

El Colegio de México  
Centro de Estudios Económicos y Demográficos  
Maestría en Desarrollo Urbano

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD DE MEXICO  
(1972-1978)

Estudio presentado como requisito para el  
grado de Maestro en Desarrollo Urbano

Marie Minette Díaz Burley

1986

## INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	iii
PROLOGO	1
I. CONDICIONES METEOROLOGICAS Y GEOGRAFICAS	4
II. FUENTES CONTAMINANTES	
A. Fuentes fijas	15
B. Fuentes móviles	27
C. Otras fuentes	35
III. NIVELES	37
IV. EFECTOS	52
V. POLITICAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA	
A. Disposiciones legales y administra- tivas	59
B. Controles	63
CONCLUSIONES	70
APENDICE 1	79
ANEXO	

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS

1. Emisiones de partículas por fuentes fijas en la Ciudad de México	18
2. Emisiones de bióxido de azufre por fuentes fijas en la Ciudad de México	19
3. Emisiones de óxidos de nitrógeno por fuentes fijas en la Ciudad de México	21
4. Emisiones de hidrocarburos por fuentes fijas en la Ciudad de México	22
5. Emisiones totales de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos por fuentes fijas en la Ciudad de México	24
6. Emisiones de contaminantes originados por la quema de combustibles en fuentes fijas de la Ciudad de México, 1976	26
7. Emisiones de hidrocarburos por automóviles y camiones de gasolina en la Ciudad de México	32
8. Emisiones de monóxido de carbono por automóviles y camiones de gasolina en la Ciudad de México	33
9. Niveles de concentración de partículas suspendidas - fracción respirable por zonas de la Ciudad de México	40
10. Niveles de concentración de bióxido de azufre por zonas de la Ciudad de México	41
11. Niveles de concentración de ozono por zonas de la Ciudad de México	42
12. Niveles de concentración de monóxido de carbono por zonas de la Ciudad de México	43
13. Normas de calidad del aire en México, Estados Unidos de Norteamérica, Japón y Canadá	49

14. Porcientos estimados de reducción de las emisiones de partículas en algunos ramos industriales de la ciudad, 1972-1976	65
15. Ciudad de México: Emisiones totales de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono	71
16. Ciudad de México: Emisiones totales de las fuentes fijas y móviles, 1972-1978	73
17. Ciudad de México: Emisiones totales futuras de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono	78

#### FIGURAS

1. Variación de la frecuencia de inversiones y de la altura de la capa de mezcla	11
2. La altura de la capa de mezcla en la noche y primeras horas de la mañana y en la tarde	12
3. Localización de algunas de las industrias que emiten más contaminantes al aire	28
4. Flujo vehicular en las principales vías de la ciudad	34
5. Ubicación de las estaciones que miden los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad	38
6. Variación horaria típica de la concentración de ozono en la estación automática completa de San Jerónimo	47

## PROLOGO

La Ciudad de México es la urbe más importante dentro del sistema de ciudades mexicanas. Por las ventajas de localización que ofrece, tales como poseer el mercado de consumo más importante del país, la oferta de trabajo más diversificada, la más amplia infraestructura física así como los mejores servicios e instituciones financieras y gubernamentales, casi el 50% de las actividades económicas no-agrícolas del país se ha concentrado en ella. En 1960 el nivel de concentración industrial de la ciudad según la producción bruta total correspondió al 48% y en 1970 al 46.5% de la producción nacional <sup>1</sup>. Aunque en ese período la participación de la ciudad en la producción industrial nacional disminuyó en 1.5%, su producción industrial creció un 138% y el número de empresas aumentó de 24,624 a 33,185 <sup>2</sup>. La población de la ciudad creció de 5.1 millones de personas en 1960 a 8.8 millones a fines de junio de 1970. Hacia 1976 ya poseía 11.7 millones de habitantes y se encontraba entre las cinco ciudades más grandes del mundo <sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Gustavo Garza y Martha Schteingart, "Mexico City: The Emerging Megalopolis", Latin American Urban Research (Beverly Hills, California: Sage Publications, 1978), Vol. 6, pp. 63-67.

<sup>2</sup> Gustavo Garza, "Estructura y dinámica industrial del área urbana de la Ciudad de México", Demografía y Economía (1978), Vol. XII, Núm. 2 (35), pp. 143, 171, 174 y 176.

<sup>3</sup> Garza y Schteingart, op. cit., pp. 53 y 55.

Este crecimiento de la Ciudad de México ha ejercido una acción desfavorable sobre su medio ambiente. La contaminación del ambiente, en particular del aire, ha alcanzado dimensiones tan críticas que hoy la ciudad se encuentra entre las más contaminadas del mundo. La situación actual de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México es comparable a la que existía en Tokio a mediados de los sesentas y en Los Angeles, California en las décadas de los cuarenta y cincuenta, antes de que controlaran sus niveles de contaminación.

No obstante la gravedad del asunto, apenas se han efectuado investigaciones sobre la contaminación atmosférica en la Ciudad de México. Los pocos estudios significativos que existen los ha realizado básicamente la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, que fue creada en 1972. La falta de información se ve agravada por el hecho de que en esa institución casi todos los estudios se consideran de carácter confidencial.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el estado de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México desde 1972 hasta 1978 <sup>4</sup>. Nos circunscribiremos a exponer cuáles son las fuentes contaminantes del aire,

---

<sup>4</sup> La Zona Metropolitana de la Ciudad de México abarca todo el Distrito Federal - excepto la delegación de Milpa Alta - y los siguientes municipios del Estado de México: Naucalpan, Tlalneantla, Ecatepec, Chimalhuacán, Tultitlán, Coacalco, La Paz, Cuautitlán, Zaragoza, Huixquilucan y Netzahualcóyotl. Cf. la definición de Luis Unikel en "La dinámica del crecimiento de la Ciudad de México", Ensayos sobre el desarrollo urbano de México (México: Sep Setentas, 1974), pp. 181-182 y 184-185. En adelante usaremos el término Ciudad de México para referirnos a la zona metropolitana.

los niveles de concentración de contaminantes registrados en los últimos años, los factores meteorológicos y geográficos que condicionan el problema, algunos de los efectos observados y las políticas que se han llevado a cabo para controlar las emisiones contaminantes.

La cuestión de la contaminación atmosférica está inserta dentro de una problemática más amplia que responde a la particular configuración político-económica de la sociedad mexicana. Un examen de estos problemas aparece en el Anexo.

Agradezco al Maestro Gustavo Garza la orientación que me brindó en este estudio. También expreso mi gratitud al Ingeniero Enrique Tolvía Meléndez, de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, quien me proporcionó gran parte de los datos usados en el trabajo. Asimismo doy las gracias a la Organización de los Estados Americanos por el apoyo económico que me ofreció en la primera etapa de la investigación.

## I. CONDICIONES METEOROLOGICAS Y GEOGRAFICAS

La Ciudad de México está localizada aproximadamente en la latitud 19.5 grados norte, longitud 99 grados oeste, a una altura de 2,300 metros al sudoeste del valle de México. A excepción del norte y en menor grado en el sur, este valle se encuentra rodeado por montañas que se elevan a más de 600 metros sobre su planicie.

Debido a su ubicación geográfica, la Ciudad de México posee un clima de cualidades tropicales y subtropicales. Durante el invierno y parte de la primavera está expuesta a los Vientos del Oeste y a las masas de aire polar originadas en las latitudes septentrionales que son arrastradas al sur cubriendo casi todo el país. Generalmente los Vientos del Oeste son secos. Por esto, en invierno y primavera la ciudad recoge poca lluvia y tiene cielos relativamente claros. A fines de abril los Vientos del Oeste circulan hacia el norte y la ciudad recibe la corriente tibia y húmeda de los Vientos Alisios procedentes del Golfo de México y Mar Caribe. Estos vientos propician lluvias frecuentes y nubosidad continua en verano y otoño <sup>5</sup>.

La dispersión de contaminantes emitidos a la atmósfera <sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Robert G. Lamb, Alejandro Velasco Levy y Jorge Burkle, The Calculation of Long Period Mean Pollutant Concentrations in an Urban Atmosphere (México: Centro Científico de América Latina - I.B.M. de México, S.A., 1975), p. 11.

<sup>6</sup> Véase el apéndice 1 para las definiciones de los contaminantes atmosféricos.



depende en gran parte de la dirección y velocidad del viento y de la estabilidad atmosférica. El viento puede ser definido como el resultado de los movimientos horizontales del aire y la estabilidad como un índice de turbulencia vertical.

En la Ciudad de México se observan tres patrones de viento a saber: cuando domina la circulación de vientos regionales, cuando domina la circulación local y cuando prevalece un tipo intermedio de circulación causada por la acción del flujo regional sobre la circulación local <sup>7</sup>.

La influencia que el viento regional tiene sobre la ciudad está determinada por el gradiente de presión <sup>8</sup>. Salvo en algunas ocasiones en que las perturbaciones de los Vientos Alisios originan vientos regionales moderados, la corriente regional de aire fluctúa débilmente sobre la ciudad. Sólo en la estación de secas (noviembre - abril), con la llegada de algún frente polar el gradiente de presión cobra fuerza y los vientos regionales adquieren mayor intensidad. Las masas de aire polar que entran al valle de México se hacen patentes por el paso de una vaguada acompañada de vientos fuertes del sudoeste

---

<sup>7</sup> Ernesto Jáuregui O., "Influencia de algunas variables meteorológicas en la distribución espacial y temporal del bióxido de azufre" (1979, inédito), pp. 3-5.

<sup>8</sup> El viento es ocasionado por la existencia de sistemas de alta y baja presión. Un sistema de alta presión consiste de una masa de aire frío pesado; un sistema de baja presión está formado por aire caliente liviano. Un gradiente de presión es la variación, según su dirección de la presión entre áreas de alta y baja presión. Esta diferencia de presión actúa como una fuerza sobre el aire haciéndolo mover de las áreas de alta hacia las de baja presión. (Jorge Agustín Lizárraga R., "Fundamentos de la contaminación del aire" (1976, inédito), p. 2.10.)

que cambian su dirección al norte o noroeste. Cuando los Vientos del Oeste pasan por encima de la Sierra de las Cruces (al oeste de la ciudad) o del Ajusco (al sur) se crean trenes de onda viento abajo. Esta turbulencia desciende y produce a nivel de la superficie vientos moderados que soplan del norte y que transportan rápidamente los contaminantes de la atmósfera hacia el sur de la ciudad. El efecto es una reducción drástica de los niveles de contaminación durante algunas horas. Después que los vientos del norte asociados a la vaguada salen del valle, se restituye la calma en la corriente de los Vientos del Oeste. Entonces impera un gradiente de presión muy débil y los vientos regionales se tornan tenues dando lugar al restablecimiento de la circulación local <sup>9</sup>.

En la Ciudad de México la circulación local está condicionada por la topografía y la isla de calor urbano <sup>10</sup>. Usualmente el flujo local predomina en la noche y en las primeras horas de la mañana. Al atardecer y durante la noche, una corriente de vientos de montaña baja desde las laderas del oeste y sur de

---

<sup>9</sup> Jáuregui O., op. cit., pp. 4-5.

<sup>10</sup> La ciudad genera y mantiene calor. Esto se debe a las emanaciones de calor provenientes de todo tipo de calderas y motores de combustión interna, a la masa compacta de edificios, casas y fábricas, a la sustitución del suelo natural por superficies de pavimento, piedra o concreto, a la cantidad limitada de fuentes de humedad superficial y a la contaminación atmosférica.

En la Ciudad de México la temperatura del aire va aumentando desde la periferia hacia el centro. Casi siempre la isla de calor está localizada un poco viento abajo del área de mayor densidad de construcciones altas, esto es, al sudoeste del centro. Véase Ernesto Jáuregui O., Mesomicroclima de la Ciudad de México (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1971), pp. 8-10 y 13.

la ciudad. Esta corriente tropieza con otros vientos que desde el norte descienden de la Serranía de Guadalupe. Como resultado ocurre una convergencia horizontal del aire sobre el área urbana. La concurrencia de flujo refuerza la circulación centrípeta de aire derivada de la isla de calor urbano. Estas corrientes convergentes tienden a encerrar los contaminantes dentro de la ciudad. Debido a que durante la estación seca la temperatura en la ciudad es considerablemente mayor que la temperatura en las áreas circundantes, el flujo convergente es más fuerte en dicha época. Esto contribuye a que en los meses de noviembre a abril se registren los niveles de contaminación más altos<sup>11</sup>.

Frecuentemente acontece un tipo intermedio de circulación del aire cuando - en condiciones de viento regional débil - por la mañana el calor del sol comienza a erosionar la capa superficial del aire estable. Mientras que la primera circulación de vientos se observa en el este de la ciudad, en el oeste todavía prevalecen vientos que varían del noroeste al norte provocando una convergencia decreciente. Esta situación, adversa para la dispersión de los contaminantes atmosféricos, sucede precisamente en las horas de la mañana cuando se emiten más contaminantes al aire. Ya en la tarde, predomina un flujo del norte o noreste que favorece el transporte de los contaminantes hacia el sur de la ciudad<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", p. 4.

<sup>12</sup> Ibid., p. 5.

Los flujos de viento descritos anteriormente constituyen los patrones principales de circulación observados en la Ciudad de México.

Además del viento existe otro parámetro de gran importancia en el estudio de la relación entre la meteorología y la contaminación del aire: la estabilidad atmosférica. Estabilidad es la tendencia de la atmósfera a permitir o suprimir movimientos verticales del aire. En tanto más inestables o más vigorosos sean los movimientos verticales del aire, más rápida será la mezcla y dispersión de impurezas.

El grado de estabilidad puede ser conocido a través del estudio de cómo cambia la temperatura del aire con la altura. Normalmente, el aire próximo a la superficie de la tierra es más caliente que el aire de las capas superiores. Al ser más ligero, el aire caliente asciende y el aire frío pesado desciende reemplazándolo. Estos movimientos producen turbulencias en la atmósfera y un volumen mayor de aire en el cual los contaminantes pueden diluirse <sup>13</sup>. Sin embargo, frecuentemente al anochecer el suelo comienza a enfriarse más rápido que la atmósfera. En consecuencia se forma una capa de aire frío cercana a la tierra. Conforme avanza la noche la capa se hace más fría. Por ser pesada, esta capa de aire frío no puede ascender para mezclarse con el aire caliente. Por lo tanto no ocurre la turbulencia térmica y se genera un estado estable en la atmósfera. Junto al aire frío, los contaminantes quedan

---

<sup>13</sup> Lizárraga R., op. cit., p. 2.12.

atrapados bajo el aire caliente de arriba. Esta situación se conoce con el nombre de inversión ya que la estructura normal de la temperatura del aire es invertida. Al día siguiente la radiación solar calienta nuevamente la superficie de la tierra. Esta, por convección calienta la capa de aire cercana a ella a una temperatura mayor que la de las capas altas. Entonces el aire caliente puede elevarse y mezclarse con el aire frío. Así regresan las condiciones de inestabilidad, la inversión es eliminada y los contaminantes pueden dispersarse hacia las capas superiores de la atmósfera <sup>14</sup>

En la Ciudad de México se ha observado que la frecuencia con que suceden las inversiones varía de acuerdo a las estaciones del año: es más alta en invierno y primavera que en verano y otoño <sup>15</sup>. Como en invierno y primavera los cielos están despejados y el aire es seco, la superficie se enfría rápidamente dando lugar a inversiones nocturnas fuertes. Lo contrario ocurre en verano y otoño. En esos meses el calor intenso que recibe la superficie de la ciudad aunado a la altura del valle contribuye a perturbar la masa de aire húmedo de los Vientos Alisios. Por consiguiente, llueve mucho, el aire se mantiene húmedo y la nubosidad es constante. Estas condiciones impiden que en las noches la superficie enfríe lo suficiente

---

<sup>14</sup> Ibid., pp. 2.13-2.14. También cf. Fernando Ortiz Monasterio P., Introducción al estudio de la contaminación en la Nave Espacial Tierra (México: Editorial Kaleidoscopio, 1973), p. 25.

<sup>15</sup> Lamb, Velasco Levy y Burkle, op. cit., pp. 16, 18, 29 y 31 y Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", p. 2.

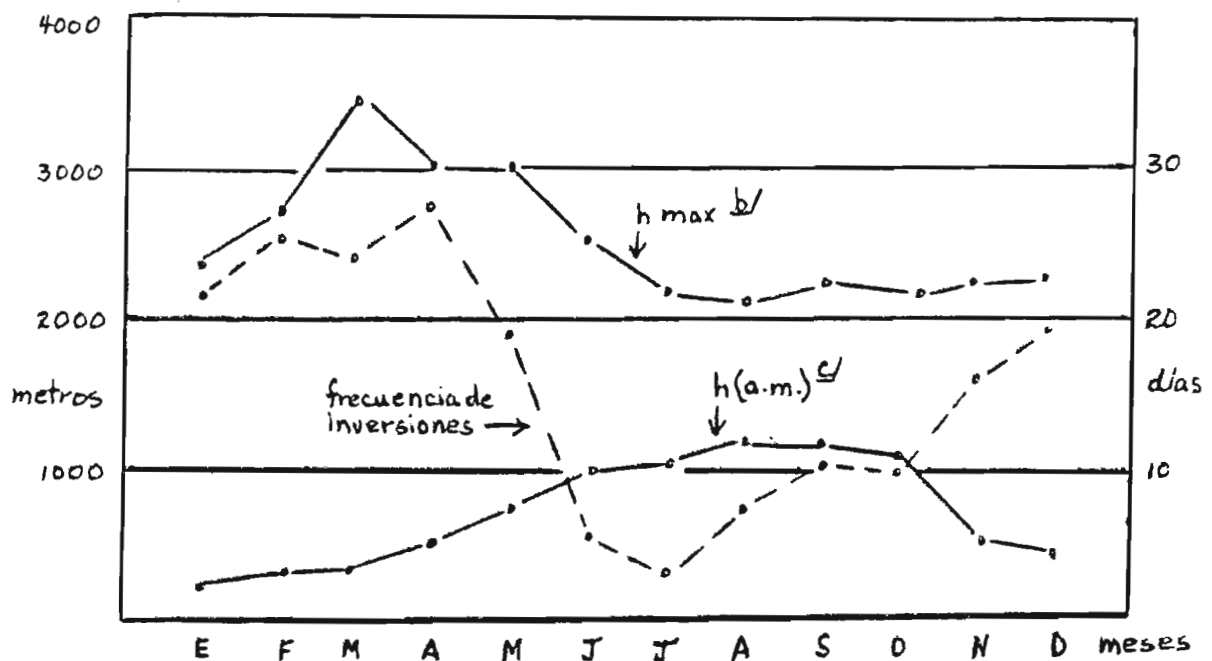
como para ocasionar inversiones. Por esta razón, en las temporadas de verano y otoño las inversiones se dan con poca frecuencia.

