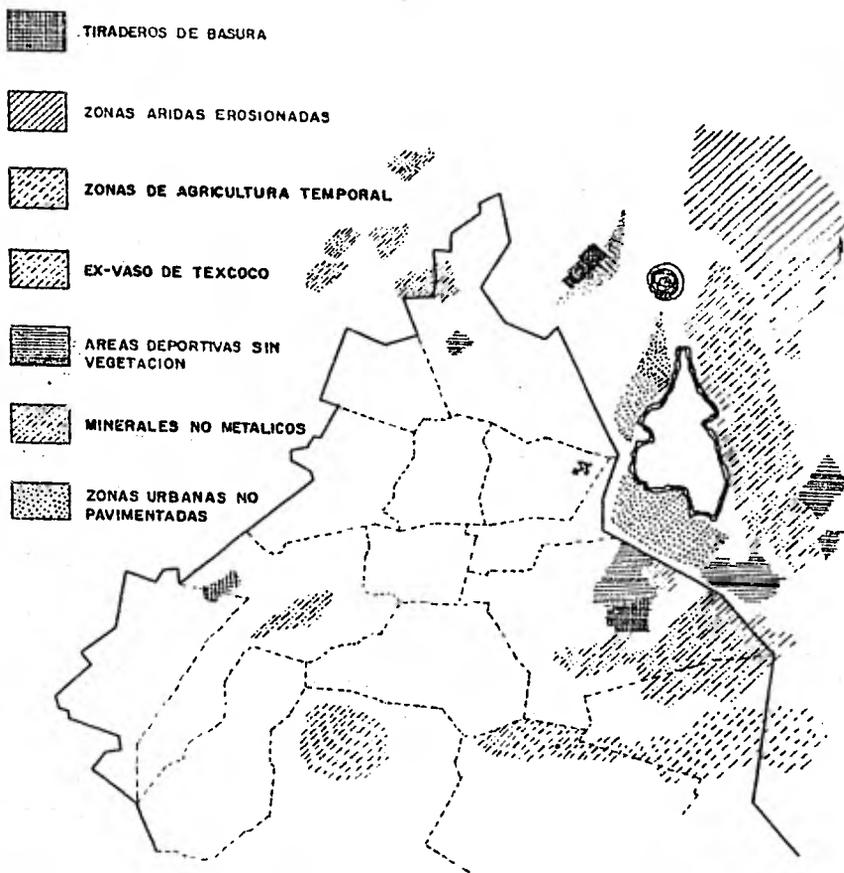
1) El menor paso de luz del objeto al observador, debido a las moléculas y aerosoles.

2) La iluminación del aire intermedio resultante de la dispersión de la luz en la línea de visión, también debido a las moléculas y a las partículas o aerosoles.

Estos dos puntos se resumen en los efectos de absorción y dispersión; que reducen el paso de luz. Estos en el caso de un área contaminada están en función del tamaño, concentración y características físicas de las partículas en suspensión de las fuentes naturales.

La disminución de visibilidad se ve afectada en gran parte por las fuentes naturales. Durante la estación de secas el nivel de contaminación en el área metropolitana se ve fuertemente incrementado por tormentas de polvo (tolvaneras). Estas tormentas se producen por la acción de vientos de velocidades altas, que inciden durante los primeros meses del año en las zonas que rodean a la Ciudad, muy erosionadas y desprovistas de vegetación, tanto por la deforestación continua -- que han sufrido, como por ser zonas áridas o de agricultura -

## FUENTES NATURALES DE POLVO



de temporal que en estos meses permanecen en barbecho.

Estos fenómenos son más intensos en la tarde durante dos o tres horas; y es en marzo cuando más frecuencia se presentan.

### 3.2.2. EN EL HOMBRE

Para poder definir el problema, se consideran dos situaciones diferentes:

- 1) La contaminación aguda de las comunidades
- 2) El fenómeno crónico.

La contaminación aguda se presenta aisladamente, en determinadas poblaciones en las que se reúnen condiciones -- excepcionales topográficas, meteorológicas y de contaminación atmosférica.

