

La contaminación por partículas suspendidas en la atmósfera del Valle de México

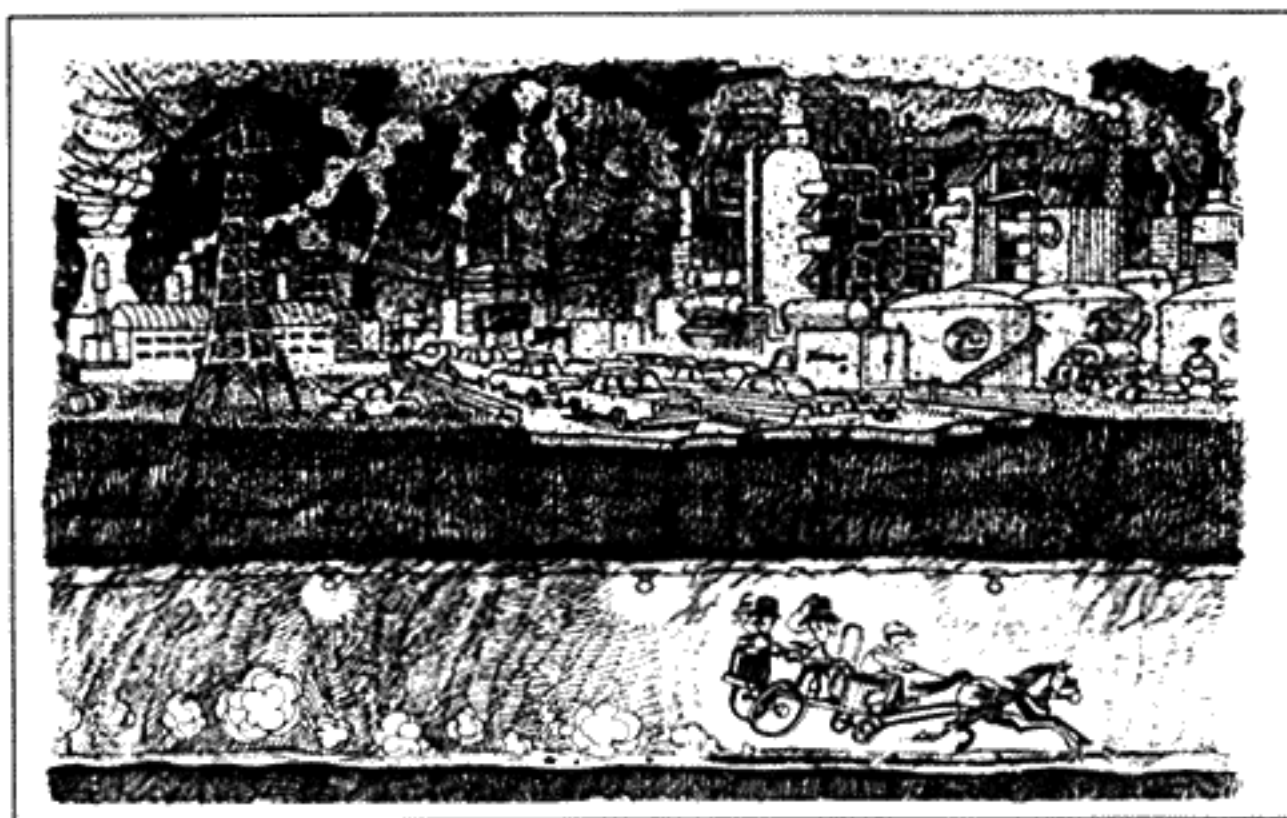
VICENTE FUENTES GEA

Debido al rápido crecimiento de la Ciudad de México durante los últimos 20 años y al rezago en la implantación de medidas técnicas para controlar la contaminación del aire, se han incrementado notablemente las concentraciones de varios contaminantes en la zona y, consecuentemente, diferentes sectores de la población han tomado conciencia de la magnitud del problema, de manera que actualmente es factible contar con su participación entusiasta en acciones específicas tendientes a su solución.

La gravedad de la situación que padece el Valle de México y la necesidad de implantar a corto y mediano plazo soluciones viables — tanto desde el punto de vista técnico como del económico —, que reduzcan los actuales niveles de contaminación, hacen necesario un conocimiento cuantitativo e integral del problema, de forma tal que permita a las autoridades competentes plantear y aplicar las medidas de control más adecuadas y, al público en general, responder eficientemente a dichas medidas.