En la figura 1 podemos observar que en noviembre y diciembre las inversiones ocurren unas 15 y 20 veces cada mes y que de enero a abril la frecuencia mensual de inversiones sobrepasa los 20 días. De mayo a octubre disminuye la frecuencia de inversiones. Los meses de junio a octubre no llegan a tener más de 10 días con inversiones. Es obvio que la frecuencia de inversiones es mayor en la estación de secas que en la de lluvias.

Los meteorólogos que estudian la contaminación del aire utilizan los términos "profundidad de mezclado" o "altura de la capa de mezcla" para referirse a la altura hasta la cual los contaminantes pueden moverse verticalmente. En la Ciudad de México, durante la estación de secas, la altura de la capa de mezcla es de unos 200 metros en la mañana y al romperse la inversión asciende hasta alcanzar una altura máxima de más de 2000 metros después del mediodía. A medida que se debilita la inversión aumentan los vientos turbulentos del aire. Cuando la altura de la capa de mezcla llega hasta el nivel de los pasos entre las montañas, los contaminantes pueden desbordarse hacia los valles vecinos del oeste y sur. Esta situación se ilustra en la figura 2.

En la temporada de lluvias la altura de la capa de mezcla es de unos 1000 metros en la mañana y de un poco más de 2000

Figura 1  
 VARIACION DE LA FRECUENCIA DE INVERSIONES  
 Y DE LA ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA <sup>a/</sup>

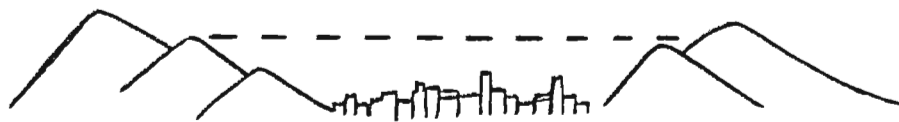


FUENTE: Ernesto Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", figura 3.

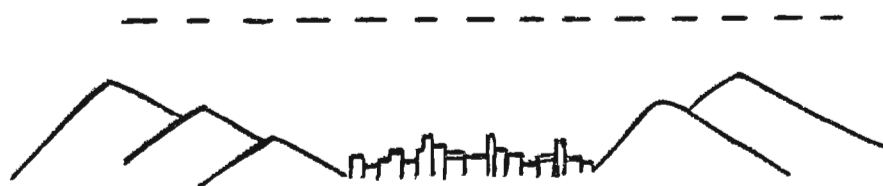
- a En la figura aparece la variación mensual de la altura de la capa de mezcla para el aeropuerto de la Ciudad de México.
- b h max = altura máxima de la capa de mezcla. Para calcularla se consideró como temperatura máxima de la ciudad la correspondiente al Observatorio de Tacubaya al oeste de la ciudad.
- c h(a.m.) = altura de la capa de mezcla en la mañana. Al estimarla se consideró un aumento de cinco grados respecto a la temperatura superficial del sondeo.

Figura 2

LA ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA EN LA NOCHE Y  
PRIMERAS HORAS DE LA MAÑANA Y EN LA TARDE



noche y primeras horas de la mañana



tarde

--- = altura de la capa de mezcla



metros en la tarde <sup>16</sup>.

La figura 1 muestra la variación mensual de la altura de la capa de mezcla de la mañana y de la máxima altura de mezcla alcanzada en la tarde. La altura máxima es menor en la estación de lluvias que en la de secas. Esto se debe a una reducción en el calentamiento del sol ocasionada por la nubosidad y a la evaporación de la lluvia en verano y otoño.

La precipitación pluvial y la humedad influyen tanto en la dispersión como en la formación de contaminantes. La lluvia puede "lavar" o remover de la atmósfera algunos contaminantes, por ejemplo las partículas. Sin embargo, a veces las condiciones de alta humedad provocan el cambio de algunos contaminantes gaseosos a formas más nocivas, tal es el caso de la conversión del bióxido de azufre en ácido sulfúrico.

El levantamiento orográfico en el sur y oeste de la Ciudad de México causa que las lluvias más fuertes ocurran en esas áreas. Durante la época de lluvias, los aguaceros en el oeste del área urbana caen con una intensidad promedio de 45 a 50 milímetros mientras que al este únicamente se registran 35 milímetros en 24 horas. La frecuencia de los días lluviosos del año fluctúa entre 90 y 130. Esta es más alta en las zonas del sur y oeste. Hacia el centro de la ciudad los días lluviosos en promedio sólo son 80. En lo que se refiere a nubosidad, en la Ciudad de México los días nublados varían de 40 a 100 al año aunque las zonas con lluvias más fuertes - las del sur y

---

<sup>16</sup> Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", p. 7.

poniente - tienen más de 100 días nublados. El área entre el Zócalo y el Parque de San Juan de Aragón también presenta nubosidad intensa. En el este y nordeste de la ciudad sólo se observan 40 a 60 días nublados al año <sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Jáuregui O., Mesomicroclima de la Ciudad de México, pp. 30, 44-46 y 49-51.

## II. FUENTES CONTAMINANTES

Al hablar de las fuentes de contaminación atmosférica haremos referencia a dos grupos: las fuentes fijas y las fuentes móviles. Las fuentes fijas actúan en el lugar donde están situadas, aunque los contaminantes que emiten pueden moverse a otras partes. Entre ellas se encuentran las industrias, los comercios, los lugares de servicio público y las viviendas. Las fuentes móviles son las que cambian constantemente de un sitio a otro. Ellas son los autos, los ferrocarriles y aviones.

### A. Fuentes fijas

Hacia 1976, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente tenía registradas más de 135,000 empresas comerciales e industriales potencialmente contaminantes del aire en toda la República Mexicana. De éstas, 34.46% son industrias que para fines prácticos no contaminan. El 52% corresponde a los giros menores o comerciales cuya contaminación al aire constituye un 15% de las emisiones totales <sup>18</sup>. El 13.54% de las empresas restantes está compuesto por aproximadamente 18,000 industrias de las cuales 16,000 contribuyen en grado medio a la contaminación atmosférica y sólo alrededor de 1,500 a 2,000 generan más del 70% de las emisiones al aire. Cualquiera de los giros

---

<sup>18</sup> Aunque en la información manejada no se especifica cuáles son los giros menores, puede entenderse que estos incluyen comercios, baños públicos, panaderías, tintorerías y otros por el estilo.

industriales pertenecientes al grupo anterior contamina más que todos los giros menores en conjunto <sup>19</sup>.

En esta sección principalmente trataremos los giros industriales altamente contaminantes dentro de la Ciudad de México <sup>20</sup>.

Un estudio completo acerca de las fuentes fijas requiere de un inventario actualizado de emisiones según el tipo de actividad y su localización geográfica. En el caso de las fuentes industriales es indispensable contar con información que indique para cada industria: a qué giro industrial pertenece, cuáles son los procesos unitarios efectuados en ella, cuáles contaminantes emite y en qué cantidad los arroja al ambiente, cuál es el área de influencia de la fuente, de qué tipo son las localidades adyacentes a la fuente, cuál es la dirección e intensidad de los vientos en el área donde está localizada y con qué frecuencia ocurren inversiones en esa zona. También es necesario conocer cuál es el capital en giro de la industria, su participación de capital, el número de empleados, la participación estimada en el mercado y la posibilidad económica para instalar equipos de control.

Desafortunadamente, en nuestra investigación no tuvimos acceso a un inventario de emisiones de las fuentes contaminan-

---

<sup>19</sup> Jorge Rojas Barroso, "La contaminación atmosférica en la República Mexicana y la problemática de operación" (1977, inédito), pp. 12, 14 y 15.

<sup>20</sup> No pudimos disponer de suficiente información sobre los comercios, servicios públicos u otras fuentes fijas que aportan contaminantes al aire.

tes en la Ciudad de México. Sólo obtuvimos datos sobre emisiones estimadas de algunas actividades industriales reunidas o clasificadas por industrias tipo, por ejemplo, industrias químicas, industrias del acero, industrias de papel y otras.

Las estimaciones están hechas con base en factores de emisión <sup>21</sup> preparados por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica <sup>22</sup>. Las cifras, pues, son cuestionables ya que en su cálculo no se tomaron en cuenta algunas cualidades propias de la industria mexicana.

En el cuadro 1 aparecen las emisiones estimadas de partículas desde 1972 hasta 1978. De él se desprende que, entre las fuentes altamente contaminantes, son las industrias de cemento, los procesos de combustión <sup>23</sup> y las industrias químicas las que emiten más partículas al aire. También se observa una disminución en la emisión total de partículas desde 1974 en adelante. Esto se debió a la instalación de equipos de control en algunas de las fuentes contaminantes.

El cuadro 2 muestra las emisiones de bióxido de azufre por fuente desde 1972 hasta 1978. Los procesos de combustión y de generación eléctrica destacan como los más contaminantes.

---

<sup>21</sup> Un factor de emisión es un promedio estadístico de la masa de contaminante emitido por una fuente según la unidad de material manejado, procesado o quemado. (Medardo Corichi Cos, "Muestreo y evaluación de emisiones contaminantes atmosféricas en fuentes fijas" (1977, inédito), p. 7.

<sup>22</sup> Alessandro N. Beccar, Ponencia presentada en el Seminario sobre saneamiento y mejoramiento ambiental (1977), p. 7.

<sup>23</sup> En los cuadros 1 al 4, el renglón denominado "combustión" corresponde a los procesos de combustión llevados a cabo en otras industrias aparte de las mencionadas.

Cuadro 1  
 EMISIONES DE PARTICULAS POR FUENTES FIJAS EN LA CIUDAD DE MEXICO  
 (Toneladas al año)

Fuente	1972		1973		1974		1975		1976		1977		1978	
	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%
Industrias de cemento	132,705	86.81	138,760	87.60	134,576	88.69	111,266	86.54	97,945	83.68	101,101	84.50	104,253	84.17
Combustión	6,659	4.36	7,072	4.47	7,809	5.15	9,513	7.40	10,632	9.08	9,726	8.13	10,329	8.34
Industrias químicas	5,663	3.71	5,007	3.16	3,379	2.23	2,184	1.70	2,997	2.56	3,129	2.62	3,265	2.64
Industrias del acero	3,610	2.36	3,393	2.14	2,093	1.38	1,879	1.46	1,680	1.44	1,711	1.43	1,789	1.44
Producción de hierro	1,975	1.29	1,886	1.19	1,781	1.17	1,567	1.22	1,574	1.35	1,664	1.39	1,740	1.41
Termoeléctricas	1,270	0.83	1,285	0.81	1,325	0.87	1,382	1.08	1,440	1.23	1,528	1.28	1,704	1.38
Refinería de petróleo	723	0.47	723	0.46	723	0.48	723	0.56	723	0.62	723	0.60	723	0.59
Industria papelera	260	0.17	268	0.17	55	0.04	57	0.04	58	0.05	60	0.05	62	0.05
<b>Total</b>	<b>152,865</b>	<b>100.00</b>	<b>158,394</b>	<b>100.00</b>	<b>151,741</b>	<b>100.00</b>	<b>128,571</b>	<b>100.00</b>	<b>117,049</b>	<b>100.00</b>	<b>119,642</b>	<b>100.00</b>	<b>123,870</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente - Dirección General de Saneamiento Atmosférico, Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México (México, 1978), pp. 4-7 y 11.

Cuadro 2

## EMISIONES DE BIOXIDO DE AZUFRE POR FUENTES FIJAS EN LA CIUDAD DE MEXICO

(Toneladas al año)

Fuente	Años							Contribución al total de cada año (%) (1972-1977)	Contribución al total de 1978 (%)
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978		
Combustión	119,029	127,998	139,083	164,186	180,000	167,522	180,880	59.00	58.99
Termoeléctricas	60,471	65,025	70,656	83,410	91,437	85,104	90,807	29.97	29.62
Refinería de petróleo	10,087	10,847	11,787	13,914	15,254	14,197	14,218	5.00	4.64
Industrias químicas	8,067	8,678	9,429	11,131	12,203	11,357	11,688	4.00	3.81
Industrias de cemento	4,035	4,339	4,715	5,566	6,102	5,679	8,936	2.00	2.91
Industria papelera	55	59	64	75	83	77	83	0.03	0.03
Total	201,744	216,946	235,734	278,282	305,079	283,936	306,612	100.00	100.00

FUENTE: Datos proporcionados por la Dirección General de Saneamiento Atmosférico de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

Se nota un aumento en las emisiones totales de bióxido de azufre desde 1972 hasta 1976. Este acrecentamiento fue ocasionado por el consumo intenso de combustibles con azufre. En 1977 la emisión total de bióxido de azufre disminuyó gracias al suministro parcial de gas natural a una de las termoeléctricas de la ciudad <sup>24</sup>.

El cuadro 3 incluye las emisiones de óxidos de nitrógeno y el 4 las de hidrocarburos. Al igual que en el caso del bióxido de azufre, los procesos de combustión y generación eléctrica contribuyen con la mayor cantidad de emisiones de óxidos de nitrógeno. Las industrias de pintura, la refinera de petróleo y el transporte de hidrocarburos constituyen las fuentes fijas que emiten más hidrocarburos al medio ambiente. El transporte de hidrocarburos parecería pertenecer al grupo de las fuentes móviles. No obstante es incluido entre las fuentes fijas porque el desprendimiento mayor de los gases y vapores de los hidrocarburos transportados ocurre en los lugares donde se efectúa su abastecimiento.

Entre las fuentes fijas, los procesos de combustión y las termoeléctricas son las que lanzan más monóxido de carbono al aire, pero su aportación a la cantidad total de este contami-

---

<sup>24</sup> Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente - Dirección General de Saneamiento Atmosférico, Situación actual de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de la Ciudad de México (México: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, memorándum técnico, 1978), pp. 4-7 y 11.

En adelante usaremos las siglas S.M.A. y D.G.S.A. para referirnos a la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y a la Dirección General de Saneamiento Atmosférico.



Cuadro 3  
 EMISIONES DE OXIDOS DE NITROGENO POR FUENTES FIJAS EN LA CIUDAD DE MEXICO  
 (Toneladas al año)

Fuente	Años							Contribución al total de cada año (%)
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	
Combustión	26,597	27,657	29,768	33,709	36,545	36,383	38,785	52.32
Termoeléctricas	18,910	19,664	21,165	23,968	25,984	25,867	27,582	37.20
Refinería de petróleo	4,118	4,282	4,609	5,219	5,658	5,632	6,008	8.10
Industrias químicas	1,144	1,189	1,286	1,449	1,572	1,565	1,669	2.25
Industrias del acero	66	69	68	84	90	89	92	0.13
<b>Total</b>	<b>50,835</b>	<b>52,861</b>	<b>56,896</b>	<b>64,429</b>	<b>69,849</b>	<b>69,536</b>	<b>74,136</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Datos proporcionados por la D.G.S.A. - S.M.A.

Cuadro 4

EMISIONES DE HIDROCARBUROS POR FUENTES FIJAS EN LA CIUDAD DE MEXICO  
(Toneladas al año)

Año	Industria de <sup>a</sup> pinturas		Refinería de petróleo		Transporte hidrocarburos		Combustión		Termoeléctricas		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	
1972	45,932	71.11	10,160	15.72	5,326	8.25	1,729	2.68	1,449	2.24	64,596
1973	49,606	72.20	10,160	14.79	5,650	8.22	1,841	2.68	1,449	2.11	68,706
1974	53,575	73.25	10,160	13.89	5,993	8.19	1,961	2.68	1,449	1.98	73,138
1975	57,861	74.14	10,160	13.02	6,357	8.15	2,089	2.68	1,580	2.02	78,047
1976	62,490	75.11	10,160	12.21	6,744	8.11	2,224	2.67	1,580	1.90	83,198
1977	67,489	76.04	10,160	11.45	7,153	8.06	2,369	2.67	1,580	1.78	88,751
1978	72,888	76.94	10,160	10.72	7,588	8.01	2,523	2.66	1,580	1.67	94,739

FUENTE: Datos proporcionados por la D.G.S.A. - S.M.A.

<sup>a</sup> También incluye el uso y aplicación de pinturas, lacas y barnices.

nante atmosférico es reducida en comparación con la de los vehículos automotores.

El cuadro 5 presenta las emisiones totales de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos desde 1972 hasta 1978. Las emisiones totales provenientes de las fuentes fijas estudiadas han venido aumentando desde 1972. Sólo en 1977 se mostró una mejoría debido a la leve disminución en las emisiones de bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. De los contaminantes arrojados por las fuentes fijas, las emisiones de bióxido de azufre fueron las más voluminosas de todos los años estudiados. Los únicos contaminantes que se han logrado controlar apreciablemente son las partículas. Su participación en el total de las emisiones se redujo de un 35.52% en 1972 a un 20.67% en 1978.

Como hemos visto, los procesos de combustión producen el mayor número de toneladas de óxidos de nitrógeno y de bióxido de azufre. En estos procesos de combustión se queman combustibles derivados del petróleo. Mientras más azufre contenga el combustible, mayor será la emisión de bióxido de azufre surgida de su quema.

El petróleo mexicano es uno de los más amargos del mundo, pues contiene cerca de 3 a 3.6% de peso en azufre <sup>25</sup>. Algunos de sus derivados también tienen un alto contenido de azufre. Los combustibles ligeros y pesados poseen concentracio-

---

<sup>25</sup> Rojas Barroso, op. cit., p. 4.