En algunos sitios el fenómeno de inversión por largo tiempo ha causado una mortalidad elevada, como en Londres en 1952. Las defunciones se produjeron entre personas de edad -- avanzada, que padecían alguna enfermedad crónica del corazón -- o de los pulmones, especialmente entre los que tenían antecedentes de bronquitis crónica. En las personas que enfermaron sin llegar a fallecer, los cuadros clínicos se caracterizaron por irritación química de los mucosos expuestos: ojos, nariz, garganta y en general, el aparato respiratorio.

Pero más que los problemas de salud originados por -- accidentes agudos, resultan mucho más importante tanto para -- las autoridades sanitarias como para la población en general;

las consecuencias de la exposición durante largo plazo, en concentraciones habituales y en situaciones meteorológicas normales, ya que éstas son las que tienen que afrontar la mayoría de los países.

Los efectos o acciones sobre la población en general puede ser de dos formas: directa o indirecta. La directa, es la que se produce al entrar en contacto los contaminantes con el organismo. La indirecta, ocurre por ejemplo, por la interferencia de los rayos solares.

El contacto de las impurezas del ambiente con el cuerpo humano, casi siempre se produce en la superficie de la piel y de las mucosas expuestas: los ojos, nariz, de los senos paranasales, de la faringe, laringe, del árbol traqueobronquial y del parénquima pulmonar. Estas mucosas pueden irritarse o bien dejan pasar a los contaminantes para que circulen por el organismo y se depositan en algún órgano, produciendo efectos inmediatos o por acumulación. En otras ocasiones, las mucosas son sensibilizadas, originando fenómenos alérgicos en la piel.

Los contaminantes irritantes pueden subdividirse en tres grupos:

1) reductores, como el anhídrido sulfuroso, polvo en suspen--

sión, etc.

2) oxidantes, como el ozono, ácidos nitrosos, etc.

Entre los del segundo grupo de agentes que circulan en la sangre y que puedan o no acumularse, están el monóxido de carbono, el plomo, los hidrocarburos policíclicos, los fluoruros, etc.

3) Alergenos, se encuentran productos orgánicos derivados de los seres vivos como plantas (polen), levaduras, mohos, pelos, plumas, etc.

De los contaminantes que se absorben y pueden causar enfermedades generales, resalta el monóxido de carbono. Su principal acción se produce al combinarse con la hemoglobina de la sangre y formar la carboxihemoglobina; este derivado impide la oxigenación de los tejidos, de los cuales los del Sistema nervioso es el más afectado.

Los síntomas ocasionados por la concentración alta y sostenida por un período largo de monóxido de carbono por: -- dolor de cabeza, mareos, y puede llegar hasta el estado de coma y a la muerte por el daño al Sistema Nervioso Central.

Otro contaminante atmosférico que se absorbe en gran

des concentraciones en la Ciudad de México y cuya acción sobre los seres humanos ha sido muy discutida, es el "plomo".

Cuando el plomo ingresa al organismo, se almacena en los tejidos y llega a producir en individuos muy expuestos, - disminución de la "Síntesis de hemoglobina", así como daño -- renal y hepático, retraso mental en niños y alteraciones de - la fecundidad y del embarazo. Por supuesto que las concentra- ciones de plomo que producen estos efectos, no se alcanzan en el ambiente atmosférico habitual. Sin embargo se advierte -- del gran peligro que este contaminante puede ocasionar. Las- principales fuentes son: el motor de vehículos de gasolina, - en los alimentos enlatados, en el agua y en el tabaco.

Considerando los contaminantes en forma general, se- ha querido hacer una relación entre el cáncer del pulmón y la contaminación atmosférica en las Ciudades; sin embargo no se- facilita hacerlo debido a otros factores de gran importancia- que cooperan en gran proporción con esta enfermedad como es - al tabaquismo.

Los óxidos de azufre, como el anhídrido sulfuroso, - el anhídrido sulfúrico, aportan 24 millones de toneladas anua- les a la atmósfera. El límite umbral normal de exposición al anhídrido sulfuroso durante un período de 8 horas es aproxima- damente de 5 partes por millón, lo que suele ser comparable-

con la mayoría de las operaciones que se realizan quemando combustibles, especialmente cuando se emplean chimeneas altas para la dispersión.