Por otra parte, la escasa información actualmente disponible y su ineficiente difusión, hacen más difícil la participación de otros sectores de la población, que, como por ejemplo, el sector industrial, podrían contribuir de una manera más significativa a reducir los niveles de contaminación que prevalecen en el valle.

Uno de los aspectos escasamente difundidos sobre el tema, es el que se refiere a las altas concentraciones de partícu-



las suspendidas que actualmente persisten en la zona y su tendencia creciente, particularmente en los últimos 10 años.

Los efectos nocivos de las partículas suspendidas se manifiestan, por una parte, en la reducción de la visibilidad, lo cual es un fenómeno sumamente notorio en el Valle de México, y por la otra, en los daños que ocasionan a la salud, y que posiblemente a largo plazo sean más graves, que los que ocasiona el ozono y sus precursores, ya que una fracción importante de las partículas suspendidas, integrada por una gran variedad de compuestos tóxicos, entre los que se incluyen a los metales pesados y las sustancias orgánicas sintéticas, son retenidas por el aparato respiratorio, y por lo tanto, tienen la oportunidad de actuar de manera acumulativa y crónica en la salud de los habitantes del Valle de México.

En la Ciudad de México, las fuentes principales de partículas suspendidas provienen de: procesos de combustión, de algunos procesos industriales como la fabricación de cemento, de la formación fotoquímica de aerosoles con contenidos de nitratos y sulfatos y, durante la época de estiaje, de las tolvaneras. Estas últimas a su vez, se forman gracias a la acción de los vientos sobre las superficies erosionadas, desprovistas de vegetación, que cada vez se hacen más notorias en los alrededores rurales y suburbanos de la zona metropolitana.

La tabla 1 resume los valores reportados de partículas suspendidas totales (PST) en las principales zonas urbanas de la Tierra. Como se verá, es notorio el valor tan alto que tiene la zona norte de la Ciudad de México ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sobre todo en comparación con las otras ciudades ahí referidas.

Vicente Fuentes Gea: División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM

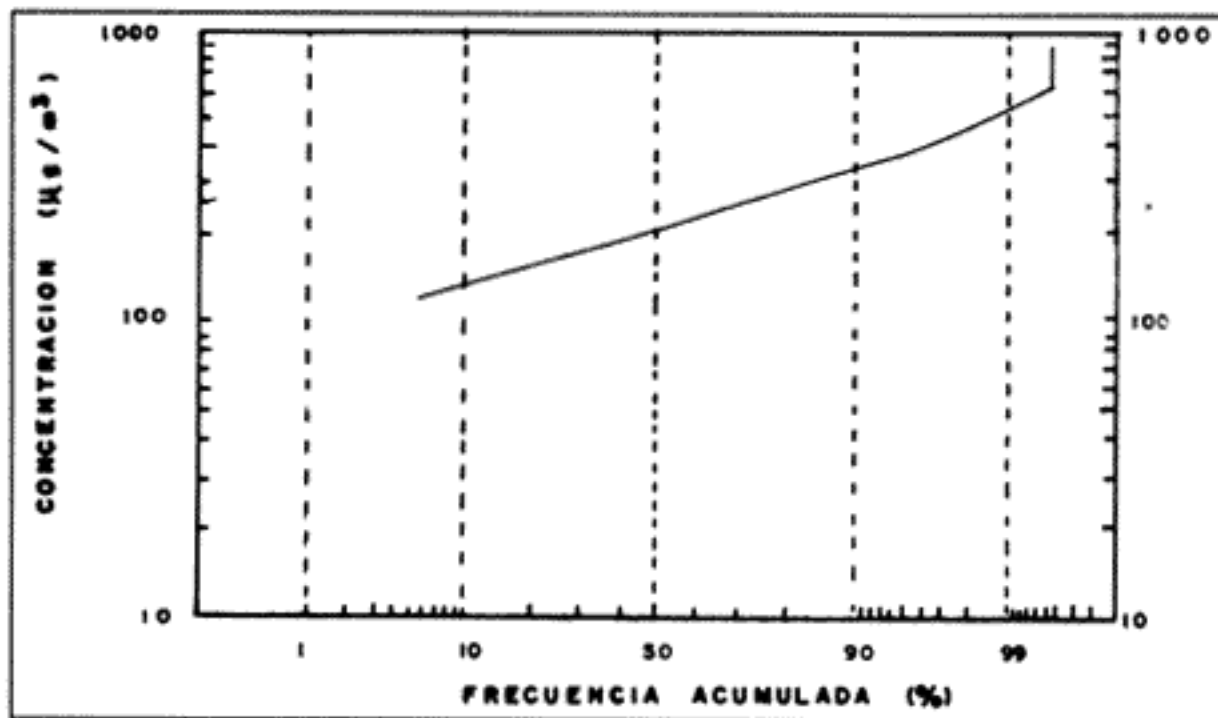


Figura 1. Distribución acumulativa de concentraciones PST. Estación Secretaría de Hacienda

Es importante destacar que este valor representa un promedio que abarca 8 años de datos lo que constituye una estimación con un alto grado de confiabilidad. También llama la atención el que nunca se mencione a este contaminante como uno de los que más contribuyen a degradar el aire de nuestra ciudad, como puede apreciarse en los reportes que de la calidad del aire hacen las autoridades a través del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

Con el objeto de evaluar los niveles de contaminación existentes en la atmósfera del Valle de México en lo referente a PST, se presenta a continuación un análisis de las concentraciones de este contaminante, el cual incluye las tendencias que ha seguido en los últimos años, su distribución espacial en la zona y las frecuencias de violaciones a la norma mexicana de la calidad del aire.

Utilizando la información que durante los últimos 10 años ha capturado la SEDUE, por medio de cada una de las estaciones integradas a su red manual de monitoreo, se elaboraron curvas de distribución de frecuencias como la que se presenta en la figura 1, mostrando, la mayoría ellas, un comportamiento log-normal, lo cual permitió otorgarle un grado de confiabilidad aceptable a los datos generados por dicha red de monitoreo, en virtud de que este tipo de distribución es el que normalmente siguen los valores determinados en otras zonas urbanas.

Con base en estas curvas se obtuvo la frecuencia con que se excedió la norma mexicana de PST ($275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de 24 horas) en las diferentes estaciones de la red de monitoreo. Es importante destacar que esta frecuencia alcanzó un valor mínimo de 5%, en la estación Las Lomas, ubi-

cada en la colonia del mismo nombre, hacia la región occidental del Valle de México, y un valor máximo de 90%, en la estación Xalostoc, situada al noreste. El valor tan exagerado que se obtuvo en esta última estación, y que indica que el 90% de los días del año se rebasó la norma de la calidad del aire referida, posiblemente está señalando la influencia de algún efecto local que no es representativo de la totalidad de la zona urbana. Sin embargo, como se aprecia en las figuras 2 y 3, las cuales muestran los resultados correspondientes a la distribución espacial de las concentraciones de PST en la zona de estudio, tanto las líneas de isoconcentración de los promedios geométricos anuales, como las líneas de isofrecuencias con que se excedió la norma mexicana, se puede apreciar que la frecuencia de violaciones a dicha norma es extremadamente alta en prácticamente toda la zona, particularmente en regiones situadas al norte y noreste del Valle de México.

En estas figuras se puede observar también que hacia el suroeste, donde existen altas concentraciones de ozono y oxidantes, es donde los niveles de partículas suspendidas tienen su mínimo impacto y por ello es donde en promedio durante el año, se cuenta con una calidad del aire menos deteriorada. La distribución de las isofrencias se ajusta de acuerdo al patrón de los vientos predominantes en el valle y permiten identificar que los sitios más contaminados corresponden a los lugares que en los últimos años han tenido un crecimiento acelerado y anárquico. Es notorio que el contraste entre los niveles de contaminación por partículas que se observa en Las Lomas y en Ciudad Netzahualecoyotl, coincide por ejemplo, con las grandes diferencias socio-económicas y de dotación de servicios de la población que las habita.

En México, no existe una norma de calidad del aire de PST referida a periodos anuales que permita comparar los valores que aparecen en la figura 2 con cantidades de referencia. Por tal motivo, se decidió contrastar dichos valores con la norma norteamericana de calidad del aire referida a este periodo; es decir $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto permitió concluir que, en la totalidad de la zona estudiada, la calidad del aire es inaceptable, y que alcanza niveles de contaminación promedio anuales, muy superiores a dicha norma, aun en la región occidental del Valle de México.