Cuadro 5

EMISIONES TOTALES DE PARTICULAS, BIOXIDO DE AZUFRE, OXIDOS DE  
NITROGENO E HIDROCARBUROS POR FUENTES FIJAS EN LA CIUDAD DE MEXICO

(Toneladas al año)

Año	Partículas		Bióxido de azufre		Oxidos de nitrógeno		Hidrocarburos		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	
1972	152,865	32.52	201,744	42.92	50,835	10.82	64,596	13.74	470,040
1973	158,394	31.88	216,946	43.66	52,861	10.64	68,706	13.83	496,907
1974	151,741	29.32	235,734	45.55	56,896	10.99	73,138	14.13	517,509
1975	128,571	23.41	278,282	50.66	64,429	11.73	78,047	14.21	549,329
1976	117,049	20.35	305,079	53.04	69,849	12.14	83,198	14.47	575,175
1977	119,642	21.29	283,936	50.54	69,536	12.38	88,751	15.80	561,865
1978	123,870	20.67	306,612	51.16	74,136	12.37	94,739	15.81	599,357

FUENTE: Cuadros 1-4

nes de 3.6% de azufre total, el diesel de 1.1%, el diesel especial de 0.40% y las gasolinas nova y extra de 0.20%. El gas L.P. sólo tiene 0.009% de azufre y el gas natural 0.0095%<sup>26</sup>. Este último sale amargo del pozo pero parte de su azufre es eliminado en "plantas desulfurizadoras" que luego lo bombean al gaseoducto<sup>27</sup>.

En el cuadro 6 aparecen las emisiones de algunos contaminantes originados por la quema de combustibles (combustóleo, diesel, gas L.P. y gas natural) en fuentes fijas de la Ciudad de México para 1976. Las estimaciones están hechas con base en los factores de emisión de la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica y en las cualidades físico-químicas de los combustibles mexicanos proporcionadas por Petróleos Mexicanos<sup>28</sup>. Es de notar que los cálculos del cuadro 6 no concuerdan con los que fueron presentados en cuadros anteriores para los procesos de combustión. Sin embargo, lo que nos interesa de este cuadro es que en él se hace distinción entre las emisiones producidas por los procesos de combustión en las fuentes industriales altamente contaminantes y las provenientes de los giros menores contaminantes. Observamos que las fuentes industriales aportan más de la mi-

---

<sup>26</sup> S.M.A. - D.G.S.A., "Estudio sobre la contribución de la combustión de hidrocarburos, en fuentes fijas, a la contaminación atmosférica y las estrategias para su control" (1977), p. 18.

<sup>27</sup> Rojas Barroso, op. cit., p. 5.

<sup>28</sup> S.M.A. - D.G.S.A., "Estudio sobre la contribución ...", pp. 15-18.

Cuadro 6

EMISIONES DE CONTAMINANTES ORIGINADOS POR LA QUEMA DE COMBUSTIBLES  
EN FUENTES FIJAS DE LA CIUDAD DE MEXICO, 1976

(Toneladas al año)

Contaminante	Combustión en fuentes industriales altamente contaminantes	Combustión en giros menores	Total	Contribución al total (%)	
				Giros menores	Fuentes industriales altamente contaminantes
Partículas	8,345	4,349	12,694	34.26	65.74
Oxidos de azufre	208,113	87,959	296,072	29.71	70.29
Oxidos de nitrógeno	47,255	16,419	63,674	25.79	74.21
Hidrocarburos	1,574	887	2,461	36.04	63.96
Monóxido de carbono	3,027	1,621	4,648	34.88	65.12

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., "Estudio sobre la contribución ...", p. 20.

dad de las emisiones originadas por combustión en las fuentes fijas mientras que los giros menores lo más que llegan a emitir es un 36% del total en el caso de los hidrocarburos.

La figura 3 muestra la localización de algunas de las industrias que emiten más contaminantes al aire. Como veremos más adelante, la ubicación de estas industrias influye directamente en los niveles de contaminación atmosférica que se registran en cada zona de la ciudad.

#### B. Fuentes móviles

Los vehículos automotores son las fuentes móviles que más contaminan en la Ciudad de México. En 1977 se tenían registrados - en el Distrito Federal y en los municipios de Tlalnepantla, Atizapán de Zaragoza, Ecatepec, Cuautitlán, Naucalpan, Netzahualcóyotl, Chimalhuacan y La Paz del Estado de México - 1,169,898 automóviles, 15,528 camiones de pasajeros, 143,510 camiones de carga y 52,365 motocicletas; en total 1,381,301 vehículos <sup>29</sup>.

Estos vehículos funcionan con motores de combustión interna que pueden ser de dos tipos: de carburación o diesel <sup>30</sup>.

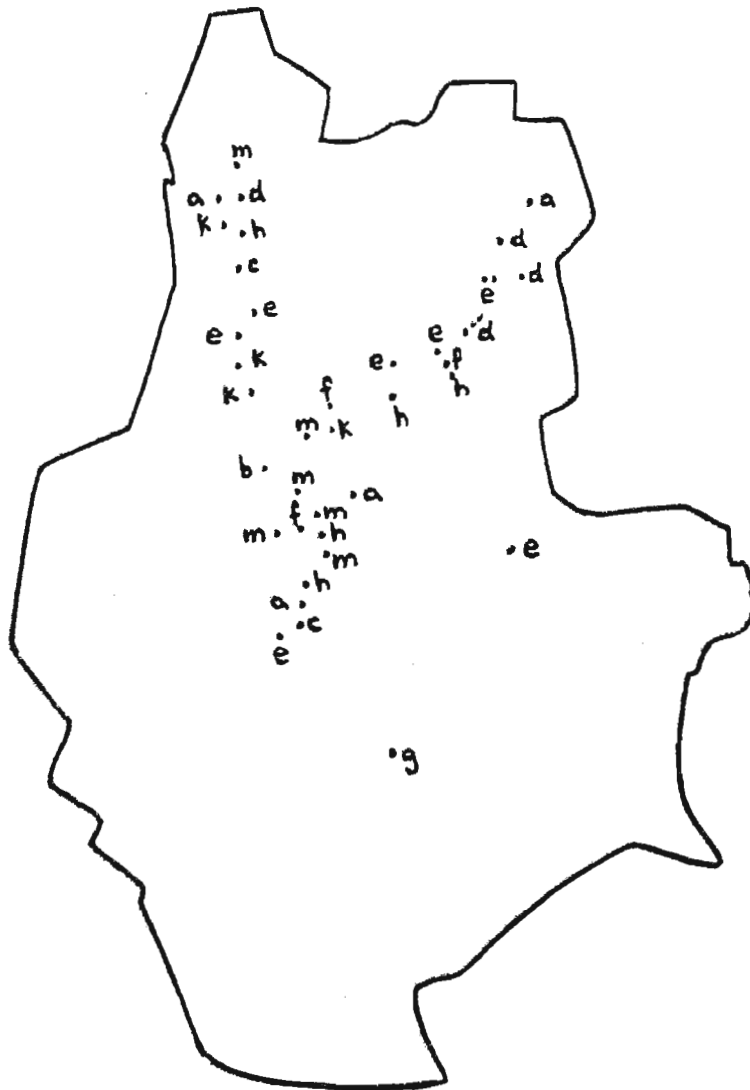
---

<sup>29</sup> Los datos provienen de la Dirección General de Policía y Tránsito del Departamento del Distrito Federal. Información proporcionada por Valentín Ibarra de El Colegio de México.

<sup>30</sup> Jorge Osvaldo Gómez y Julio Pablo Paez, Los automotores como fuentes contaminantes (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1972), pp. 11-12.

Figura 3

LOCALIZACION DE ALGUNAS DE LAS INDUSTRIAS  
QUE EMITEN MAS CONTAMINANTES AL AIRE



a. Termoeléctricas b. Refinería de petróleo c. Industrias de cemento d. Industrias químicas e. Fundiciones f. Industrias de jabón y detergentes g. Industrias de celulosa y papel h. Metalurgia no ferrosa k. Industrias de ácido sulfúrico m. Industria hulera

FUENTE: Basada en la figura 1 de S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 2-3.



Ambos emiten monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas. Los vehículos fabricados hasta 1970 que se mueven mediante un motor de carburación o de gasolina tienen emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno procedentes del cárter, de las evaporaciones en el carburador y tanque de la gasolina y del escape en la siguiente proporción <sup>31</sup>:

	Cárter	Carburador y tanque	Escape
Hidrocarburos	20%	20%	60%
Monóxido de carbono	---	---	100%
Oxidos de nitrógeno	---	---	100%

En 1971, la industria automotriz mexicana comenzó a colocar sistemas de control de las emisiones del cárter y en 1972 dispositivos para el control de las emisiones evaporativas del carburador y del tanque. Desde 1974 se han venido instalando controles para los gases del escape. Todas las emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de los vehículos fabricados a partir de 1975 provienen sólo del escape <sup>32</sup>.

Un vehículo de motor de gasolina produce mayores cantida-

---

<sup>31</sup> Luis E. Miramontes Cárdenas y Jorge Mencarini Peniche, "Control de la emisión vehicular en motores de gasolina" en Memoria. Primera reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental (México: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1973), Tomo II, p. 698.

<sup>32</sup> Información proporcionada por la D.G.S.A. - S.M.A.

des de monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas de plomo que un vehículo de motor diesel. Este último emite más óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y humo <sup>33</sup>.

En la Ciudad de México, las emisiones contaminantes originadas en los motores de combustión interna están condicionadas por la altura. Conforme se asciende desde el nivel del mar, el aire se enrarece; esto es, el peso de aire por metro cúbico disminuye. La presión atmosférica en la Ciudad de México es de 585 m.m. de mercurio mientras que al nivel del mar es de 760 m.m. de mercurio <sup>34</sup>. Los motores de combustión interna requieren un determinado peso de aire para quemar cierto peso de combustible. Un motor fabricado con una calibración de combustible necesaria para operar al nivel del mar, funcionará ineficazmente a la elevación de la Ciudad de México <sup>35</sup>. A esta altura ocurre una disminución del 40% en las emisiones de óxidos de nitrógeno y un aumento del 80% en las de hidrocarburos y del 100% en las emisiones de monóxido de carbono con relación a las que se producen al nivel del mar <sup>36</sup>.

En el cuadro 7 aparecen las emisiones estimadas de hidrocarburos y en el 8 las de monóxido de carbono para los automó-

---

<sup>33</sup> Ibid.

<sup>34</sup> J. de Jesús Horta C., "Dispositivos para el control de la contaminación atmosférica producida por vehículos automotores" en Memoria. Primera reunión ..., op. cit., p. 706.

<sup>35</sup> Jorge R. Aréstegui y David Boulton, "La aplicación de compensadores de altura a motores diesel como medio de combatir la contaminación del ambiente" en Memoria. Primera reunión ..., op. cit., p. 713.

<sup>36</sup> Información de la D.G.S.A. - S.M.A.

viles y camiones de gasolina que circulaban en la Ciudad de México desde 1970 hasta 1978. Los cálculos están fundamentados en el consumo mensual de gasolinas nova y extra, en un promedio de kilometraje recorrido por vehículo según el tipo de vehículo y en factores de emisión de la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica adaptados a la altura de la Ciudad de México <sup>37</sup>. Las cifras correspondientes a las emisiones de hidrocarburos toman en cuenta los controles establecidos tanto en los automóviles como en los camiones desde 1972; las de monóxido de carbono sólo consideran los controles para automóviles desde 1972. En estos cuadros son notables las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono procedentes de los automóviles.

Con respecto a los óxidos de nitrógeno, se estimó que en 1977 las fuentes vehiculares emitieron 30,000 toneladas de estos contaminantes al aire <sup>38</sup>.

La figura 4 ilustra el flujo vehicular en las principales vías de la ciudad. En ella se indica el número de vehículos que transitan por hora en cada vía. Las más concurridas son el Anillo Periférico, la Avenida Manuel Avila Camacho, la Carretera # 57, la Avenida Insurgentes Norte, el Viaducto Miguel Alemán, la Calzada de Tlalpan, la Calzada Ignacio Zaragoza, la Calzada Niño Perdido y la Avenida San Juan de Aragón. Es de esperarse que las zonas por donde circulan más vehículos

---

<sup>37</sup> Ibid.

<sup>38</sup> S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 31.

Cuadro 7

EMISIONES DE HIDROCARBUROS POR AUTOMOVILES Y CAMIONES DE  
GASOLINA EN LA CIUDAD DE MEXICO

(Toneladas al año)

Año	Automóviles		Camiones		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	
1970	162,140	76.23	50,550	23.77	212,690
1971	176,730	77.31	51,880	22.69	228,610
1972	196,300	78.82	52,760	21.18	249,060
1973	216,020	80.07	53,770	19.93	269,790
1974	238,310	80.08	59,270	19.92	297,580
1975	241,030	79.51	62,100	20.49	303,130
1976	237,140	78.21	66,060	21.79	303,200
1977	233,969	77.38	68,410	22.62	302,370
1978	231,860	76.48	71,290	23.52	303,150

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 33.

Cuadro 8

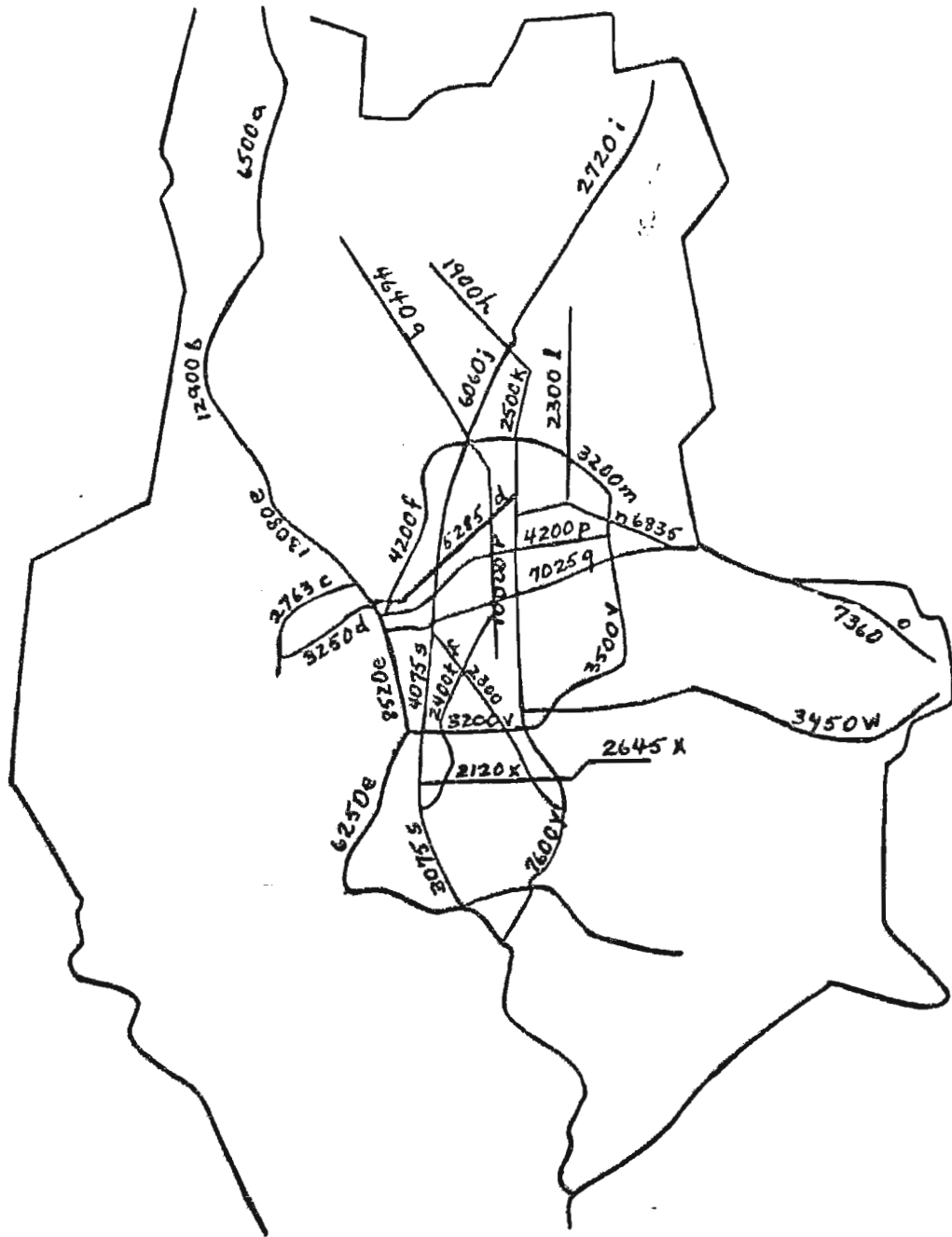
EMISIONES DE MONOXIDO DE CARBONO POR AUTOMOVILES Y CAMIONES  
DE GASOLINA EN LA CIUDAD DE MEXICO

(Toneladas al año)

Año	Automóviles		Camiones		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	
1970	1,209,430	72.97	448,030	27.03	1,657,460
1971	1,318,230	74.14	459,780	25.86	1,778,010
1972	1,464,530	75.75	468,930	24.25	1,933,460
1973	1,621,590	77.18	479,440	22.82	2,101,030
1974	1,891,290	77.87	537,630	22.13	2,428,920
1975	1,969,790	77.51	571,660	22.49	2,541,450
1976	1,936,450	75.86	616,090	24.14	2,552,540
1977	1,899,260	74.65	644,960	25.35	2,544,220
1978	1,868,850	73.38	678,140	26.62	2,546,990

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 32.

FLUJO VEHICULAR EN LAS PRINCIPALES VIAS DE LA CIUDAD  
(Vehículos que transitan por hora)



- a. Carretera #57
- b. Avenida Manuel Avila Camacho
- c. Avenida de las Palmas
- d. Paseo de la Reforma
- e. Anillo Periférico
- f. Calzada Melchor Ocampo
- g. Calzada Vallejo
- h. Ticomán
- i. Carretera #85
- j. Avenida Insurgentes Norte
- k. Calzada Guadalupe
- l. Avenida Eduardo Molina
- m. Boulevard Puerto Aéreo
- n. Calzada Ignacio Zaragoza
- o. Hacia carreteras #190 y #150
- p. Avenida Fray Servando Teresa de Mier
- q. Viaducto Miguel Alemán
- r. Calzada Niño Perdido y Avenida San Juan de Aragón
- s. Avenida Insurgentes Sur
- t. Avenida Universidad
- u. Avenida División del Norte
- v. Avenida Río Churubusco
- w. Calzada Ermita Ixtapalapa
- x. Avenida Miguel Angel de Quevedo
- y. Calzada Tlalpan

FUENTE: Basada en la figura 7 de S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de .... n. 27.

sean las más afectadas por los contaminantes que ellos emiten. En el sudeste y sudoeste de la ciudad no hay mucho movimiento vehicular. Las mayores concentraciones de vehículos se dan hacia el norte y centro.