En las fundidoras esta concentración puede alcanzar 30 ó 40 veces más de la "cifra umbral", en cortos períodos y si como sucedió en Dorona, Pennsylvania en 1945 o en Londres en 1952 en la famosa "niebla negra" (3.1 antecedentes históricos) una alta concentración de bióxido de azufre queda atrapada por un fenómeno de inversión, los resultados son graves.

Las altas concentraciones de azufre son tóxicos para el cuerpo humano, pero generalmente sólo son mortales cuando existe una enfermedad respiratoria anterior, como enfisema, y afectan más a las personas de edad avanzada. El bióxido de azufre tiene su origen principalmente en la combustión del petróleo y sus derivados.

En lo relativo a la salud, nuestro país ha de hacerse dos consideraciones; en primer lugar, que debemos realizar estudios epidermiológicos "propios" para valorar nuestro problema desde el punto de vista médico. En segundo lugar, que dichos resultados se consideren dentro de toda la gama de problemas de salud que nuestro país combate, para establecer prioridades en las enfermedades o tendencias a éstas que más afectan a nuestra población.

Efectos en la salud ocasionadas por la emisión de vehículos.

- 1) Hidrocarburos.- En la mayoría de los casos no afecta directamente, sino a través de mezclarse con otros contaminantes.
- 2) Monóxido de carbono.- Reduce la capacidad de oxigenación de la sangre.
- 3) Óxidos de nitrógeno.- Causa problemas pulmonares serios.
- 4) Otros óxidos.- Causan problemas pulmonares, irritación en ojos vías respiratorias y mucosas en general. Por ejemplo el Ozono.
- 5) Partículas.- Causan problemas pulmonares y puede llegar hasta desarrollar el cáncer.
- 6) Plomo. Incrementa el nivel de plomo en la sangre intoxicándola, en concentraciones peligrosas puede ocasionar retrasos mentales.

## C A P I T U L O IV

### MEDIDAS PREVENTIVAS

#### 4.1 EN LA DIFERENTES FUENTES

La mejor forma en que se puede combatir la contaminación del aire es irse a sus orígenes o sea buscar la forma de que las fuentes dejen de emitir contaminantes o cuando menos que dicha emisión sea mínima.

Se debe tener conciencia que todos somos responsables en cierta forma de la contaminación del aire. Y si lo más importante en el caso de la Ciudad de México como se ha visto, es el automóvil, hay muchas medidas que se deben tomar, para asegurarse de que no produzca mas contaminación de la imprescindible.

Si el automóvil tiene algún sistema de control de los gases del escape, hay que asegurarse de que el mecánico compruebe que funciona bien cuando se lleve el automóvil al servicio. También se puede contribuir a reducir la contaminación procedente del escape de un coche, manteniéndolo en buenas condiciones. Un automóvil que tenga una bujía mala, puede producir muchos más hidrocarburos que uno que esté bien. -

Un carburador defectuoso, mal ajustado, hace que se evaporen sin quemarse unos 4 litros de gasolina del total de un tanque, por esta razón un automóvil bien cuidado no sólo ayudará a la contaminación sino que resultará más económico.

El gobierno federal empezó a exigir controles de emisiones de vehículos en 1971, Estos dispositivos eran para el control de las emisiones procedentes de la caja de cigueñal.- En 1972, todos los vehículos se produjeron con sistemas de control de emisiones del tanque de gasolina y del carburador. Y a partir del 1974 las unidades incluyeron sistemas de control de las emisiones del escape.

En 1975, se establecieron normas de emisión, tomando en cuenta las necesidades del país y sus limitaciones técnicas y económicas. Estas normas se aplican a vehículos con peso bruto inferior a 1,500 kg.

para Hidrocarburos = 2.15 Gr./Km.

para C O = 21.00 gr./Km.

Para el caso de la Ciudad de México, en función de su altitud prevee:

Para hidrocarburos = 3 gr./km.

para C O = 33 gr./km.

Con respecto a las fuentes naturales se tiene un programa para proponer a las instituciones involucradas en la solución de este problema.