Con el objeto de mostrar las tendencias que han seguido las concentraciones de PST en el Valle de México, se presentan en las

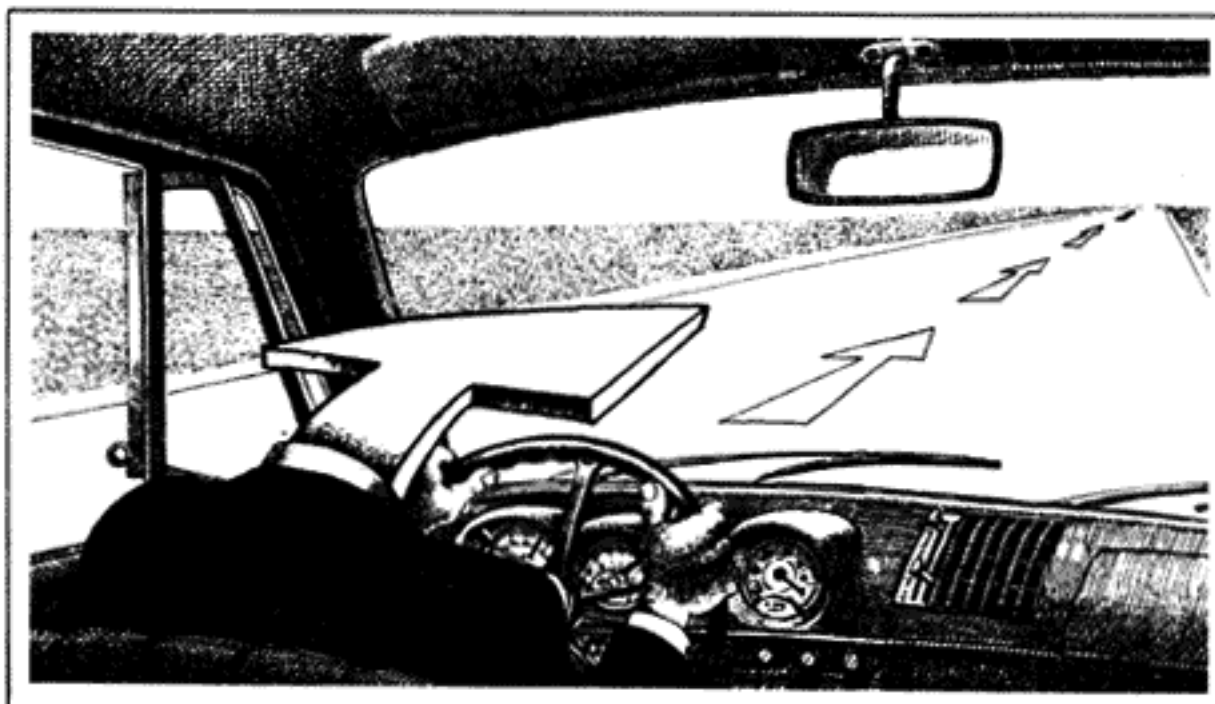


Tabla 1. Niveles de contaminación atmosférica por partículas suspendidas totales (pst) en diferentes ciudades.

SITIO	PERIODO	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g}/\text{m}^3$	REFERENCIA
MÉXICO, D. F. (Z.NORTE)	Anual'76-86	300	1
MÉXICO, D. F. (Z.SUR O.)	Anual'76-86	130	1
Nueva York	Anual'60	176	8
Nueva York	Anual'62	200	8
Nueva York	Anual'64	214	8
Nueva York	Anual'66	266	8
Nueva York	Anual'68	222	8
Nueva York	Anual'70	190	8
Nueva York	Anual'72	182	8
Nueva York	Anual'74	160	8
Nueva York	Anual'76	155	8
Nueva York	Anual'78	150	8
Nueva York	Anual'80	148	8
Atlanta, Georgia	Anual'75	52	11
Berkeley, Cal.	Anual'75	42	11
Boston, Mass.	Anual'75	61	11
Burbank, Calif.	Anual'75	132	11
Cheyenne, Wyoming	Anual'75	37	11
Chicago	Anual'75	125	11
Dallas, Texas	Anual'75	120	11
Denver, Colorado	Anual'75	108	11
Helena, Montana	Anual'75	30	11
Houston, Texas	Anual'75	87	11
Los Angeles, Cal.	Anual'75	116	11
Los Angeles, Cal.	Anual'80	166	2
Miami, Florida	Anual'75	52	11
Phoenix, Ariz.	Anual'75	129	11
San Bernardino, Cal.	Anual'75	135	11
From Urbano EUA	Anual'75	79	11
From Rural EUA	Anual'75	31	11
Spokane, Ore.	Anual'82	232	4
Seattle, Wash.	Anual'82	72	4
Tacoma, Wash.	Anual'82	159	4
Portland, Ore.	Anual'82	62	4
Yakima, Wash.	Anual'82	222	4
Boise, Ore.	Anual'82	149	4
Amsterdam, Holanda	Anual'85	91	12
Phoenix, Ariz.	Anual'80	61	7
Londres	Anual'75	93	3
Nagoya, Japón	Anual'75	100	5
Jaipur, India	Anual'86	176	9
Toronto, Canadá	Anual'75	83	4
Karachi, Pakistán	Anual'85	244	10