### C. Otras fuentes

Otras fuentes de contaminación atmosférica por partículas son: el ex-lago de Texcoco, zonas semiáridas erosionadas, zonas de agricultura temporal, campos deportivos sin vegetación, áreas de extracción de minerales no metálicos, zonas urbanas no pavimentadas y tiraderos de basura. Casi todas estas fuentes se encuentran hacia el norte y este de la ciudad <sup>39</sup>. Esos lugares tienen suelos secos y sueltos, con muy poca vegetación. Al soplar el viento - especialmente en la estación seca -, las partículas son levantadas de la superficie y transportadas hacia el área urbana. La fuerza del viento afloja los granos de polvo expuestos en la superficie y los mueve cercanos al suelo. Luego los lanza hacia arriba en un movimiento a saltos. La presión del viento causa que las partículas sigan rebotando y que golpeen a otras partículas, las cuales también comienzan a saltar. Las partículas de mayor tamaño sólo ruedan sobre la superficie. Las más finas se elevan bastante y viajan grandes distancias antes de volver a depositarse. Estas tormentas de

---

<sup>39</sup> Ibid., p. 41.

polvo se conocen con el nombre de tolvaneras <sup>40</sup>.

Entre 1923 y 1958 las tolvaneras ocurrieron en seis o más días en cada uno de los meses de enero a junio y alcanzaron un máximo promedio de trece días en el mes de marzo. Generalmente las tormentas de polvo viajan desde el norte y este de la ciudad donde son originadas hacia el sur y poniente. Al cruzar la ciudad las partículas se van depositando gradualmente de manera que al llegar al sur y oeste, las concentraciones de polvo en suspensión son menores <sup>41</sup>.

Otras fuentes de partículas son las heces depositadas al aire libre. Cuando el sol las deshidrata, sus residuos pueden ser esparcidos por el viento. Hacia julio de 1973, 2,070,090 habitantes de la ciudad defecaban diariamente al aire libre 621 toneladas de materia fecal y 1,863 toneladas de orina que al secarse se convertían en 248 toneladas diarias de desechos compuestos de materia orgánica, microorganismos no patógenos, protozoarios, parásitos y otros microorganismos patógenos <sup>42</sup>.

---

<sup>40</sup> Jáuregui O., Mesomicroclima de la Ciudad de México, pp. 66-67.

<sup>41</sup> Ibid., p. 67.

<sup>42</sup> Francisco Vizeafno Murray, La contaminación en México (México: Fondo de Cultura Económica, 1975), p. 211.



### III. NIVELES

"Nivel" se refiere a la concentración de un contaminante en el aire durante cierto período de tiempo. Desde 1967, la Secretaría de Salubridad y Asistencia ha venido instalando una red de estaciones para medir los niveles de contaminantes atmosféricos en distintos puntos de la ciudad <sup>43</sup>. Actualmente, la red está constituida por 14 estaciones manuales y 15 automáticas. Las estaciones manuales poseen muestreadores de alto volumen y burbujeadores de gases para la medición de los niveles de concentración de partículas suspendidas totales y de bióxido de azufre. Las estaciones automáticas están provistas de equipo para determinar los niveles de monóxido de carbono y bióxido de azufre; cinco de ellas también miden partículas suspendidas, ozono y bióxido de nitrógeno <sup>44</sup>. La red es de forma rectangular, aproximadamente de unos 14 por 20 kilómetros y comprende un área de 280 kilómetros cuadrados <sup>45</sup>.

La figura 5 muestra la ubicación de cada una de las estaciones y las cinco zonas - nordeste, noroeste, centro, sudeste y sudoeste - en que se ha dividido la ciudad con el fin de es-

---

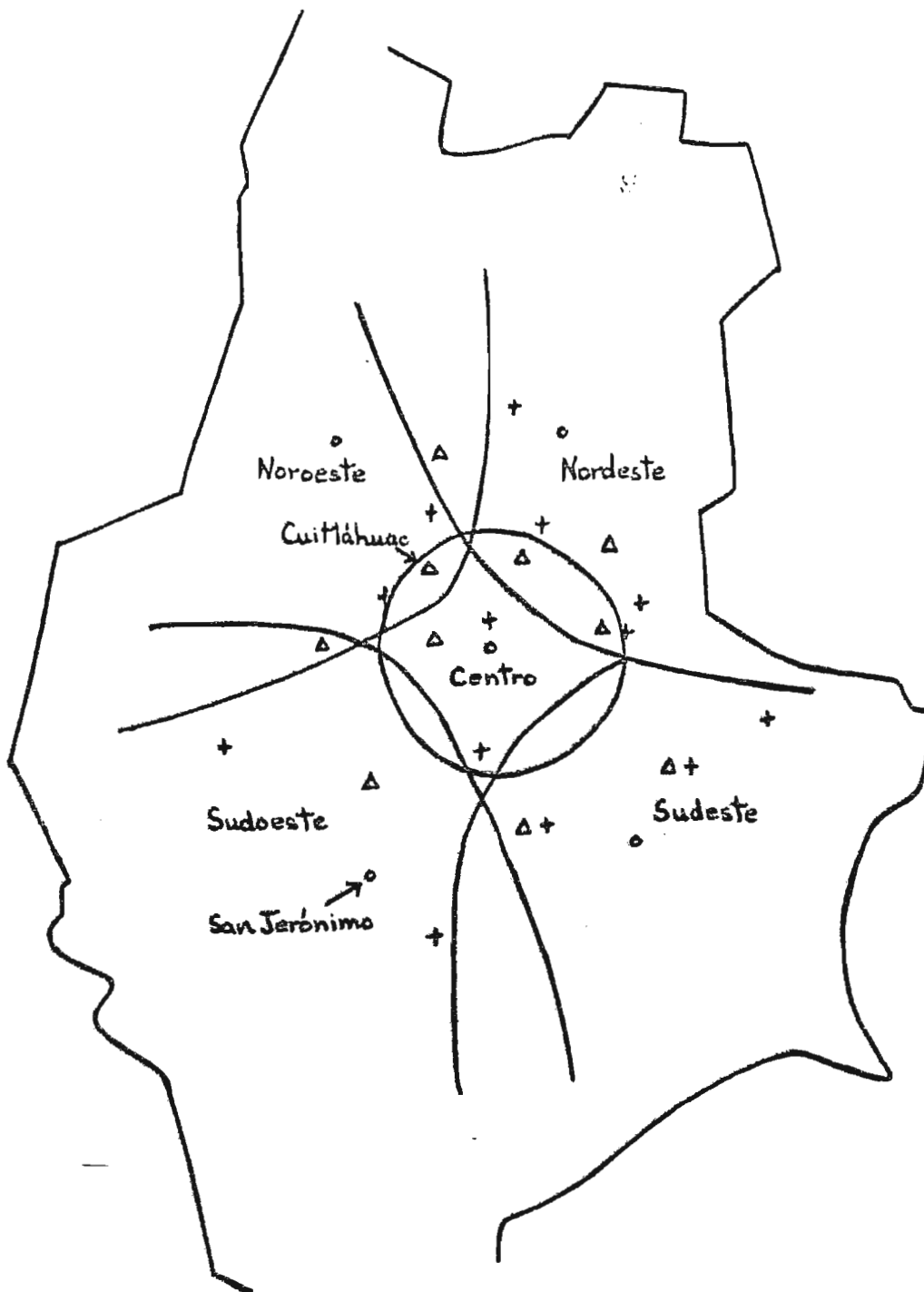
<sup>43</sup> Enrique Márquez Mayaudón, "Actividades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la evaluación de la contaminación del aire", Salud Pública de México (1972), Vol. XIV, Núm. 3, p. 418.

<sup>44</sup> S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 51.

<sup>45</sup> Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", p. 3.

Figura 5

UBICACION DE LAS ESTACIONES QUE MIDEN LOS NIVELES  
DE CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD



- + estaciones manuales (miden bióxido de azufre y partículas)
- Δ estaciones automáticas (miden bióxido de azufre y monóxido de carbono)
- o estaciones automáticas completas (miden bióxido de azufre, monóxido de carbono, partículas y bióxido de nitrógeno)

FUENTE: Información suministrada por la D.G.S.A. - S.M.A.

tudiar los niveles de contaminación atmosférica.

Los cuadros 9-11 presentan las mediciones de partículas suspendidas (fracción respirable) <sup>46</sup>, bióxido de azufre y ozono tomadas durante el año de 1976 y desde noviembre de 1977 hasta junio de 1978. El cuadro 12 contiene las mediciones de monóxido de carbono desde noviembre de 1977 hasta junio de 1978. Los niveles están dados en partes por millón (p.p.m.), excepto en el caso de las partículas suspendidas cuya unidad es de microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>47</sup>.

Las cinco estaciones automáticas completas son las únicas que registran las concentraciones de ozono. Por lo tanto, podemos estar seguros de que los niveles de ozono del cuadro 11 corresponden al lugar donde están ubicadas esas estaciones. No ocurre lo mismo en el caso de las partículas, del bióxido de azufre y del monóxido de carbono pues todas las estaciones

---

<sup>46</sup> "Fracción respirable" es la fracción de partículas de diámetro menor que cinco micras. Estas fracciones de partículas son las que logran penetrar hasta los pulmones.

<sup>47</sup> En los cuadros 9 (partículas suspendidas) y 10 (bióxido de azufre) se han computado los promedios mensuales (P) a partir de promedios diarios, a su vez calculados de valores tomados en las veinticuatro horas del día. El promedio máximo diario (M) es el promedio - de los valores tomados en un día - más alto del mes. En el caso de ozono (cuadro 11) se sacó el promedio mensual del promedio máximo horario (P), es decir, se calculó un promedio de los valores más altos de cada hora en un día y luego se computó el promedio mensual con base en los resultados de cada uno de los días del mes. El valor máximo del promedio máximo horario (M) es el promedio - de los valores más altos de cada hora - más elevado de las veinticuatro horas. El cuadro 12 (monóxido de carbono) incluye los promedios mensuales (P) calculados de promedios diarios de los valores tomados en ocho horas del día. El valor máximo del promedio de ocho horas (M) es el promedio - de los valores tomados en ocho horas del día - más alto del mes.

## Cuadro 9

NIVELES DE CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS -  
FRACCION RESPIRABLE POR ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO(Promedio diario -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  $\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ 

Meses	Nordeste		Noroeste		Centro		Sudeste		Sudoeste	
	P	$\bar{b}$ / M	P	$\bar{b}$ / M	P	$\bar{b}$ / M	P	$\bar{b}$ / M	P	$\bar{b}$ / M
<u>1976</u>										
Enero	118	208	134	208	---	---	104	152	103	180
Febrero	91	160	107	174	---	---	112	132	99	144
Marzo	97	176	121	146	---	---	152	252	100	236
Abril	66	156	98	132	126	176	153	254	90	124
Mayo	137	188	102	134	135	162	170	222	90	178
Junio	77	166	83	138	16	24	190	230	75	190
Julio	110	228	95	124	33	148	157	216	102	386
Agosto	179	266	83	118	119	154	121	204	81	108
Septiembre	208	350	87	118	117	126	171	278	73	106
Octubre	187	248	81	124	121	128	242	303	83	120
Noviembre	219	318	77	120	---	---	254	328	85	138
Diciembre	254	360	106	140	22	128	257	290	99	138
<u>1977</u>										
Noviembre	43	115	90	125	68	94	164	327	75	135
Diciembre	75	153	120	245	84	129	125	196	103	202
<u>1978</u>										
Enero	200	261	126	161	77	94	199	269	85	121
Febrero	188	374	100	167	73	171	203	322	86	141
Marzo	156	258	90	163	131	162	174	260	77	106
Abril	49	188	89	158	69	151	148	262	64	112
Mayo	97	160	98	133	74	117	147	221	25	39
Junio	70	108	86	133	97	186	121	257	66	109

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 53-54.

a Los niveles encuadrados alcanzan o exceden las normas mexicanas de calidad del aire.

 $\bar{b}$  P= promedio mensual

Cuadro 10

NIVELES DE CONCENTRACION DE BIOXIDO DE AZUFRE  
POR ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO

(Promedio diario - p.p.m.) <sup>a/</sup>

Meses	Nordeste		Noroeste		Centro		Sudeste		Sudoeste	
	P <sup>b/</sup>	M <sup>c/</sup>	P <sup>b/</sup>	M <sup>c/</sup>	P <sup>b/</sup>	M <sup>c/</sup>	P <sup>b/</sup>	M <sup>c/</sup>	P <sup>b/</sup>	M <sup>c/</sup>
<u>1976</u>										
Enero	.036	.081	.041	.052	.025	.068	.020	.057	.051	.159
Febrero	.038	.075	.031	.068	.045	.091	.025	.035	.081	.159
Marzo	.020	.066	.032	.064	.047	.115	.020	.030	.011	.028
Abril	.041	.134	.034	.127	.075	.300	.017	.033	.011	.031
Mayo	.027	.050	.031	.046	.029	.056	.007	.026	.012	.019
Junio	.020	.037	.019	.037	.028	.043	.020	.053	.012	.020
Julio	.136	.143	.021	.041	.033	.049	.018	.045	.013	.022
Agosto	.034	.064	.011	.024	.032	.042	.017	.026	.014	.037
Septiembre	.025	.059	.020	.042	.032	.047	.014	.050	.027	.042
Octubre	.032	.133	.031	.053	.035	.055	.117	.333	.014	.021
Noviembre	.056	.206	.034	.064	.033	.056	--	--	.015	.031
Diciembre	.034	.063	.043	.064	.037	.056	--	--	.016	.027
<u>1977</u>										
Noviembre	.050	.186	.047	.093	.139	.187	.022	.074	.028	.135
Diciembre	.122	.371	.045	.108	.067	.182	.030	.063	.029	.091
<u>1978</u>										
Enero	.059	.168	.072	.120	.043	.108	.026	.092	.024	.049
Febrero	.076	.141	.084	.129	.064	.171	.041	.132	.050	.141
Marzo	.086	.256	.064	.111	.042	.098	.028	.067	.031	.085
Abril	.056	.157	.059	.180	.040	.108	.033	.063	.047	.088
Mayo	.046	.077	.036	.057	.037	.100	.028	.052	.016	.064
Junio	.022	.031	.025	.048	.031	.044	.027	.062	.017	.041

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 55-56.

a Los niveles encuadrados alcanzan o exceden las normas mexicanas de calidad del aire.

b P= promedio mensual

c M= promedio máximo diario

Cuadro 11  
NIVELES DE CONCENTRACION DE OZONO POR ZONAS  
DE LA CIUDAD DE MEXICO

(Promedio horario - p.p.m.) <sup>a/</sup>

Meses	Nordeste		Noroeste		Centro		Sudeste		Sudoeste	
	P	M <sup>b/</sup> C <sup>c/</sup>	P	M <sup>b/</sup> C <sup>c/</sup>	P	M <sup>b/</sup> C <sup>c/</sup>	P	M <sup>b/</sup> C <sup>c/</sup>	P	M <sup>b/</sup> C <sup>c/</sup>
<u>1976</u>										
Enero	.016	.028	.013	.032	---	---	.011	.037	.024	.030
Febrero	---	---	---	---	---	---	.012	.020	.009	.026
Marzo	.056	.095	.032	.073	---	---	.033	.043	.033	.048
Abril	.042	.104	.042	.119	.055	.110	.035	.094	.035	.100
Mayo	.087	.098	.085	.105	---	---	.083	.105	.083	.112
Junio	.009	.103	.019	.128	.017	.098	---	---	.014	.113
Julio	.116	<b>.160</b>	.104	<b>.149</b>	.101	<b>.130</b>	---	---	<b>.169</b>	<b>.191</b>
Agosto	.064	.128	.079	<b>.141</b>	.059	.127	.103	<b>.159</b>	.121	<b>.153</b>
Septiembre	.031	.044	.045	.067	.071	<b>.254</b>	.045	.063	.081	<b>.146</b>
Octubre	.028	.045	.043	.087	.042	.107	.041	<b>.143</b>	.072	.117
Noviembre	.029	.047	.044	.078	---	---	.017	.035	.029	.117
Diciembre	.029	.040	.051	.085	---	---	.007	---	.015	.057
<u>1977</u>										
Noviembre	.118	<b>.188</b>	---	---	<b>.160</b>	<b>.256</b>	---	---	.114	<b>.257</b>
Diciembre	.129	<b>.174</b>	---	---	<b>.210</b>	<b>.311</b>	---	---	.007	<b>.136</b>
<u>1978</u>										
Enero	.073	.108	---	---	.068	<b>.197</b>	---	---	.074	<b>.131</b>
Febrero	.053	.095	---	---	.118	<b>.254</b>	---	---	---	---
Marzo	---	---	---	---	<b>.185</b>	<b>.475</b>	---	---	.067	<b>.302</b>
Abril	---	---	---	---	<b>.164</b>	<b>.273</b>	---	---	.062	<b>.139</b>
Mayo	---	---	---	---	.042	.079	---	---	.049	.075
Junio	.029	.049	---	---	.032	.072	---	---	.041	.069

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 57-58.

a Los niveles encuadrados alcanzan o exceden las normas mexicanas de calidad del aire.

b P= promedio mensual del promedio máximo horario

c M= valor máximo del promedio máximo horario

Cuadro 12

NIVELES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO  
POR ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO

(Promedio horario de 8 horas - p.p.m.) <sup>e/</sup>

Meses	Nordeste		Noroeste		Centro		Sudeste		Sudoeste	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
<u>1977</u>										
Noviembre	.89	1.67	---	---	---	---	2.53	4.68	---	---
Diciembre	1.42	3.41	---	---	11.30	22.41	---	---	---	---
<u>1978</u>										
Enero	---	---	---	---	11.20	19.07	---	---	---	---
Febrero	---	---	---	---	10.42	16.74	---	---	---	---
Marzo	---	---	---	---	9.52	16.70	---	---	---	---
Abril	3.38	5.47	---	---	8.41	11.33	2.86	5.34	---	---
Mayo	2.45	4.67	3.67	9.87	2.67	8.20	2.94	6.24	3.21	8.54
Junio	2.01	2.90	4.16	9.88	3.60	9.14	3.57	7.53	2.62	5.24

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de .. p. 59.

a Los niveles encuadrados alcanzan o exceden las normas mexicanas de calidad del aire.

b P= promedio mensual de ocho horas

c M= valor máximo del promedio de ocho horas

miden el bióxido de azufre, las automáticas el monóxido de carbono y sólo las estaciones manuales y las cinco automáticas completas registran las partículas. Como no contamos con las cifras de los niveles determinados en cada una de las estaciones, no podemos establecer un patrón detallado sobre la distribución espacial de los niveles de cada contaminante en la ciudad. Sólo haremos referencia a las cinco zonas mencionadas y supondremos que los niveles que aparecen en los cuadros son representativos de ellas.