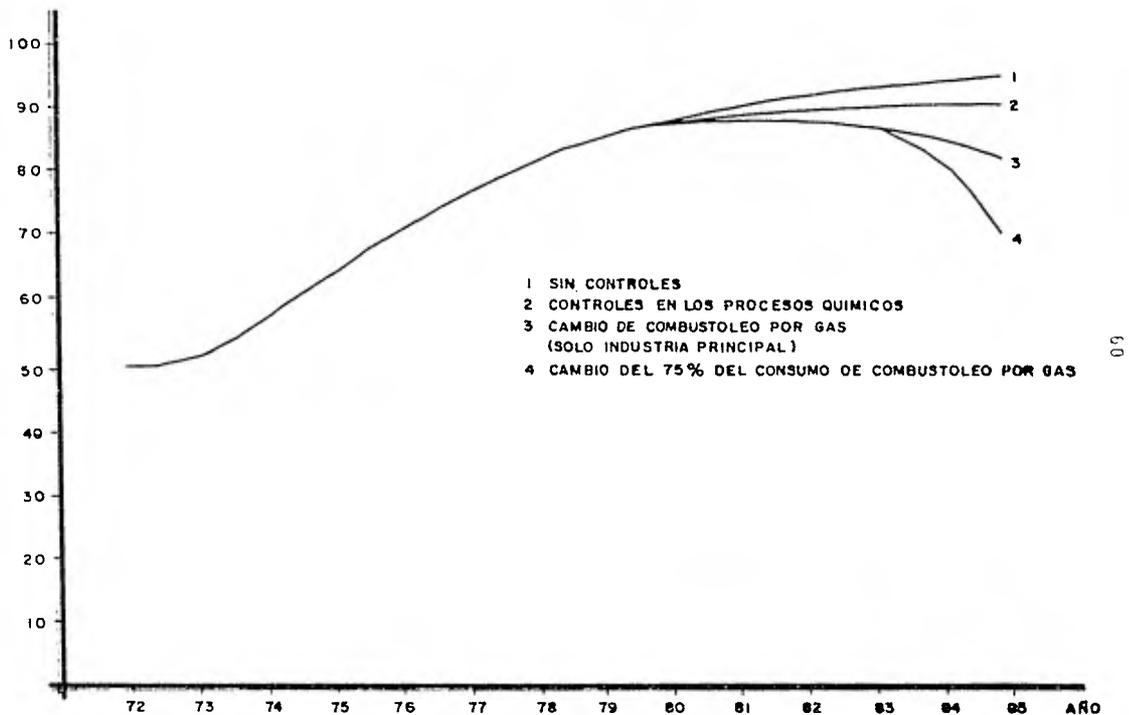
- 1) Continuar con los programas de empastizado del vaso de Texcoco.
- 2) Cambiar los cultivos de las zonas agrícolas vecinas, que los meses de mayor incidencia de viento se encuentran en barbecho; a cultivos que eviten la erosión en esos meses.
- 3) Pavimentación de todas las zonas urbanas que carecen de ello.
- 4) Continuar con los programas de reforestación.

Con el fin de optimizar el uso de los recursos disponibles, el Programa de control de fuentes fijas se aplica primordialmente a la industria potencialmente contaminante, --- transfiriendo los programas de control de pequeñas fuentes, tales como baños y panaderías, a autoridades de la S.S.A.

Entre las fuentes fijas de emisión de  $SO_2$ , cobran particularmente importancia las que utilizan procesos de combustión y sobre todo las que queman combustóleo, cuyo contenido de azufre es de 3.5% en peso, además los que queman diesel con contenido de 1.5% en peso.

Es recomendable sustituir tan pronto como sea posi -

# TENDENCIAS EN LAS EMISIONES DE NO<sub>x</sub>



ble, los combustibles pesados por gas natural con lo que se - reduciría al máximo de los niveles de concentraciones.

Actualmente con el objeto de abatir la contaminación por hidrocarburos y el Smog, se están llevando a cabo en la - Ciudad de México los siguientes programas.

- 1) Optimización de las operaciones de combustión.
- 2) Aplicación de controles en la fabricación y uso - de pinturas lacas y barnices.
- 3) Aplicación de controles en el transporte de hidrocarburos.
- 4) Reubicación de la refinería de Azcapozalco fuera del area metropolitana.
- 5) Establecer límites de emisión de óxidos de nitrógeno, todas las altas concentraciones de ozono en la Ciudad.