Ricardo Tapia
LAS CÉLULAS
DE LA MENTE



El funcionamiento del sistema nervioso es todavía el enigma mayor de la ciencia médica. La actividad humana está regida por complejas redes de comunicación celular, configuradas a partir de una prodigiosa estructura: la neurona. El libro de Ricardo Tapia es un intento por desentrañar el complejo tejido de la mente y sus sorprendentes relaciones.

De venta en librerías

SEP  

figuras 4 y 5, las curvas que muestran la evolución que han tenido dichas concentraciones a partir de 1977 en las estaciones Las Lomas y el Aeropuerto. En estas figuras se puede notar que en ambas estaciones, situadas al oeste y noreste de la zona, respectivamente, la calidad del aire se ha deteriorado paulatinamente en el periodo de 7 años considerado. En otros sitios de la ciudad es dudosa cualquier conclusión que se extraiga a partir de las series de datos, debido a que en general presentan un comportamiento errático.

Otro aspecto importante que debemos destacar, es el de que se carece de datos precisos con respecto a la fracción respirable de las partículas suspendidas en la región, tanto en lo referente a su distribución y tendencias, así como a su composición química. Por ello es conveniente recomendar que, a fin de posibilitar, de manera más directa la evaluación de los efectos que tienen las partículas sobre la salud de los habitantes del Valle de México, las futuras ampliaciones que se efectúen a la red automática de monitoreo de la SEDUE, incluyan la adquisición de equipos que permitan co-

nocer dicha fracción y algunos compuestos tóxicos contenidos en ellas. Por supuesto, será necesario, adicionalmente a lo anterior, que en México se promulguen normas de calidad del aire que hagan posible efectuar este tipo de evaluaciones utilizando criterios semejantes a lo que se denomina PM10 en Estados Unidos; es decir, la fracción de las partículas suspendidas con menos de 10 μm de diámetro.

Conclusiones

1. De acuerdo a los resultados mostrados en el presente trabajo, se desprende que la Ciudad de México, y su zona metropolitana, presenta niveles de contaminación por partículas suspendidas que rebasan, la mayor parte del año las normas mexicanas y norteamericanas de la calidad del aire, niveles que, en los últimos años muestran una clara tendencia a incrementarse. Por lo tanto, es necesario establecer un programa de abatimiento de la contaminación que, en el corto plazo, logre invertir dicha tendencia y permita, en el mediano plazo, reducir los niveles de

contaminación actuales a los valores que establecen las normas mexicanas de la calidad del aire.

2. El problema de las altas concentraciones de partículas suspendidas, y su tendencia a crecer, no ha sido difundido ampliamente por las autoridades como lo hacen con los informes de la calidad del aire que regularmente se proporcionan mediante el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), a pesar de ser un problema que debe ser atendido con la misma prioridad que el del ozono y los oxidantes fotoquímicos, debido en primer lugar a la propiedades tóxicas de la gran cantidad de compuestos que contienen; en segundo término al potencial que tienen de ser acumulados en el organismo y, por último a los efectos crónicos que tienen sobre la salud.