Los niveles más altos de partículas suspendidas registrados en cada mes ocurrieron con mayor frecuencia en primer lugar al sudeste y luego al nordeste de la ciudad. Esto se debió a que las zonas áridas erosionadas, zonas de agricultura temporal, el ex-lago de Texcoco y los lugares de extracción de minerales no metálicos, todas fuentes de contaminación por partículas, están localizadas hacia esas áreas.

Los promedios mensuales de bióxido de azufre más elevados de los meses de seca se encontraron con mayor frecuencia en el noroeste y nordeste; en los meses de lluvia, en el centro y nordeste de la ciudad. Los promedios diarios máximos ocurrieron más en el nordeste y centro, en todas las estaciones del año. Las concentraciones altas de bióxido de azufre en el noroeste pueden ser atribuidas a las emisiones procedentes de los procesos de combustión que se dan en las industrias concentradas en esa zona, especialmente las emisiones de la refinera de petróleo y de las plantas termoeléctricas. Varias industrias químicas, otra termoeléctrica y los procesos de combus-



ción de otras industrias localizadas en el área contribuyeron a que los niveles de bióxido de azufre fueran altos en el nordeste. Los niveles del centro posiblemente fueron ocasionados por las emisiones de los procesos de combustión de algunas industrias altamente contaminantes y de giros menores, además de las emisiones del tránsito denso de vehículos automotores en esa zona.

Los niveles de partículas suspendidas y de bióxido de azufre fueron bajos en los meses de lluvia, particularmente en junio debido al efecto de lavado de la atmósfera por la lluvia. El bióxido de azufre puede convertirse a trióxido de azufre y en presencia de agua a ácido sulfúrico. También puede reaccionar con las gotas de agua para formar sulfatos. El bióxido de azufre ya convertido en ácido sulfúrico y en sulfatos es eliminado de la atmósfera mediante la precipitación pluvial.

En 1976 las concentraciones más altas de ozono fueron registradas en el sudoeste y noroeste de la ciudad. El ozono resulta de la disociación fotoquímica de los óxidos de nitrógeno. Varias de las fuentes que emiten más óxidos de nitrógeno, entre ellas la refinería de petróleo, las plantas termoeléctricas, las industrias químicas y los procesos de combustión industriales, están ubicadas al noroeste de la ciudad. Parte de los óxidos de nitrógeno emitidos por estas fuentes hacia el mediodía llega arrastrada por el viento al sudoeste donde reacciona con la luz solar intensa para producir los niveles más altos de ozono. La figura 6 muestra la variación horaria típica de la concentración de ozono en la estación automática completa de

San Jerónimo. Los niveles de ozono son inapreciables durante las altas horas de la noche, aparecen y aumentan en las primeras horas de la mañana hasta llegar a un máximo a eso del mediodía. Por la tarde disminuyen y ya hacia las diez de la noche son imperceptibles. Las variaciones horarias de ozono son más patentes que las fluctuaciones mensuales. Los niveles más altos de ozono se registraron en el mes de julio. Posiblemente esto se deba a la relación estrecha entre la intensidad de la luz solar y la formación fotoquímica del ozono.

Los datos incompletos sobre monóxido de carbono que aparecen en el cuadro 12 no permiten establecer comparaciones entre los niveles de las distintas zonas. Sin embargo, es de esperar que las concentraciones más elevadas de este contaminante se encuentren hacia el centro, zona donde concurre el mayor número de vehículos. Según observaciones de la variación horaria de las concentraciones de monóxido de carbono en la estación Cuitláhuac <sup>48</sup>, los niveles de monóxido de carbono alcanzan su máximo - en parte de las zonas centro y noroeste - a las quince horas. También registran picos entre las siete y las nueve de la mañana y a las doce del mediodía. Los niveles más altos de monóxido de carbono corresponden a las horas en que ocurre el tránsito vehicular más intenso.

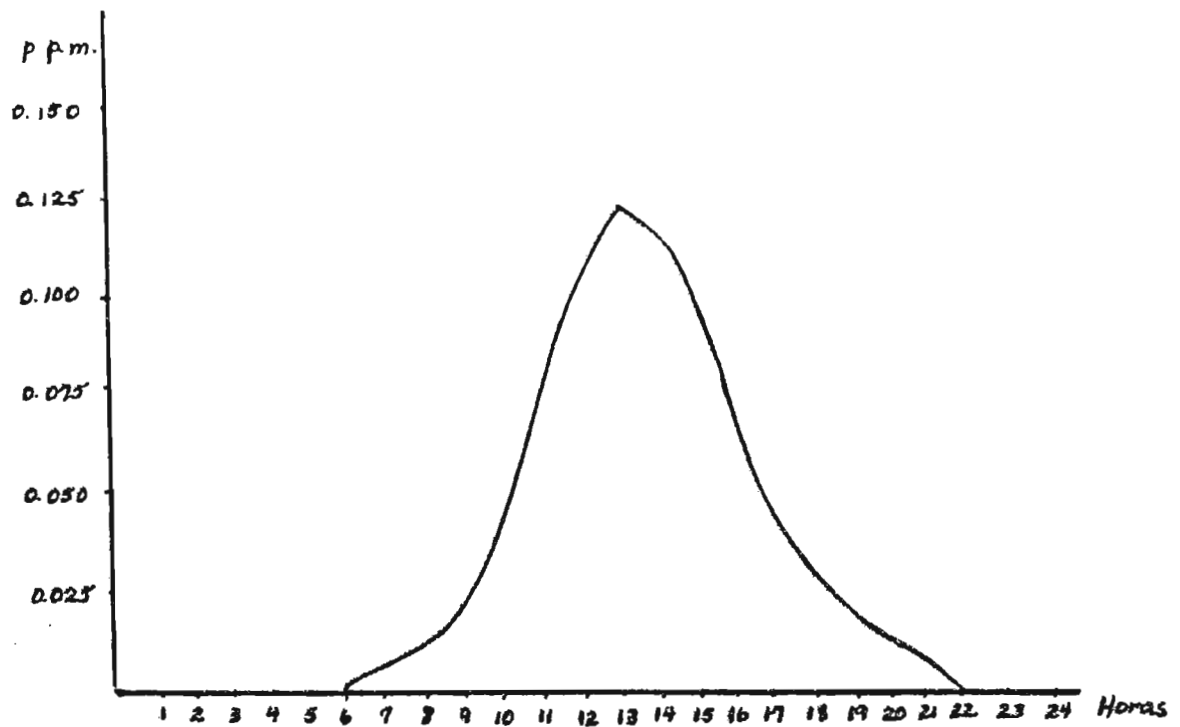
Los datos en los cuadros 9-12 intentaron describir cuál fue la calidad del aire de la Ciudad de México en los últimos años. Muchos programas de saneamiento atmosférico tratan de

---

<sup>48</sup> S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 60.

Figura 6

VARIACION HORARIA TIPICA DE LA CONCENTRACION DE OZONO  
EN LA ESTACION AUTOMATICA COMPLETA DE SAN JERONIMO



FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 62.

lograr que los niveles de contaminación del aire se mantengan en un mínimo de manera que la calidad del aire sea satisfactoria. Con ese fin, se establecen normas de calidad del aire - basadas en criterios como efectos en la salud humana, en la flora, fauna, visibilidad y otros - que indican los límites hasta los cuales pueden llegar los niveles de contaminación si se quiere cumplir con los criterios considerados. Las normas de calidad del aire son objetivos respecto a las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera. No señalan los límites de emisión de contaminantes por cada fuente.

Los niveles máximos permisibles que se han pensado implantar en México para partículas suspendidas, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono aparecen en el cuadro 13 junto a los de Estados Unidos de Norteamérica, Japón y algunos de Canadá. Las normas mexicanas de calidad del aire toman en cuenta los siguientes criterios: efectos en la salud humana, en la vegetación y en la visibilidad, las posibilidades técnico-económicas para reducir las emisiones, la calidad del aire en distintas regiones y las normas de otros países <sup>49</sup>. Estados Unidos de Norteamérica tiene dos tipos de

---

<sup>49</sup> Con el propósito de presentar al público en general información acerca de la calidad del aire en la Ciudad de México, la S.M.A. elaboró un índice que considera los niveles de partículas en suspensión, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono en las cinco zonas: noroeste, nordeste, centro, sudoeste y sudeste. Según el índice, la calidad del aire es buena si los valores son menores de 50 puntos, satisfactoria para valores entre 50 y 150, no satisfactoria para valores entre 150 y 300, mala si los valores están entre 300 y 400 y muy mala si se encuentran entre 400 y 500. (Información de la D.G.S.A. - S.M.A.)

## Cuadro 13

NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE EN MEXICO, ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA,  
JAPON Y CANADA

Contaminante	México	E.E.U.U. <sup>a/</sup>	Japón	Canadá
Partículas suspendidas (ug/m <sup>3</sup> - promedio 24 horas)				
Totales	350	I- 260 II- 150	100	250
Fracción respirable	190	---	---	---
Dióxido de azufre (p.p.m. - promedio 24 horas)	0.13	I- 0.14 II- 0.1	0.04	---
Dióxido de nitrógeno (p.p.m. - promedio 1 hora)	0.4	0.05	0.02	---
Ozono y oxidantes fotoquímicos (p.p.m. - promedio 1 hora)	0.14	0.08	0.06	---
Monóxido de carbono (p.p.m. - promedio 8 horas)	14	9	20	13

FUENTE: Environmental Quality Board, "Clean Air for Puerto Rico" (1971), pp. 44, 51, 55, 59 y 61. Japan External Trade Organization, The Environmental Control in Japan (Tokio: JETRO, 1976), p. 16. Información de la D.G.S.A. - S.M.A.

a I = norma primaria

II = norma secundaria

normas: las primarias basadas en el criterio de la salud pública y las secundarias apoyadas en la idea de la protección del bienestar público. En ese país, las normas primarias son iguales a las secundarias en los casos de bióxido de nitrógeno, ozono y monóxido de carbono <sup>50</sup>.

Los oxidantes fotoquímicos son contaminantes que resultan de las reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno y de algunas sustancias orgánicas como hidrocarburos, olefinas y aldehídos. El ozono es el principal compuesto oxidante producto de las reacciones fotoquímicas <sup>51</sup>. Las normas de calidad del aire de México sólo incluyen la concentración máxima permisible de ozono. Los demás países dan valores para el efecto neto en la atmósfera de todos los compuestos oxidantes derivados de las reacciones fotoquímicas.

Evidentemente, las normas mexicanas son menos rigurosas que las de los demás países, excepto en el caso de la norma japonesa de monóxido de carbono que es seis p.p.m. menos estricta que la de México. Las normas para la Ciudad de México deberían ser más rígidas y tomar en consideración - además de los puntos señalados - la localización geográfica, las condi-

---

<sup>50</sup> Environmental Quality Board, "Clean Air for Puerto Rico" (Commonwealth of Puerto Rico - Office of the Governor, propuesta 1971), p. 17.

Las normas citadas son los requerimientos a nivel nacional. Cada estado puede imponer normas más estrictas si lo desea.

<sup>51</sup> Louis S. Jaffe, "Efectos de la contaminación fotoquímica del aire sobre la vegetación, con respecto a los requerimientos de calidad del mismo" en Orígenes y control de la contaminación ambiental. Maurice A. Strobbe, ed. (México: Compañía Editorial Continental, S.A., 1973), p. 208.

ciones meteorológicas y los efectos sobre la fauna. Deberían estar fundamentadas en estudios sobre las consecuencias de la contaminación atmosférica en la población mexicana.

En los cuadros 9-12 hemos encuadrado los niveles de contaminación que alcanzan o exceden las normas mexicanas de calidad del aire. La alta frecuencia en que los niveles de cada contaminante sobrepasan los valores límites fijados como normas nos da una idea de la gravedad del problema.

#### IV. EFECTOS

Los efectos que ocasionen los contaminantes atmosféricos dependerán considerablemente de la naturaleza de los contaminantes, de sus niveles en el aire, de sus posibilidades de dispersión y de la susceptibilidad de los receptores expuestos.

El contacto inmediato de los contaminantes atmosféricos con el cuerpo humano ocurre en la superficie de la piel y en las mucosas expuestas como son las de los ojos, nariz, senos paranasales, faringe, laringe, árbol traqueobronquial y parénquima pulmonar. Las mucosas expuestas pueden ser irritadas por los contaminantes o servir de vía de entrada para algunos contaminantes que llegan a depositarse y acumularse en órganos internos <sup>52</sup>.

El bióxido de azufre produce efectos irritantes en el sistema respiratorio; puede causar broncoconstricción y aumento de la resistencia al paso del aire. Actúa sinérgicamente <sup>53</sup> con algunas partículas en suspensión - e.g. sales de hierro, manganeso, vanadio - y se convierte en ácido sulfúrico, compuesto que provoca efectos de irritación más graves <sup>54</sup>.

---

<sup>52</sup> Blanca Raquel Ordóñez, "Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre", Salud Pública de México (1972), Vol. XIV, Núm. 2, p. 210.

<sup>53</sup> Un efecto sinérgico es el que sucede cuando un contaminante interactúa con otro produciendo efectos mayores que la suma de los efectos individuales de cada contaminante.

<sup>54</sup> Enrique Márquez Mayaudón, "Los efectos de la contaminación del aire en la salud humana", Salud Pública de México (1972), Vol. XIV, Núm. 2, p. 270.



Además de los efectos sinérgicos con el bióxido de azufre, las partículas tienen efectos tóxicos según su composición química y el grado de acumulación en el cuerpo. Por ejemplo, las partículas de plomo pueden producir disminución en la síntesis de hemoglobina, daño renal o hepático, retraso mental en los niños y trastornos durante el embarazo <sup>55</sup>, las de mercurio afectan el sistema nervioso y las de asbesto causan enfermedades pulmonares y cáncer. Las partículas de desechos fecales están formadas por bacterias patógenas, virus y parásitos que transmiten enfermedades infecciosas como gastroenteritis, amibiasis, parasitosis, fiebre tifoidea, paratifoidea y hepatitis infecciosa, entre otras <sup>56</sup>.

Después de ser absorbidos por los pulmones, los óxidos de nitrógeno pueden combinarse con la hemoglobina y reducir la capacidad transportadora del oxígeno en la sangre. El bióxido de nitrógeno reacciona con las mucosas de las vías respiratorias superiores y de los pulmones formando ácido nítrico y ácido nitroso, ambos irritantes fuertes que al actuar sobre los alveolos pulmonares causan neumonías <sup>57</sup>.

El ozono ocasiona irritación ocular, propicia los ataques

---

<sup>55</sup> Francisco Vizcaíno Murray, Fidel Mascareño Saucedo y Gregorio Martínez Narváez, "La contaminación ambiental y la salud del niño", Salud Pública de México (1973), Vol. XV, Núm. 1, p. 95.

<sup>56</sup> Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano, "Definición de los agentes contaminantes de vasta importancia internacional y lucha contra los mismos" (Estocolmo, 1972), pp. 12, 13, 15 y 17.

<sup>57</sup> Márquez Mayaudón, "Los efectos de la contaminación del aire en la salud humana", p. 272.

de asma y produce trastornos pulmonares en personas predispuestas <sup>58</sup>.

El monóxido de carbono tiene una afinidad con la hemoglobina doscientas veces mayor que la del oxígeno. Por lo tanto se combina con la hemoglobina de la sangre formando carboxihemoglobina e impide la oxigenación de los tejidos del cuerpo. Exposiciones a concentraciones altas de monóxido de carbono causan dolor de cabeza, mareos y pueden llegar a producir daños en el sistema nervioso central y en el corazón. El monóxido de carbono afecta más a personas con enfermedades del sistema nervioso central, del sistema cardiorrespiratorio y con anemias. Las personas que fuman también son más propensas a ser afectadas por el monóxido de carbono ya que las concentraciones de carboxihemoglobina en su sangre son de diez a veinte veces superiores a las de no-fumadores, estando ambos expuestos al mismo medio ambiente <sup>59</sup>. El monóxido de carbono producido por el tabaco de un fumador contamina el aire que respiran personas que no fuman. Estos receptores, involuntariamente expuestos al humo de los fumadores, también exhiben niveles elevados de carboxihemoglobina <sup>60</sup>.

Los contaminantes atmosféricos tienen efectos en la flo-

---

<sup>58</sup> Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano, cit., p. 12.

<sup>59</sup> Ordóñez, "Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud del hombre", pp. 213-214.

<sup>60</sup> Blanca Raquel Ordóñez, "Contaminación ambiental y enfermedad respiratoria" (1978, inédito), pp. 8-9.

ra y en los materiales. Los efectos del bióxido de azufre y del ozono sobre la vegetación varían según la especie, variedad, la influencia de la temperatura, humedad, intensidad de luz, fuente de nutrientes y los tejidos expuestos. Los daños crónicos por bióxido de azufre se deben a una acumulación gradual de sulfatos en los tejidos de las hojas. El resultado es el desarrollo de una coloración amarilla (síntoma de clorosis) y la caída de las hojas <sup>61</sup>. El ozono causa lesiones y manchas en las superficies de las hojas de más edad <sup>62</sup>.

Al oxidarse a ácido sulfúrico, el bióxido de azufre corroe metales, disminuye la resistencia de la piel y de las fibras artificiales, vuelve quebradizo el papel y decolora tintes y colorantes. El bióxido de azufre convertido en sulfatos solubles ataca los materiales de construcción, especialmente la piedra caliza y el mármol <sup>63</sup>.

En la Ciudad de México se han realizado algunos estudios acerca de los efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud humana <sup>64</sup>. Entre 1970 y 1973 la Academia Nacional de Me-

---

<sup>61</sup> S.M.A. - D.G.S.A., "Estudio de reducción de emisiones de  $SO_2$  de las fuentes estacionarias" (1977), cap. 3, pp. 7-8.

<sup>62</sup> Jaffe, op. cit., p. 211.

<sup>63</sup> S.M.A. - D.G.S.A., "Estudio de reducción de emisiones ...", cap. 3, pp. 9-10.