En función del importantísimo papel que juegan los - factores topográficos y meteorológicos en la variación de las concentraciones de contaminantes atmosféricos y de la magnitud de las emisiones tan grandes registradas en el Valle de - México, se ha desarrollado un plan mediante el cual se trata de evitar que se alcancen niveles peligrosos de calidad del -

aire que pudieran conducir a la mortalidad.

En estas medidas se incluye la cancelación de permisos para quemas a cielo abierto y operación de industrias sin equipo de control de emisiones, se promueve la sustitución -- del tipo de combustibles, la suspensión temporal de indus---- trias clave, el cierre a la circulación de vehículos en ciertas zonas, la prohibición de quema de llantas, etc.

El "Plan de Emergencia" observa acciones a tres nive les, según el Índice Mexicano de la Calidad del Aire.

- 1o.- Período de alerta: IMEXCA 300
- 2o.- Período de Alarma: IMEXCA 400
- 3.o- Período de Peligro: IMEXCA 500

## 4.2 MONITOREO

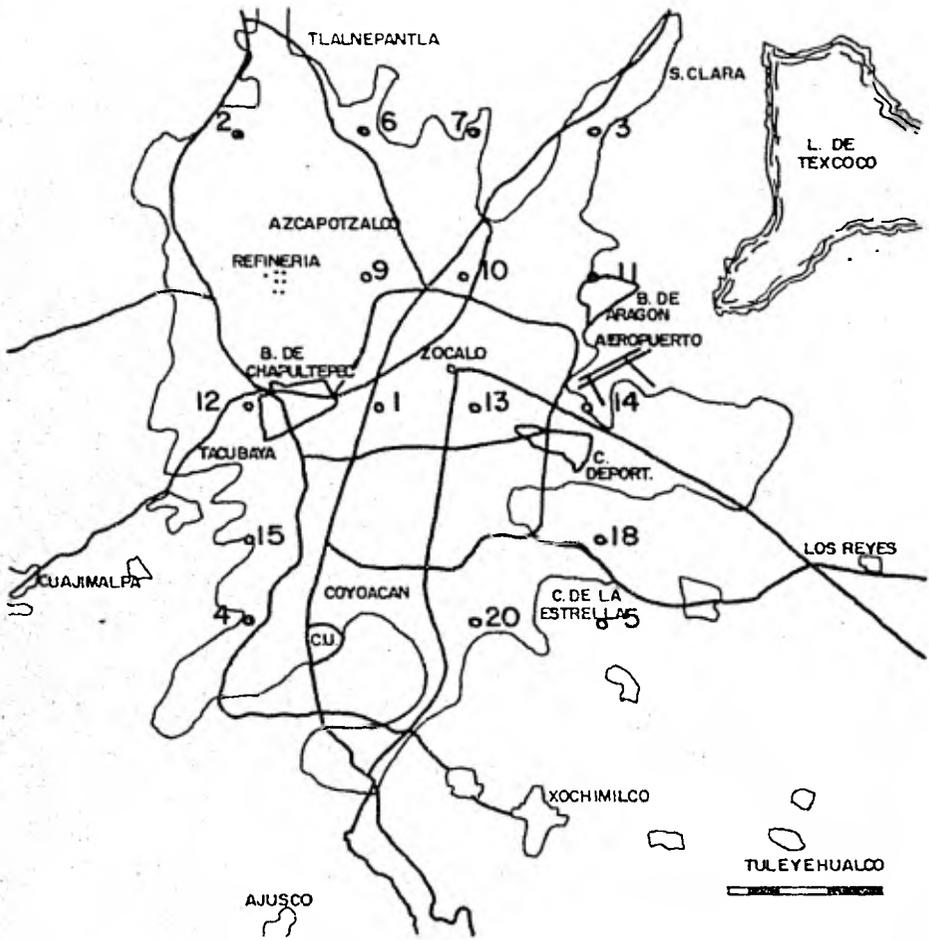
La red de monitoreo de la Contaminación Atmosférica del Área Metropolitana de la Ciudad de México, tiene 15 estaciones automáticas y 14 manuales.