3. El programa de abatimiento de la contaminación del aire del Valle de México deberá dar prioridad a los siguientes aspectos:

a. Aplicar extensivamente los reglamentos vigentes en materia de contaminación atmosférica. Particularmente esto

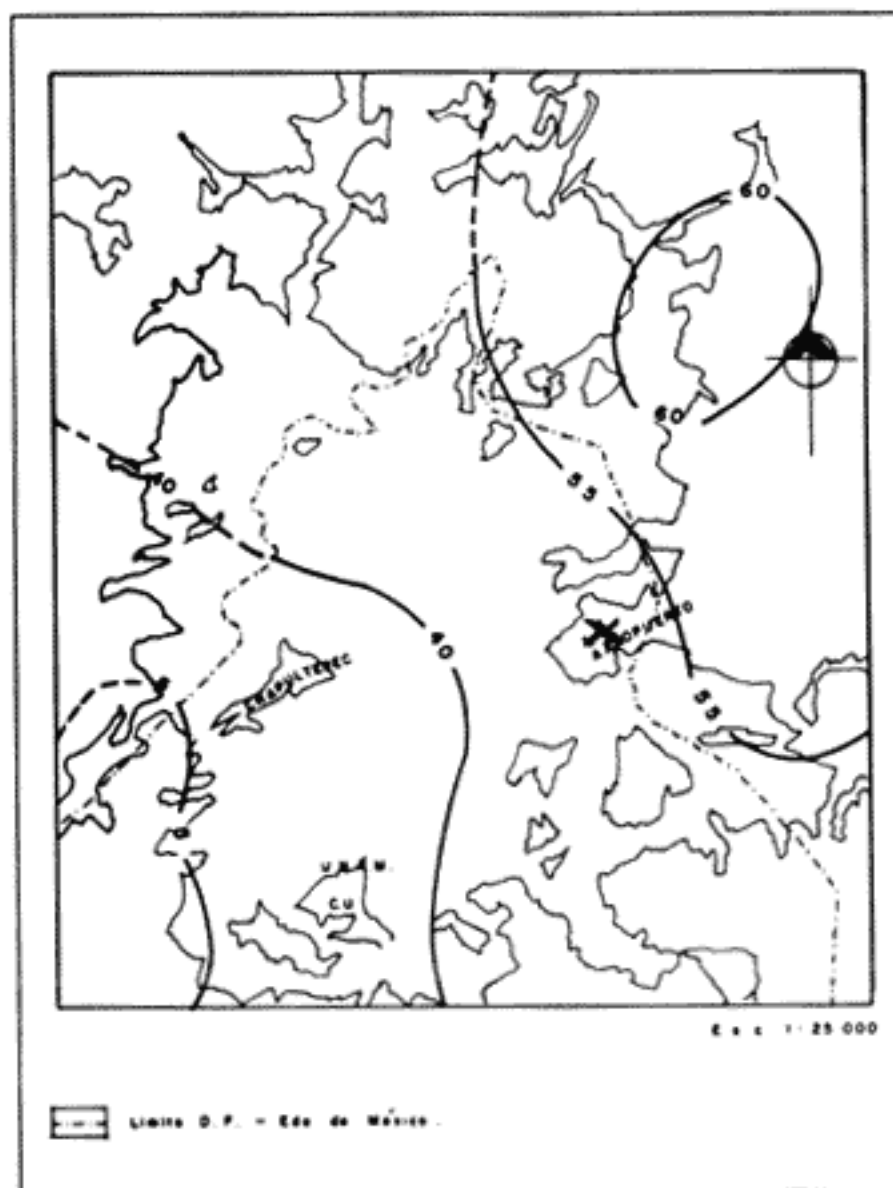


Figura 2. Curvas de isoconcentración de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio geométrico anual.