<sup>64</sup> Todavía no se han llevado a cabo estudios que demuestren que los contaminantes del aire han perjudicado significativamente a la población de la Ciudad de México. Tampoco existen estudios acerca de los costos de la contaminación atmosférica. En nuestra investigación no pudimos encontrar cálculos o cifras que nos permitieran establecer algo al respecto.

dicina llevó a cabo una investigación para evaluar los efectos del bióxido de azufre y de las partículas suspendidas en cuatro zonas de la ciudad: dos zonas con altos niveles de contaminación atmosférica (la zona industrial Vallejo y el centro) y dos con los niveles supuestamente más bajos de contaminación (Tizapán y el aeropuerto). Durante dieciséis meses en dichos lugares se tomaron datos sobre morbilidad respiratoria de una muestra que comprendía 1,137 niños, 748 ancianos y 573 personas con enfermedad respiratoria crónica. Se encontró una frecuencia más alta de síntomas respiratorios en el centro y en la zona industrial Vallejo. También se observó un predominio de enfermedades respiratorias entre personas pobres y entre quienes fumaban más <sup>65</sup>.

Desde diciembre de 1974 hasta diciembre de 1976 la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (I.S.S.S.T.E.) efectuaron tres investigaciones epidemiológicas sobre los efectos de la contaminación atmosférica con relación a las enfermedades respiratorias crónicas, la frecuencia de síntomas respiratorios agudos y la función ventilatoria en niños. En esos estudios se consideraron tres lugares de la ciudad con distintos niveles de contaminación: la Unidad Nonoalco del I.S.S.S.T.E. con mayor grado de contaminación, la Unidad

---

<sup>65</sup> Blanca Raquel Ordóñez, "Aspectos generales de los efectos de la contaminación ambiental en la salud" en Memoria. Primera reunión ..., op. cit., p. 223 y S.L.A. - D.G.S.A., "Estudio de reducción de emisiones ...", cap. 3, pp. 4-5.

Independencia del Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.-S.S.) con niveles intermedios de contaminación y la Unidad Morelos de Coacalco con los niveles más bajos de contaminación atmosférica. La población estudiada tenía cualidades semejantes según su composición por edades, hábitos de fumar, grado de hacinamiento, condición socioeconómica, tiempo de residencia en la zona, horas del día de permanencia en esos lugares y tipo de vida en general. Los primeros dos estudios incluyeron 2,000 familias con 14,000 miembros y el tercero 1,800 niños de edad escolar <sup>66</sup>. Lo único que conocemos sobre los resultados de estos estudios es que "hasta ahora ... todas estas investigaciones no han mostrado evidencia de daño" <sup>67</sup>.

Sin embargo, según el doctor Andrés Vega de Blas, presidente de la Unión de Médicos Cirujanos del Valle de México, en 1976 las enfermedades respiratorias causaron el mayor índice de mortalidad en las poblaciones de Atizapán, Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec, Coacalco, Netzahualcóyotl, Los Reyes la Paz, Texcoco, Cuautitlán-Izcalli, Tultitlán y Cuautitlán. De acuerdo a las declaraciones de este médico, las diez primeras causas de enfermedad que ameritaron consulta médica en los centros de salud dependientes de los Servicios Coordinados de Salud Públi-

---

<sup>66</sup> Ordóñez, "Contaminación ambiental y enfermedad respiratoria", pp. 21-22.

<sup>67</sup> Palabras de la doctora Blanca Raquel Ordóñez - Directora General de Coordinación y Control Ambiental de la S.M.A., quien participó tanto en la investigación citada de 1970-1973 como en los últimos tres estudios epidemiológicos. Ibid., p. 22.

ca, clínicas del I.M.S.S., hospitales del I.S.S.S.T.E., consultorios y sanatorios privados fueron amigdalitis, gastroenteritis, colitis, bronquitis, parasitosis, faringitis, amibiasis, desnutrición, accidentes y avitaminosis. La tasa de mortalidad en 1976 fue de 3.46 muertos por cada mil habitantes y las mayores causas de muerte en los municipios señalados fueron la bronconeumonía y neumonía, las gastroenteritis y los accidentes y violencias <sup>68</sup>. Las enfermedades respiratorias registradas en esos lugares no necesariamente fueron ocasionadas por contaminantes. No obstante, como en esas zonas se han encontrado niveles de contaminación bastante altos, es posible que exista una relación entre la ocurrencia de las enfermedades y la contaminación atmosférica.

Cabe mencionar los efectos que ha tenido la contaminación atmosférica en la visibilidad. Entre 1936 y 1976 la visibilidad en la Ciudad de México a las catorce horas se redujo de una distancia promedio de 10 a 15 kilómetros a una distancia de sólo 2 a 4 kilómetros. Los días con visibilidad baja han aumentado. Por ejemplo, en enero de 1976 hubo veinte días con visibilidad menor de 2 kilómetros a las diez de la mañana <sup>69</sup>.

---

<sup>68</sup> Guauhtémoc Meléndez, "Las enfermedades respiratorias, principal causa de mortalidad", El Día, 2 de marzo de 1977.

<sup>69</sup> Jáuregui O., "Influencia de algunas variables ...", p. 1.

## V. POLITICAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

### A. Disposiciones legales y administrativas

A principios de la década de los setentas, dentro de la jerarquía de opciones políticas, se le asignó un lugar prominente a la protección ambiental en México. A partir de 1971 el gobierno estableció las bases jurídicas y administrativas para combatir la contaminación. La Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, aprobada en marzo de 1971 <sup>70</sup> constituyó el primer intento legislativo para propiciar la acción del Estado en la solución de los problemas de contaminación ambiental. En septiembre de ese mismo año se expidió el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos <sup>71</sup>. Este reglamento contempla exclusivamente el control de las emisiones de partículas con énfasis en las fuentes fijas. Su definición de "humos y polvos" es confusa. No reglamenta la emisión de partículas nocivas, por ejemplo las de plomo, mercurio y asbesto. Hasta el presente dicho reglamento es el único instrumento legal que existe para obligar a los contaminadores a controlar sus emisiones de partículas.

Todavía no se ha legislado el control de los contaminan-

---

<sup>70</sup> Secretaría de Salubridad y Asistencia, Legislación ambiental de México (México: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1977), pp. 9-17.

<sup>71</sup> Ibid., pp. 19-40.

tes gaseosos (dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono). Por esta razón es muy difícil exigir a los contaminadores que reduzcan sus emisiones. Sólo en casos extremos la Secretaría de Salubridad y Asistencia ha recurrido al Código Sanitario para sancionar a algunas industrias que arrojaban cantidades excesivas de contaminantes al aire <sup>72</sup>.

En el sexenio pasado - 1970 a 1976 - la política de control de la contaminación atmosférica estuvo dirigida a regular las emisiones contaminantes. La administración presente ha orientado el control hacia el establecimiento de normas de calidad del aire sin darle suficiente importancia a los límites de emisión de contaminantes por cada fuente. Si bien es necesario velar por los niveles de contaminación del aire, la gravedad actual del problema amerita que también se establezcan normas estrictas de emisión ya que si no se controlan las emisiones será imposible que las concentraciones de contaminantes se mantengan en niveles aceptables de calidad del aire.

Con base en el reglamento de humos y polvos, en julio de 1972 se aprobó un acuerdo que indica las medidas para la fabricación de equipos destinados a prevenir y controlar la contaminación ambiental. En agosto de ese mismo año se autorizó la concesión de subsidios a los industriales nacionales que importen dispositivos para disminuir las descargas contaminantes de

---

<sup>72</sup> José Campos Vidal, "La inspección de las industrias y su control" (1977, inédito), pp. 3-4.



sus industrias <sup>73</sup>.

Hacia 1973 se tenían registradas en México 18 compañías fabricantes de equipos para el control de la contaminación - por partículas - del aire <sup>74</sup>. Pudimos identificar a 10 como subsidiarias de empresas norteamericanas y a 1 de procedencia sueca. Desde mayo de 1973 hasta julio de 1975 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público otorgó 94 subsidios derivados de la importación de equipos anti-contaminantes del aire. Cuarenta y tres fueron obtenidos por cinco de las compañías fabricantes de ellos en el país; el resto, en su mayoría por industrias químicas, de cemento, de papel y hule <sup>75</sup>.

En agosto de 1975 se aprobó otro acuerdo fundamentado en el reglamento de humos y polvos que exige a las industrias nuevas y a las ya establecidas con miras a ampliar sus actividades obtener licencia de la Secretaría de Salubridad y Asistencia a través de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente <sup>76</sup>. Desde agosto de 1975 hasta agosto de 1977 la subsecretaría recibió 240 solicitudes para la ampliación y creación de industrias de las cuales negó 63. Los permisos negados correspondían al posible establecimiento de industrias de metales pesados y productos químicos en la Ciudad de México y en Mon-

---

<sup>73</sup> Secretaría de Salubridad y Asistencia, Contaminación atmosférica en el Valle de México - Instrumentos jurídico administrativos (México: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1978), p. VII.

<sup>74</sup> Información proporcionada por la D.G.S.A. - S.M.A.

<sup>75</sup> Ibid.

<sup>76</sup> Diario Oficial, 18 de agosto de 1975, pp. 11-12.

terrey <sup>77</sup>.

Con objeto de prevenir y controlar la contaminación ambiental, en enero de 1972 se creó dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente <sup>78</sup>. Unos años más tarde, en otras secretarías de estado también se instituyeron departamentos con el fin de estudiar asuntos del medio ambiente. Por ejemplo, se estableció la Subdirección de Impacto Ambiental en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y la sección de Ecología Urbana en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

En los comienzos de su fundación, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente atendió tanto los problemas relacionados con la contaminación del aire como los de contaminación de aguas y suelos. Hacia 1977 esta institución fue reorganizada. Desde entonces ha dedicado la mayor parte de sus recursos al estudio de la contaminación atmosférica <sup>79</sup>. Es la institución que cuenta con la información más fidedigna acerca del problema.

Con el propósito de coordinar los planes de las secretarías de estado y dependencias gubernamentales que poseen fa-

<sup>77</sup> Declaraciones del Ing. José Luis Ruiz Mijares - ex-Director de Saneamiento Atmosférico de la S.M.A. en Mario Ruiz Redondo, "Control de contaminación o clausura de empresas", Excelsior, 15 de agosto de 1977.

<sup>78</sup> Diario Oficial, 29 de enero de 1972, pp. 2-3.

<sup>79</sup> S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 76-77.

cultades para trazar políticas de saneamiento ambiental, en agosto de 1978 se creó la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental. Esta quedó integrada por representantes de las secretarías de Salubridad y Asistencia, Agricultura y Recursos Hidráulicos, Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Patrimonio y Fomento Industrial, Programación y Presupuesto, Educación Pública, Trabajo y Previsión Social, Defensa Nacional, Marina y por los departamentos de Pesca y del Distrito Federal. Tiene la obligación de formular programas de actividades anuales y quinquenales y de armonizar sus proyectos con la Comisión Nacional de Desarrollo Urbano<sup>80</sup>. No creemos que esta comisión vaya a tener éxito pues será muy difícil armonizar los intereses particulares de cada una de las instituciones integrantes. Consideramos que lo más adecuado sería tratar los problemas de contaminación ambiental en un solo organismo con poder centralizado.

## B. Controles

Estimaciones presentes y futuras de las emisiones contaminantes procedentes de fuentes fijas en la Ciudad de México revelan que a menos que se adopten medidas estrictas de control en lo que resta de este año, hacia 1980 las emisiones contaminantes atmosféricas causadas por esas fuentes aumentarán

---

<sup>80</sup> Diario Oficial, 25 de agosto de 1978, pp. 15-16.

un 30% con respecto a las de 1976 <sup>81</sup>.

El cuadro 14 presenta los porcentos estimados de reducción de las emisiones de partículas en algunos ramos industriales de la ciudad desde 1972 hasta 1976. La Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente ha calculado que para lograr una disminución considerable de los niveles de partículas en los próximos años, el control de estos contaminantes - tanto en las industrias incluidas en el cuadro como en otras fuentes fijas - deberá alcanzar un 95% de eficiencia <sup>82</sup>. Si hacia 1984 se quieren tener emisiones totales de partículas por fuentes fijas de sólo 50,000 toneladas anuales, además de imponer equipos de control más eficientes, será necesario que esas fuentes utilicen gas natural en vez de combustóleo y que se prohíba el establecimiento y ampliación de toda industria en el área urbana de la Ciudad de México a partir de 1980 <sup>83</sup>.

Las estrategias de control delineadas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente para las emisiones de bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en fuentes fijas son similares a las de partículas. La reducción de las emisiones de bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno para 1984 implicaría una eficiencia del 95% en el control de las emisiones de los procesos químicos industriales y el suministro de gas natural a las fuentes fijas que debido a sus procesos de combustión

---

<sup>81</sup> S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 4-5, 14, 19 y 22.

<sup>82</sup> Ibid., pp. 7-10 y 12.

<sup>83</sup> Ibid., p. 10.

Cuadro 14

PORCIENTOS ESTIMADOS DE REDUCCION DE LAS EMISIONES DE PARTICULAS  
EN ALGUNOS RAMOS INDUSTRIALES DE LA CIUDAD, 1972-1976

Fuente	Años				
	1972	1973	1974	1975	1976
Industrias de cemento	30	40	50	60	65
Industrias químicas	50	60	75	80	80
Industrias del acero	20	30	60	65	70
Producción de hierro	10	20	30	40	40
Industria papelera	0	0	80	80	80

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., p. 11.

arrojan más bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno al aire. Las emisiones de hidrocarburos provenientes de fuentes fijas podrían ser abatidas grandemente para ese año si se aplican controles a la fabricación y uso de pinturas, lacas y barnices, controles en el transporte de hidrocarburos y si se reubica la Refinería de Azcapotzalco fuera del área urbana de la ciudad <sup>84</sup>.

La mayoría de estas políticas de abatimiento de la contaminación atmosférica ocasionada por fuentes fijas no podrán ser llevadas a cabo en los próximos años. Por un lado, el reglamento de humos y polvos requiere una revisión. Hasta ahora el control de las emisiones de partículas ha sido exiguo. El reglamento no ha sido respetado por las empresas privadas ni por las gubernamentales. Las empresas paraestatales - entre las que se encuentran las fuentes más contaminadoras del aire - son las que se han negado más a controlar sus emisiones contaminantes <sup>85</sup>. Además, ni siquiera se han reglamentado las emisiones de bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos y aunque ha sido anunciada su elaboración hacia 1982, "las técnicas para abatir los óxidos de azufre y nitrógeno son muy complicadas y resultan antieconómicas para el desarrollo actual

---

<sup>84</sup> Ibid., pp. 15-17, 21, 23 y 25.

<sup>85</sup> Declaraciones del Ing. Enrique Tolvía Meléndez - Director General de Saneamiento Atmosférico de la S.M.A. en Fernando López, "Las paraestatales, el principal obstáculo del mejoramiento ambiental", El Heraldo de México, 3 de diciembre de 1978.

de México" <sup>86</sup>. Por otra parte, la política más factible - el cambio de combustóleo que actualmente usan el 80% de las industrias de la ciudad a gas natural - tendrá que esperar, pues Petróleos Mexicanos tardará por lo menos tres años en abastecer con suficiente gas a las industrias de la ciudad y serán necesarios algunos años adicionales para tender las ramas y gaseoductos y hacer los cambios de equipo <sup>87</sup>.

Ya mencionamos los controles que desde 1971 se han venido instalando en los vehículos automotores <sup>88</sup>. Para que trabajen bien, los controles colocados en los vehículos deben ser examinados con regularidad por mecánicos capacitados <sup>89</sup>. Muchos dueños de automóviles no los llevan a revisar periódicamente. Otras personas poseen vehículos viejos que se encuentran en mal estado de funcionamiento; repararlos costaría más que el precio del vehículo.

Obviamente la política de instalar algunos controles en los vehículos no ha sido suficiente, pues las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes de fuentes móviles son cada año mayores. Se ha pensado en la posibilidad de usar a partir de 1982 mezclas de combustible de alcohol y gaso-

---

<sup>86</sup> "Informe de la Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México" (1978, inédito).

<sup>87</sup> Declaraciones del Ing. Tolvía Meléndez en López, op. cit.

<sup>88</sup> Supra, p. 29.

<sup>89</sup> Horta C., op. cit., p. 705.

lina con el propósito de reducir las emisiones vehiculares de hidrocarburos y monóxido de carbono. El alcohol se obtendría de gas natural y la mezcla tendría un contenido de 25 a 30% de alcohol. La alternativa está siendo estudiada ya que podría presentar complicaciones en los componentes de plástico del sistema de combustible (e.g. diafragma de la bomba de gasolina, válvulas de potencia) y en el gasto del cambio a componentes nuevos <sup>90</sup>.

Las políticas tendientes a minorar las emisiones contaminantes de fuentes móviles deberían estar ligadas a políticas de planeación del transporte colectivo. En primer lugar, el servicio de camiones de pasajeros debía ser ampliado y los camiones revisados con frecuencia. Segundo, las líneas del metro deberían ser extendidas y el servicio de trolebuses y tranvías mejorado. En último lugar sería conveniente reparar y construir vías que crucen la ciudad y establecer carriles exclusivos para los camiones de pasajeros.

Desde 1971 se han emprendido programas de reforestación y de siembra de plantas en algunas zonas de la ciudad con el objeto de evitar la erosión de los suelos y controlar fuentes de partículas como son las zonas semiáridas erosionadas y el vaso del ex-lago de Texcoco. Entre sus proyectos, la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco, creada el 19 de marzo de 1971, decidió formar cortinas rompevientos con árboles y sembrar pas-

---

<sup>90</sup> "Informe de la Reunión de expertos sobre la calidad del aire en el Valle de México"



tizales en algunas partes del lago <sup>91</sup>. En el sexenio pasado el Departamento del Distrito Federal efectuó el "Plan Verde" cuya meta era plantar diez millones de árboles en todo el Distrito Federal <sup>92</sup>. Por lo visto, este plan no tuvo éxito porque no se tomaron las precauciones debidas en el transplante de árboles. No se consideraron factores como edad de la planta, diferencias en variedades y condiciones del suelo a donde iban a ser transplantadas. Según el Ing. Pablo Jiménez, uno de los jefes del Plan Verde "la reforestación que se hace en el área urbana de la ciudad de México no sólo es inadecuada sino antieconómica y antisocial, porque se plantan varas, garrotes y estacones, sin raíces ni ramas que no aportarán nada al saneamiento del ambiente ciudadano" <sup>93</sup>. Muchos de los árboles sembrados en la ciudad a partir de las campañas de reforestación "morirán irremediablemente, pues no reúnen las condiciones necesarias para subsistir en condiciones difíciles" <sup>94</sup>. Estas declaraciones apuntan a que los planes de reforestación en la ciudad no han tenido los resultados esperados.