Sin embargo sólo en cinco de las estaciones automáticas tienen monitores para medir carbono, ozono y dióxido de nitrógeno; las diez restantes tienen únicamente monitores para dióxido de azufre y monóxido de carbono.

La red manual tiene muestreadores de alto volumen y burbujeadores para gases, para la determinación de partículas y dióxido de azufre respectivamente.

Las cinco estaciones automáticas antes mencionadas se encuentran localizadas en puntos estratégicos que cubren la mayor parte de la Ciudad:

<u>SITIO DE MONITOREO</u>	<u>ZONA</u>
Estación No 1 (Merced)	Centro
Estación No 2 (Tlalnepantla)	Noroeste
Estación No 3 (Xalostoc)	Noreste
Estación No 4 (Sn. Jerónimo)	Suroeste
Estación No 5 (Cerro de la Estrella)	Sureste



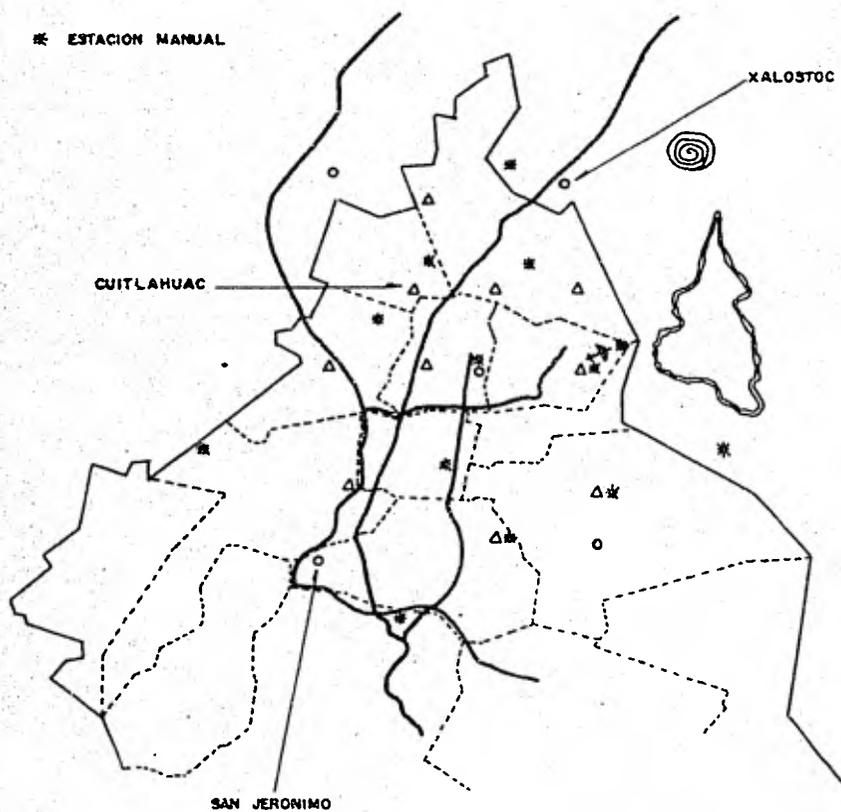
RED DE ESTACIONES DE MONITOREO

## RED DE MONITOREO DE LA CIUDAD DE MEXICO

○ ESTACION AUTOMATICA COMPLETA

△ ESTACION AUTOMATICA

✱ ESTACION MANUAL



## C O N C L U S I O N E S

Teóricamente es concebible una atmósfera pura. Se llama atmósfera contaminada cuando al aire puro se le ha adicionado otras sustancias. Sin embargo, un estado de pureza del aire, que no contenga sustancias extrañas a las originales, rara vez se encuentra en la Tierra, por ello una atmósfera se considera contaminada cuando las proporciones de sustancias extrañas rebasan las concentraciones permitidas, o sea que pueden ser dañinas para la salud del hombre y demás seres vivos.

Se puede considerar a la atmósfera como el medio por la cual son transportados y difundidos los contaminantes de su fuente original al receptor, siendo este último el hombre, los vegetales, animales y medio ambiente en general. Desde este punto de vista, corresponde a los vientos ser los factores que gobiernen el transporte de los contaminantes atmosféricos.