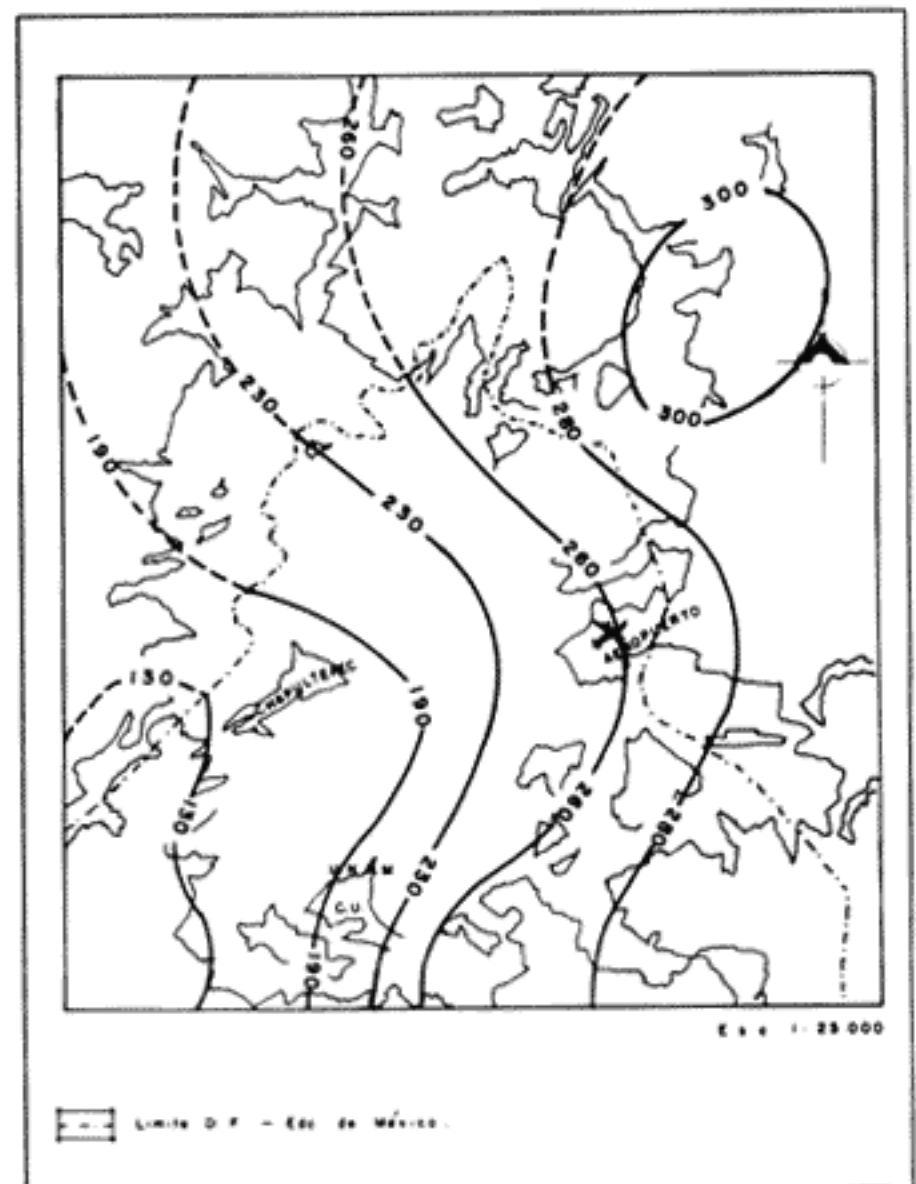


Figura 3. Curvas de isofrecuencia (%), con que se excede la norma mexicana de PST.