---

<sup>91</sup> Secretaría de Recursos Hidráulicos, Plan Lazo de Tercero (México: Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1972), pp. 9 y 34. No conocemos los resultados de esos planes.

<sup>92</sup> Eduardo Echeverría Álvarez, "Planes y actividades del gobierno federal" en Memorias. Primera reunión ..., op. cit., p. 43 y Jesús M. Lozano, "El Valle de México ha llegado al máximo de deforestación", Excelsior, 30 de marzo de 1972.

<sup>93</sup> Alejandro Ortiz Reza, "Inadecuada, antieconómica y antisocial", la actual reforestación en el D.F.: el jefe del "Plan Verde", Excelsior, 5 de abril de 1976.

<sup>94</sup> Declaraciones del Ing. Kobuyuki Azuma Matsuo - director de Parques y Jardines de la Delegación Benito Juárez en Elvia Sánchez Navarro, "Millones de árboles condenados a muerte", El Día, 1 de noviembre de 1976.

## CONCLUSIONES

El cuadro 15 presenta las emisiones totales estimadas de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono desde 1972 hasta 1978 en la Ciudad de México. Como se ve, la información es incompleta, pues sólo contiene las emisiones de partículas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno procedentes de las fuentes fijas tratadas en este trabajo <sup>95</sup>. Ellas no son las únicas fuentes que arrojan al aire los tres contaminantes citados. No conocemos las emisiones de estos contaminantes por otras industrias, giros menores, viviendas, fuentes móviles ni la cantidad de partículas levantadas del suelo a causa de tolvaneras. Los datos sobre las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos ostentan fallas parecidas a las anteriores. Las emisiones totales de monóxido de carbono están dadas para automóviles y camiones de gasolina sin tomar en cuenta las de vehículos de motor diesel, motocicletas, las de ferrocarriles, aviones ni las emisiones por fuentes fijas. Los totales de hidrocarburos no incluyen todas las fuentes fijas y móviles. Es claro que los cálculos están subestimados. Estamos seguros de que las emisiones totales en cada año fueron superiores a las que aparecen en el cuadro. Sin embargo, las cifras que tenemos nos ofrecen una base para comprender la magnitud del problema.

---

<sup>95</sup> A excepción de las demás cifras, la correspondiente a óxidos de nitrógeno en 1977 incluye las emisiones de este contaminante por fuentes fijas y móviles.

Cuadro 15  
 CIUDAD DE MEXICO: EMISIONES TOTALES DE PARTICULAS, BIOXIDO DE AZUFRE,  
 OXIDOS DE NITROGENO, HIDROCARBUROS Y MONOXIDO DE CARBONO

(Toneladas al año)

Año	Partículas <sup>a/</sup>		Bióxido de <sup>a/</sup> azufre		Oxidos de <sup>e/</sup> nitrógeno		Hidrocarburos <sup>b/</sup>		Monóxido de <sup>c/</sup> carbono		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	Absolutos	%	
1972	152,865	5.76	201,744	7.61	50,835	1.92	313,656	11.82	1,933,460	72.89	2,652,560
1973	158,394	5.52	216,946	7.57	52,861	1.84	338,496	11.80	2,101,030	73.27	2,867,727
1974	151,741	4.68	235,734	7.27	56,896	1.75	370,718	11.43	2,428,920	74.87	3,244,009
1975	128,571	3.79	278,282	8.20	64,429	1.90	381,177	11.23	2,541,450	74.88	3,393,909
1976	117,049	3.41	305,079	8.89	69,849	2.04	386,398	11.26	2,552,540	74.40	3,430,915
1977	119,642	3.48	283,936	8.26	99,536 <sup>d/</sup>	2.90	391,121	11.37	2,544,220	73.99	3,438,455
1978	123,870	3.59	306,612	8.89	74,136	2.15	397,889	11.54	2,546,990	73.84	3,449,497

FUENTE: Cuadros 1-5 y 7-8.

a Emisiones totales de fuentes fijas

b Emisiones totales de fuentes fijas y móviles

c Emisiones totales de fuentes móviles

d Emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de fuentes fijas y móviles

Teniendo presente las limitaciones expuestas podemos decir que entre 1972 y 1978 la contaminación atmosférica en la Ciudad de México originada por las emisiones de partículas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno se debió principalmente a las siguientes fuentes fijas: las industrias de cemento, las cuales expulsaron al aire cerca del 86% de las partículas, los procesos de combustión que aportaron el 59% de las emisiones de bióxido de azufre más el 52% de las de óxidos de nitrógeno y las termoeléctricas que contribuyeron con el 30% de las emisiones de bióxido de azufre y con el 37% de las de óxidos de nitrógeno. La contaminación atmosférica por hidrocarburos y monóxido de carbono fue ocasionada sobre todo por los automóviles de gasolina, los que emitieron alrededor del 62% y 76% del total de las emisiones de cada uno de estos contaminantes.

Anualmente fueron lanzadas al aire más toneladas de monóxido de carbono e hidrocarburos que cualquier otro contaminante. Aproximadamente el 74% de las emisiones estuvieron constituidas por monóxido de carbono y el 12% por hidrocarburos. Le siguieron en orden decreciente las de bióxido de azufre (8%), las de partículas (4%) y las de óxidos de nitrógeno con sólo el 2% del total de los contaminantes emitidos a la atmósfera. Las fuentes móviles participaron con el 83% de las emisiones totales mientras que las fijas aportaron únicamente el 17% (Véase el cuadro 16).

Cabe aclarar que los efectos que tengan los contaminantes sobre el medio ambiente y la población no dependerán exclusiva-

Cuadro 16

CIUDAD DE MEXICO: EMISIONES TOTALES DE LAS FUENTES FIJAS Y MOVILES, 1972-1978  
(Toneladas al año)

Año	Fijas <sup>a/</sup>		Móviles <sup>b/</sup>		Total
	Absolutos	%	Absolutos	%	
1972	470,040	17.72	2,182,520	82.28	2,652,560
1973	496,907	17.33	2,370,820	82.67	2,867,727
1974	517,509	15.95	2,726,500	84.05	3,244,009
1975	549,329	16.19	2,844,580	83.81	3,393,909
1976	575,175	16.76	2,855,740	83.24	3,430,915
1977	561,865	16.34	2,876,590 <sup>c/</sup>	83.66	3,438,455
1978	599,357	17.38	2,850,140	82.62	3,449,497

FUENTE: Cuadros 5, 7 y 8

a Incluye las emisiones de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos de los procesos de combustión y de las fuentes industriales altamente contaminantes.

b Incluye las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono provenientes de automóviles y camiones de gasolina.

c Incluye las emisiones de óxidos de nitrógeno por fuentes móviles.

mente del volumen en que éstos hayan sido lanzados a la atmósfera. Algunos contaminantes, por ejemplo el bióxido de azufre y las partículas, pueden actuar sinérgicamente, otros pueden cambiar de forma (e.g. los óxidos de nitrógeno producen ozono y el bióxido de azufre se convierte a ácido sulfúrico) o bien ser eliminados de la atmósfera citadina mediante difusión, sedimentación o precipitación pluvial.

El nordeste, noroeste y centro son las zonas más contaminadas de la Ciudad de México: el nordeste con niveles altos de partículas y bióxido de azufre, el noroeste con bióxido de azufre y ozono y el centro con bióxido de azufre y monóxido de carbono. El sudoeste de la ciudad se distingúe por las concentraciones elevadas de ozono y el sudeste por las de partículas.

Las emisiones contaminantes intensas, aunadas a la localización geográfica y a las condiciones meteorológicas que imperan en la ciudad, han causado que en los últimos dos años las concentraciones de contaminantes atmosféricos ya hayan rebasado las normas de calidad del aire que se piensan implantar en México dentro de cuatro a cinco años. De 1976 a 1978 las concentraciones de partículas, bióxido de azufre, ozono y monóxido de carbono excedieron los niveles máximos permisibles de cada contaminante tanto para México como para Estados Unidos de Norteamérica y Japón. Aunque de 1976 a 1978 se mostró una reducción en los niveles de partículas, mayormente en la zona sudoeste, las concentraciones de este contaminante en las demás zonas permanecieron altas. En esos años los niveles de bióxido de azufre y ozono aumentaron, en particular hacia el nordeste, noroeste y

sudoeste de la ciudad.

Como todavía no se han hecho estudios completos sobre los efectos de los contaminantes en la población de la ciudad, no hay pruebas contundentes de que en México los niveles de contaminación estén produciendo consecuencias adversas en la salud humana. Sin embargo, investigaciones de otros países han demostrado varios de los efectos negativos que los contaminantes pueden tener en la salud humana, en la flora, fauna e infraestructura física. Así por ejemplo, Estados Unidos de Norteamérica y Japón han fijado sus normas de calidad del aire con base en criterios de salud y bienestar derivados de estudios que han realizado sobre los efectos de los contaminantes atmosféricos. Dado que las concentraciones de contaminantes en la Ciudad de México han sobrepasado niveles prohibidos en estos países, es de esperar que los contaminantes presentes en la atmósfera mexicana estén provocando alteraciones en la salud de la población, especialmente en las personas que viven o trabajan en las zonas centro, nordeste y noroeste de la ciudad. Es conocido que la densidad poblacional es más alta en el centro y parte de las zonas nordeste y noroeste <sup>96</sup> y que en esos lugares se encuentran en su mayoría residencias con pocas comodidades, "colonias perdidas", vecindades y colonias proletarias <sup>97</sup>. Posiblemente los más afectados por la contaminación

---

<sup>96</sup> Véase la población de la ciudad por delegaciones y municipios en Luis Unikel, Crescencio Ruiz Chiapetto y Gustavo Garza, El desarrollo urbano de México (México: El Colegio de México, 1976), p. 130.

<sup>97</sup> Claude Bataillon y Hélène Rivière D'Arc, La Ciudad de México (México: Sep Setentas, 1973), p. 92.

atmosférica sean personas de recursos económicos limitados y gran cantidad de obreros industriales quienes además de vivir en lugares altamente contaminados, tienen que exponerse todos los días a condiciones de calor, gases, partículas tóxicas y ruido dentro de las fábricas.

No creemos que el problema de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México pueda ser resuelto a corto plazo. Por un lado, el capital privado se niega a pagar los costos de reducir o eliminar la contaminación que produce ya que hacerlo redundaría en una merma de sus ganancias. Por otro, el Estado apenas ha intervenido en la solución del problema y sus propias empresas siguen siendo altamente contaminantes. Las leyes y reglamentos que ha promulgado con el fin de combatir la contaminación atmosférica son endebles; sólo prevén el control de las partículas y no el de los contaminantes gaseosos - bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono - los que constituyen aproximadamente el 96% de las emisiones totales. Las políticas de desconcentración industrial no han sido eficaces y continúa el crecimiento industrial acelerado en la ciudad. Asimismo, las políticas de transporte llevadas a cabo actualmente, las cuales dan prioridad a la construcción de ejes viales, promueven el consumo individual del automóvil y en consecuencia el incremento de las emisiones contaminantes.

Las emisiones totales de partículas, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono serán



mayores en los próximos años (Véanse las proyecciones en el cuadro 17). Hacia 1983 las emisiones totales habrán aumentado un 45% respecto a las de 1972. Conociendo las condiciones meteorológicas de la ciudad, también podemos esperar que los niveles de contaminación atmosférica asciendan. Como aparentemente no se impondrán controles estrictos hasta 1984, no nos sorprendería que en el interin ocurriera en la Ciudad de México un episodio lamentable similar al de Londres en 1952 en el que murieron 4,000 personas a causa de las concentraciones elevadas de bióxido de azufre y partículas en la atmósfera de dicha ciudad.

Cuadro 17

CIUDAD DE MEXICO: EMISIONES TOTALES FUTURAS DE PARTICULAS, BIOXIDO DE AZUFRE, OXIDOS DE NITROGENO, HIDROCARBUROS Y MONOXIDO DE CARBONO

(Toneladas al año)

Contaminante	Años				
	1979	1980	1981	1982	1983
Partículas <sup>a/</sup>	128,265	132,539	136,494	140,388	140,984
Bióxido de azufre <sup>a/</sup>	343,301	373,712	383,569	393,035	400,638
Oxidos de nitrógeno <sup>a/</sup>	81,425	87,443	89,572	91,433	92,906
Hidrocarburos <sup>b/</sup>	406,708	418,323	434,644	452,059	469,994
Monóxido de carbono <sup>c/</sup>	2,561,690	2,588,510	2,627,860	2,680,300	2,746,610
Total	3,521,389	3,600,527	3,672,139	3,757,215	3,851,132

FUENTE: S.M.A. - D.G.S.A., Situación actual de ..., pp. 6, 14, 19, 22 y 32-33.

a Emisiones por fuentes fijas

b Emisiones por fuentes móviles y fijas

c Emisiones por fuentes móviles

## APENDICE 1

Un contaminante atmosférico es una sustancia o compuesto en forma sólida, líquida o gaseosa que al encontrarse en determinadas concentraciones en el aire puede producir alteraciones en la composición de la atmósfera y efectos en la salud humana, en la flora, fauna e infraestructura física. Existe contaminación atmosférica cuando los contaminantes se acumulan a tal grado que ni las propiedades de purificación del aire (difusión, mezcla) logran eliminarlos de la atmósfera. Los contaminantes que más abundan en la Ciudad de México son: las partículas, el bióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el ozono, los hidrocarburos y el monóxido de carbono.

Las partículas son sustancias de composición química variada pero exhiben un comportamiento físico similar. Se les conoce con el nombre de humos o polvos. Los humos son partículas cuyo tamaño es menor que una micra <sup>1</sup>; permanecen suspendidos en el aire en forma coloidal. Los polvos son partículas que miden entre una y diez mil micras y pueden sedimentarse fácilmente <sup>2</sup>.

El bióxido de azufre es un gas incoloro, no inflamable o explosivo si su concentración es de 0.3 a 1 p.p.m. (partes por millón). Posee un olor irritante perceptible en concentracio-

---

<sup>1</sup> Una micra es la millonésima parte de un metro.

<sup>2</sup> Jorge Rojas Barroso, "La contaminación atmosférica en la República Mexicana y la problemática de operación" (1977, inédito), pp. 1-2.

nes mayores de 0.5 p.p.m. Generalmente el bióxido de azufre reacciona - mediante la radiación de longitudes de onda del ultravioleta cercano o de catalizadores (e.g. pentóxido de vanadio, platino) - con el oxígeno atmosférico para convertirse en trióxido de azufre. En presencia de vapor de agua, el trióxido de azufre forma ácido sulfúrico. Al disolverse en agua, el bióxido de azufre produce el ácido sulfuroso que sólo es estable en forma de solución o de sales <sup>3</sup>. Las principales fuentes de emisión de bióxido de azufre son aquellas donde se lleva a cabo la quema de combustibles fósiles que contienen azufre y aquellas en las cuales el bióxido de azufre es el subproducto de algunos procesos químicos, por ejemplo los que se efectúan para la obtención de ácido sulfúrico y fertilizantes fosfatados, en la fabricación de papel y en actividades metalúrgicas.

Los óxidos de nitrógeno resultan de la combustión de hidrocarburos a altas temperaturas. El monóxido de nitrógeno y el bióxido de nitrógeno son el producto de la disociación del nitrógeno y oxígeno moleculares que se encuentran en el aire usado en la quema de combustibles. Los átomos de nitrógeno y oxígeno se combinan para formar los óxidos. El bióxido de nitrógeno es un gas de color pardo. Cuando éste absorbe fotones del rango azul del espectro visible y del ultravioleta cercano, se disocia fotoquímicamente dando lugar al monóxido de nitrógeno y al oxígeno atómico. El oxígeno atómico puede reaccionar

---

<sup>3</sup> Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente - Dirección General de Saneamiento Atmosférico, "Estudio de reducción de emisiones de SO<sub>2</sub> de las fuentes estacionarias" (1977), cap. I, pp. 1-3.

con el oxígeno molecular y producir ozono <sup>4</sup>. Los óxidos de nitrógeno también pueden emanar de algunos procesos químicos como son la elaboración de amidas y compuestos nitrados.

Los hidrocarburos provienen en la mayor parte de su combustión incompleta. Esto es, si en un proceso de combustión se suministra más combustible que oxígeno, el combustible o hidrocarburo excedente no podrá quemarse y por lo tanto será arrojado al ambiente. La combustión total de un hidrocarburo produce bióxido de carbono y vapor de agua. Cuando el hidrocarburo no se oxida completamente a bióxido de carbono, el resultado es monóxido de carbono <sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Jorge Osvaldo Gómez y Julio Pablo Paez, Los automotores como fuentes contaminantes (Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1972), pp. 55-56.

<sup>5</sup> Francisco Bricio Ochoa, "Las máquinas de combustión interna y la contaminación del aire" en Memoria. Primera reunión nacional sobre problemas de contaminación ambiental (México: Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1973), Tomo II, pp. 693-694.

ANEXO

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA: UN PROBLEMA URBANO

Marie Minette Díaz Burley

## La contaminación atmosférica: un problema urbano

La contaminación atmosférica constituye uno de los problemas ambientales derivados del uso irracional de la naturaleza por la sociedad humana.<sup>1</sup> Por tal razón, un estudio encaminado a investigar las causas de los problemas ambientales requeriría el conocimiento de la forma en que se ha dado la relación hombre - naturaleza en el proceso histórico específico de la sociedad.<sup>2</sup> Para llegar a entender los problemas ecológicos sería fundamental lograr la comprensión del conjunto de las transformaciones y transferencias de los recursos naturales en su aprovechamiento y el conocimiento de las leyes que rigen su utilización en los procesos de producción, distribución y consumo. Sería igualmente necesario conocer las relaciones sociales y políticas que surgen de la particular configuración de la sociedad y cómo los antagonismos entre los diversos grupos sociales que la componen varían al agudizarse los problemas surgidos del uso irracional de su medio ambiente natural.