Para conocer la difusión de los vientos, éstos dependen directamente de tres parámetros: la velocidad, dirección y las condiciones térmicas.

La dominancia de los vientos del Norte son en parte- causa de la contaminación del área urbana de la Ciudad de México, dado que la mayor parte de las industrias se encuentran precisamente en el Norte de la Cuenca. Algo semejante sucede con las tolveneras, ya que en el Noroeste se produce otra manifestación importante de vientos donde se encuentra el lecho seco del Lago de Texcoco. Por otra parte, al existir en la Ciudad construcciones, calles y otros obstáculos no naturales, se tiene una superficie más rugosa, lo que causa una disminu- ción en la velocidad de los vientos y lógicamente los contami- nantes quedan depositados en la atmósfera de la Ciudad.

Dado que la contaminación atmosférica representa da- ños a la salud de la población, plantas y animales, se han es- tablecido Normas de Calidad del Aire, las cuales se clasifican como primarias y secundarias, refiriéndose las primeras a la Salud de los posibles receptores y las segundas al bienestar.

Las Normas de Calidad del aire son valores numéricos generalmente expresados como valores máximos o promedios en un período de tiempo determinado, designados legalmente como can- tidades que no pueden ser excedidas.

Con el objeto de conocer el nivel de deterioro de la Calidad del aire en zonas contaminadas con población suscepti- ble, se monitorea continuamente el aire para determinar los -

niveles de contaminación, desarrollándose índices que proporcionan información de cuando estos niveles alcanzan los estados de alerta, alarma o emergencia.

EL IMEXCA es un número adimensional que se obtiene ponderando y transformando concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos mediante un Algoritmo. Existen actualmente en el mundo cerca de 55 Índices.

El uso de este Índice, es particularmente importante para la Ciudad de México ya que se encuentra situado en una Cuenca rodeada por cadenas montañosas con vientos dominantes del Noroeste, por el corredor Tula-Mixcoac, a lo largo del cual se encuentra instalada aproximadamente el 31% de la Industria Nacional, lo que hace que se presenten condiciones extremadamente peligrosas, agravadas por la existencia de tolvaneras provenientes del lecho seco del Lago de Texcoco.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- La industria y la contaminación del Aire..... R.D. ---  
Ross.
- 2.- Desafío para la supervivencia (Discusión Pública sobre la  
contaminación ambiental ..... Pierre Denserean.
- 3.- Air Pollution (Tomo I)..... Arthur Cecil Stern.
- 4.- Curso de Contaminación Atmosférica (Centro de Educación -  
Continúa) Ing. Ricardo Haddad. y Dra. Blanca R. Ordoñez.
- 5.- El tiempo Atmosférico ..... Louis Battan.
- 6.- El Aire en que Vivimos..... James Marshall.
- 7.- Ley Federal para Prevenir y controlar  
la Contaminación Ambiental..... Subsecretaría de Mejora-  
miento del Ambiente (S.S.A.).
- 8.- El Índice Mexicano de la Calidad del  
Aire ..... Subsecretaría de Mejoramiento del Am-  
biente (S.S.A.).
- 9.- Situación Actual de la Contaminación  
Atmosférica en el área metropolitana.  
de la Ciudad de México ..... Subsecretaría de Mejora-  
miento del Ambiente (S.S.A.).

- 10.- Plan Nacional de Saneamiento Atmosférico ..... Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (S.S.A.).
- 11.- Deterioro Ecológico del Valle de México (Estudio realizado por la Cía. ICATEC, S.A., para la comisión de Aguas del Valle de México).
- 12.- Control of Air Pollution from automobiles. (Report to Department of Transport. Commonwealth of Australia, 1979 ..... Dr. Eric O. Stork.
- 13.- Control of Exhaust Emissions from automobiles in sweden. (Report to Swedish National Environmental Protection Board, 1979) ..... Dr. Eric O. Stork.
- 14.- Planning for Motor Vehicle Emission control. (Industry and Environment Quarterly .... Dr. Eric O. -- Stork.