En el proceso histórico de la sociedad mexicana que nos interesa, en particular la comprendida por la Ciudad de México, las relaciones hombre - naturaleza han sido complicadas a través de los siglos y se han agravado grandemente en el presente. Este trabajo no pretende abarcar toda la complejidad de esos procesos socio-históricos, pero sí apuntará a varios aspectos socio-políticos y económicos que atañen directamente al problema de la contaminación, específicamente a la del aire.

Con el avance de los procesos de industrialización, desarrollo económico y urbanización, la acción de la sociedad sobre la naturaleza ha alcanzado una intensidad y envergadura sin precedentes. El desarrollo económico favorece las actividades no-agrícolas y modifica la estructura ocupacional promoviendo la migración rural - urbana que es una de las raíces de la urbanización. Esta urbani-

zación adquiere unas cualidades económicas y demográficas que a la vez propician un mayor desarrollo económico. Entre las ventajas urbanas que sirven de incentivos a este crecimiento se destacan las economías externas o de urbanización, las cuales dan lugar a la concentración del mercado y de la mano de obra especializada, a la presencia de servicios comerciales y financieros, a instituciones sociales y políticas y a las facilidades de transporte y de comunicación, entre otras.<sup>3</sup> La concentración geográfica de los procesos de producción y de la población suele ocasionar los problemas de contaminación ambiental en la urbe.

Los procesos económicos de la ciudad evidencian un flujo de materiales y recursos. Una de las características de la gran industria es que economiza y controla socialmente los recursos naturales, apropiándose de ellos y dominándolos a través del trabajo humano.<sup>4</sup> Los vegetales, animales y minerales, entre ellos el agua, la tierra y el aire son recursos imprescindibles a la vida. En primera instancia, el hombre los usa para satisfacer sus necesidades biológicas más apremiantes, por ejemplo, respirar y comer. Los toma para transformarlos por medio de un proceso de producción en bienes materiales destinados en su mayoría al consumo. Tanto en las etapas de la producción como en las del consumo se generan desperdicios sólidos, líquidos o gaseosos que son arrojados al medio ambiente y que ocasionan la contaminación.

Algunos economistas sostienen que la cantidad de contaminantes generados en una sociedad depende del tamaño de la población y de los niveles de consumo; es función del desarrollo económico, medido en términos de la renta per cápita y de la tasa de crecimiento de la población.<sup>5</sup> La contaminación y destrucción ambiental son funciones del tipo y de la cantidad de producción y consumo per cápita y de los niveles del producto nacional bruto.<sup>6</sup>

Desde el punto de vista de la producción, tanto los recursos de la tierra



como los del agua pueden servir como materia prima, medios y objetos de trabajo, según el lugar que se les asigne en el proceso laboral. Como objetos de trabajo, en su estado originario proveen al hombre de medios de subsistencia ya listos para el consumo; como materia prima ya han pasado por el filtro de un trabajo previo a su introducción en el proceso laboral. Al obrar como medios de trabajo estos recursos se interponen entre el trabajador y el objeto de trabajo actuando como un vehículo de acción sobre ese objeto.<sup>7</sup> La tierra y el agua también pueden constituir las condiciones objetivas para la realización del proceso de trabajo ofreciéndole el "locus standi" y su campo de acción.

En el caso del aire, no es tan evidente su función en este proceso. Algunos de los elementos que lo integran podrían ser extraídos para servir como medios, materias primas o productos. Asimismo algunas propiedades climatológicas (vientos y otras) podrían utilizarse como fuerzas motrices en diversos procesos. Sin embargo, en su totalidad, como atmósfera, el aire merece un tratamiento distinto al anterior, pues en la mayoría de los casos no figura en este estado como uno de los elementos simples del proceso laboral.

Conforme a la última connotación, el aire es un valor de uso pero no posee valor porque su utilidad para el hombre no ha sido mediada por el trabajo. No ocurre lo mismo con la tierra y el agua, que en muchas ocasiones poseen valor y tienen valor de cambio por ser objetos de apropiación.<sup>8</sup>

En el sistema de mercado que estudiamos, aunque el aire es "usado" - como vertedero de desperdicios, por ejemplo -, a su uso no se le ha asignado un precio y por lo tanto se mantiene fuera del mercado. No ha sido objeto de apropiación privada; se le cataloga como un bien de propiedad común.<sup>9</sup>

El hecho de que al aire no se le haya asignado un valor económico representa uno de los ejes fundamentales en las discusiones que se llevan a cabo en torno a

las alternativas económicas y a las políticas que se deberían seguir para solucionar el problema de la contaminación atmosférica en la ciudad. La atmósfera recibe los desperdicios de muchas de las actividades de producción, distribución y consumo, los cuales terminan afectando a toda la sociedad. A estos efectos se les denomina como "externalidades". Ocurren cuando alguna actividad privada o pública del sistema urbano ocasiona efectos -que no han sido valorados por el sistema económico - sobre otras actividades o componentes del sistema. Pueden ser positivas o negativas, ser consideradas como beneficios o costos, según sea el caso, si el afectado es el productor o el consumidor y de acuerdo a la naturaleza de sus efectos. <sup>10</sup>

Las externalidades pueden ser vistas en términos de los costos sociales que provocan. Como el medio ambiente atmosférico no encaja dentro del sistema de mercado, entonces el Estado interviene en la sociedad para tratar de resolver el problema de estos costos sociales a través de unas medidas de control de las fuentes contaminantes y aportando a los gastos para remediar parte de los efectos. Entre las políticas encaminadas a controlar la contaminación se encuentran: la imposición de cargos, el uso del sistema de impuestos, la regulación a través del establecimiento de unos límites de emisiones contaminantes para no incurrir en penalidades, la zonificación de la ciudad para mantener a las fuentes contaminantes separadas de los que pudieran ser afectados y el ofrecimiento de subsidios por el gobierno a fin de cubrir parte de los costos de las empresas para reducir las emisiones contaminantes. <sup>11</sup>

Los costos de la contaminación incluyen los gastos públicos y privados destinados a prevenir los efectos, más las pérdidas ocasionadas por el daño producido por la contaminación. <sup>12</sup> Los costos que tienden a reducir el daño implican los costos por cambios en el tamaño, la forma o la localización <sup>13</sup> de las actividades contaminantes, con el propósito de aminorar la cantidad de los contaminantes emitidos, alterar su composición o evitar que sean esparcidos en el ambiente.

Las emisiones contaminantes procedentes de los procesos de producción varían según los niveles de la producción total y también dependen del tipo de proceso productivo utilizado. De aquí surgen los posibles costos de reducir la producción y de cambiar los procesos de producción.<sup>14</sup>

En la sociedad capitalista los procesos de producción y consumo se manifiestan a través de unos patrones que responden a la consecución acelerada y amplia de ganancias por parte de los que controlan la producción. Por un lado, las grandes empresas producen una cantidad de bienes que además de deteriorarse y depreciarse rápidamente, en poco tiempo no concuerdan con las nuevas "modas" o estilos que esas mismas empresas imponen.<sup>15</sup> Por otra parte, generan el consumo individual de productos que bien podrían ser usados colectivamente. Como consecuencia, para satisfacer las exigencias de producción y consumo, se dilapida una gran parte de los recursos extraídos y se arrojan cada vez más desperdicios al medio ambiente.

Los costes de reducir los niveles de producción con el propósito de controlar la contaminación, implican una pérdida de ganancias para las empresas que los asumen. Por eso el capital privado se resiste a pagar dichos costos. Mas los intereses del capital son contradictorios. Los contaminantes que emiten algunas industrias pueden afectar los intereses de acumulación de otras actividades, incluso a aquellas en que los recursos de la tierra, el agua y el aire son indispensables al capital, por ejemplo los bienes inmobiliarios, las instalaciones culturales, recreativas, la agricultura y otras industrias que usan estos recursos en su producción.<sup>16</sup> Por otro lado, los efectos que producen los contaminantes sobre la salud<sup>17</sup> pueden alterar las capacidades físicas de la fuerza de trabajo y las posibilidades de más plustrabajo y plusvalía.<sup>18</sup> Bien dice un economista: "nos encontramos con la irónica paradoja de que las fuerzas que fomentan los intentos de controlar el deterioro del medio ambiente

son las mismas que las causan" <sup>19</sup> y que a fin de cuentas, optan por las ganancias, hasta donde les es posible, antes que incurrir en los gastos o pérdidas.

Los costos dedicados a controlar la manera en que son emitidos los contaminantes al aire incluyen los gastos en equipos que recogen los contaminantes tales como filtros y extractores. Cabe mencionar que la elaboración de estos equipos ha promovido la instauración de un "complejo ecológico industrial" que fabrica e instala los sistemas para el control de la contaminación ambiental. Esta industria destinada a proteger el medio ambiente está compuesta por grandes empresas, muchas de las cuales producen también bienes que al ser consumidos se convierten en fuentes de contaminación. Las ganancias obtenidas de la producción de los sistemas anticontaminantes se concentran en manos de algunas empresas internacionales debido a que las empresas pequeñas no están en condiciones de financiar este tipo de industria. <sup>20</sup>

El Estado, quien representa y defiende las necesidades económicas del grupo social que gobierna la producción <sup>21</sup>, ofrece a las empresas contaminadoras subvenciones, exenciones de impuestos y otras subsidios para que instalen los equipos necesarios en el control de la contaminación. Los gastos que hace el Estado para reparar o prevenir los daños de la contaminación atmosférica corresponden por un lado, a su interés en crear las condiciones propicias para la acumulación rentable de capital. Estos son gastos hechos en proyectos y servicios que aumentan la productividad de la fuerza de trabajo. Los demás gastos sociales asumidos por el Estado para controlar la contaminación responden a su función legitimadora y al mantenimiento de una cierta armonía social. <sup>22</sup>

Una de las políticas económicas que se ha considerado para resolver el problema de la contaminación del aire en la ciudad es la de introducir el uso de la atmósfera dentro del sistema del mercado a través del Estado, quien fijaría unos precios por el uso de los recursos que generan costos externos. De esta manera,

el que quisiera usar la atmósfera como un vertedero de desperdicios, tendría que pagar por el uso de ese bien común.<sup>23</sup> Obviamente esto podría crear más conflictos de intereses entre los distintos grupos envueltos en el problema: las fuentes contaminadoras que incluyen tanto a las grandes industrias como a los ciudadanos particulares y los afectados, entre ellos, esas mismas personas que componen también la fuerza laboral.

Los problemas surgidos de la contaminación del aire en la ciudad reflejan las luchas que se dan entre los distintos grupos sociales a nivel económico y político. Los efectos de la contaminación no inciden por igual sobre todos los grupos sociales. La clase obrera es la que recibe la mayor parte de los efectos de los contaminantes, ya sea en sus hogares o en sus lugares de trabajo. Las clases que disponen de mayores recursos económicos tienen la opción de residir en áreas donde exista menos contaminación.<sup>24</sup> Las luchas resaltan también cuando los grupos dominantes, propietarios de los medios de producción, que son los que más contaminan el aire, tratan de globalizar ideológicamente las causas de la contaminación haciendo creer, a través de propagandas, que cada individuo de la sociedad participa de igual grado en la contaminación del ambiente y que por lo tanto, todos, sin distinción de clase deben sobrellevar las consecuencias del deterioro ambiental.

A todo esto podemos añadir que los problemas del medio ambiente - ya sean los de contaminación o los de la explotación irracional de recursos naturales - no se circunscriben a sociedades aisladas, sino que se hallan insertos dentro de un ámbito mucho más amplio. Así, al intentar descubrir las causas de los problemas ecológicos, además de analizar los principios económicos y sociales que aparecen dentro de ella, debemos indagar las relaciones que la sociedad establece con otras del mundo, relaciones externas que en muchos casos condicionan y hasta determinan las internas. Este marco más completo permite esclarecer cómo se ha

distribuido internacionalmente el uso irracional de los recursos naturales.<sup>25</sup> Apreciamos la importancia de este tema al examinar los países - entre ellos la sociedad mexicana - que en el presente o en su desarrollo histórico han estado sometidos a metrópolis imperialistas, sirviéndoles de fuentes primordiales de toda clase de recursos naturales explotables.<sup>26</sup> Los países dependientes en vías de crecimiento económico, con tal de atraer capital monetario y físico, aceptan no sólo la explotación desenfrenada de sus recursos naturales sino que también admiten las consecuencias de la contaminación producida por empresas transnacionales, muchas de ellas establecidas en estos países, entre otras razones, para evadir los costos que implicaría controlar la contaminación que producirían en sus propias naciones.

Los principios económicos y socio-políticos presentados hasta aquí nos servirán como punto de partida en la investigación particular del problema urbano de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México.

Notas

1. La naturaleza es usada irracionalmente cuando la sociedad consume desmesuradamente los recursos naturales y cuando se utiliza el medio ambiente como un vertedero de desperdicios.
2. Cf. Karl Marx y Friedrich Engels, La ideología alemana, México: Ediciones de Cultura Popular, S.A., 1974, p. 19.
3. Sobre el tema de la localización y aglomeración véase a Harry W. Richardson, Elementos de economía regional, Madrid: Alianza Editorial, S.A., 1975, pp. 75-93 y con relación a la correspondencia entre la urbanización y el desarrollo económico consúltese a Luis Unikel en colaboración con Crescencio Ruiz Chiapetto y Gustavo Garza Villarreal, El desarrollo urbano de México, México: El Colegio de México, 1976, pp. 246-286.
4. Karl Marx, El capital, México: Siglo Veintiuno Editores, S.A., cuarta edición en español, 1977, Tomo I, Vol. 2, p. 623. Sobre este tema véase también del mismo autor, Elementos fundamentales para la crítica de la economía política (borrador) 1857-1858, México: Siglo Veintiuno Editores, S.A., 1971, Vol. 1, p. 449.
5. Cf. J.H. Dales, Pollution, Property, and Prices, Estados Unidos de Norteamérica: University of Toronto Press, 1970, pp. 2, 18 y 20 y Harry W. Richardson, Economía del urbanismo, Madrid: Alianza Editorial, S.A., 1975, p. 177.
6. Véanse a Norman Lee y P.J.W. Saunders, "Pollution as a Function of Affluence and Population Increase" en Population and Pollution, Londres: Academic Press Inc., 1972, pp. 119-137 y John Hardesty et al., "Political Economy and Environmental Destruction", Review of Radical Political Economy, Vol. 3, No. 4, 1971, pp. 82-102.
7. Karl Marx, El capital, México: Siglo Veintiuno Editores, S.A., cuarta edición en español, 1976, Tomo I, Vol. 1, p. 217.
8. Aparte de lo antedicho, se podría pensar que el valor de ciertos recursos naturales está determinado por el trabajo necesario para su mantenimiento y reproducción. Acerca de esta propuesta véase a Michael Perelman, "An Application of Marxian Theory to Environmental Economics", Review of Radical Political Economy, Vol. 6, No. 3, 1974, pp. 75-77. Compárese con las alternativas de Anderson et al., infra, p.p. 6-7.
9. Cf. Allen V. Kneese, Economics and the Environment, New York: Penguin Books, 1977, pp. 27-28.
10. David Harvey, Social Justice and the City, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1975, pp. 57-58.

11. Sobre estas políticas de control, véase a Paul Burrows, The Economic Theory of Pollution Control, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1980, pp. 97-99. Acerca de los beneficios de la política de cargos puede examinarse la propuesta de Frederick R. Anderson et al., en Environmental Improvement Through Economic Incentives, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1977, pp. 10, 12-13, 18 y 25-29.
12. Dales, op. cit., p. 15.
13. Las externalidades tienen un campo espacial de acción. Los costos podrán variar de acuerdo a la influencia espacial que tenga la fuente generadora de contaminantes. Sobre este tema confróntese a Harvey, op. cit., pp. 60, 90 y 94.
14. Burrows, op. cit., pp. 12-13 y 33.
15. Cf. Harvey Salgo, "The Obsolescence of Growth: Capitalism and the Environmental Crisis", Review of Radical Political Economy, Vol. 5, No. 3, 1973, p. 27.
16. Véase a James O'Connor, The Fiscal Crisis of the State, New York: St. Martin's Press, Inc., 1973, pp. 175-176.
17. Acerca de los efectos sobre la salud y los beneficios de controlar la contaminación, véase Lester B. Lave y Eugene P. Seskin, Air Pollution and Human Health, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1977, pp. 186-188 y 209-212.
18. La fuerza productiva del trabajo depende, entre otras cosas, de las condiciones naturales. Si se mantienen los supuestos de jornada e intensidad laboral constantes, la magnitud del plustrabajo variará con las condiciones naturales del trabajo. La benignidad de las condiciones naturales ofrece la posibilidad del plustrabajo, por lo tanto, del plusvalor o plusproducto. Cf. Marx, El capital, op. cit., Tomo I, Vol. 2, p. 622.
19. Richardson, Economía del urbanismo, op. cit..
20. Hans Magnus Enzesberger, Para una crítica de la ecología política, Barcelona: Editorial Anagrama, 1973, p. 33.
21. Cf. Friedrich Engels, Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana, La Habana: Editora política, 1964, p. 53.
22. Véase la distinción de los gastos del Estado que establece O'Connor, op. cit., pp. 5-8 y 175-178.
23. Anderson et al., op. cit., pp. 25-29.



24. Con relación a los movimientos de los grupos sociales en la Ciudad de México véase a Luis Unikel, "La dinámica del crecimiento de la Ciudad de México", en Ensayos sobre el desarrollo urbano de México, México: Secretaría de Educación Pública, 1974, pp. 194-206.
25. Hacia 1970, la sociedad norteamericana, la cual comprendía sólo el 6% de la población mundial consumía la mitad de los recursos explotados en el mundo anualmente. (Paul y Anne Ehrlich, Population, Resources, Environment, E.E.U.U.: W.H. Freeman, 1970, p. 61) citado en Richard England y Barry Bluestone, "Ecology and Class Conflict", Review of Radical Political Economy, Vol. 3, No. 4, 1971, p. 38.
26. Acerca de las influencias externas en México, examínese el estudio de Sergio de la Peña, La formación del capitalismo en México, México: Siglo Veintiuno Editores, S.A., segunda edición, 1976, pp. 63-77, 140-144 y 157-177. Sobre el tema de la dependencia véase a Celso Furtado, El desarrollo económico: un mito, México: Siglo Veintiuno Editores, S.A., segunda edición en español, 1976, pp. 92-114.