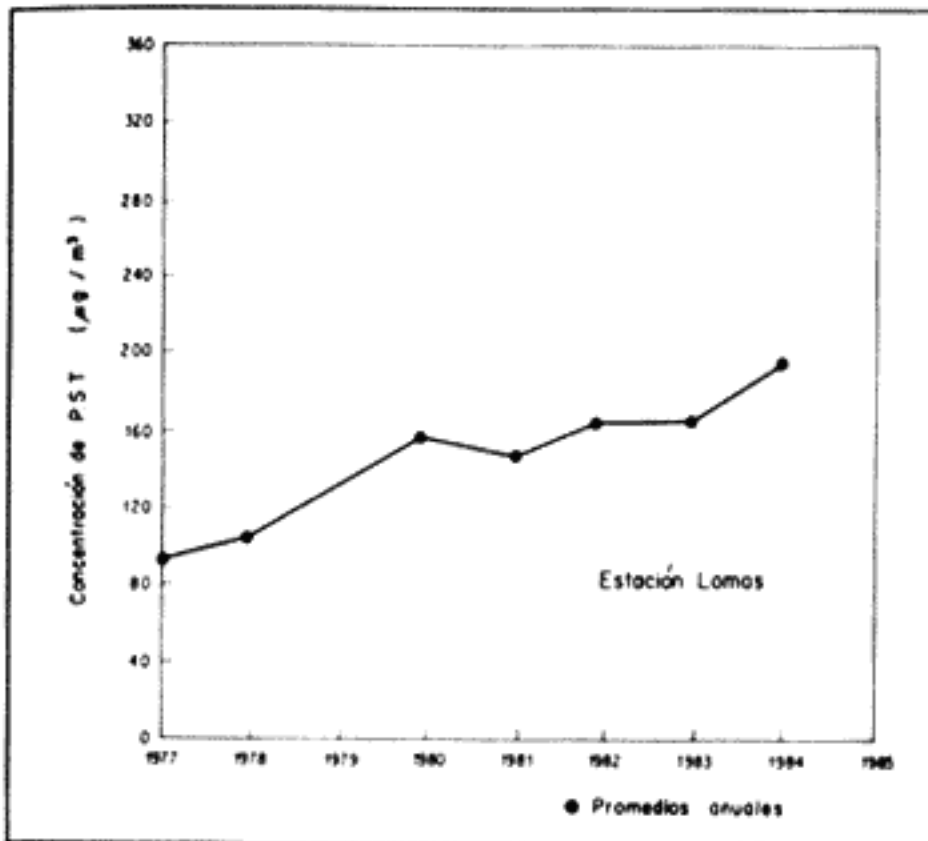


Figura 4. Tendencias de los niveles de contaminación de PST.

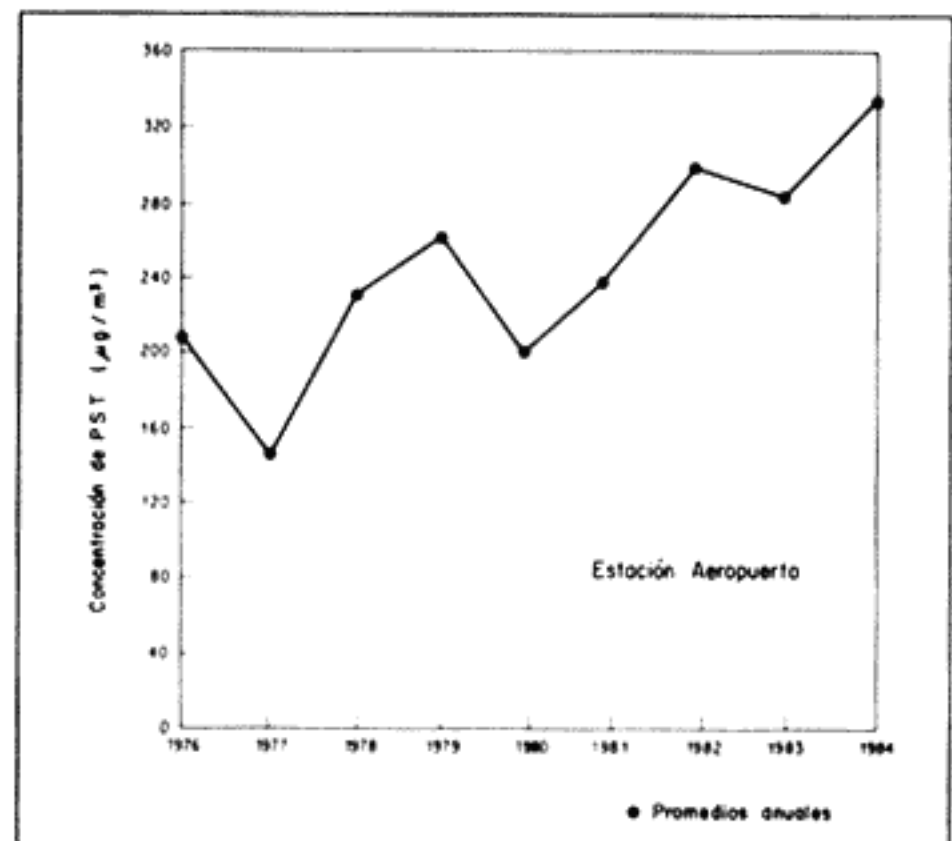


Figura 5. Tendencias de los niveles de contaminación PST.

debe hacerse en cuanto a la industria paraestatal y a la gran industria nacional, por la magnitud relativa que representan sus emisiones contaminantes en el Valle, la tecnología más avanzada que emplean en sus procesos de producción y los mayores recursos económicos disponibles.

Estas industrias deben instalar y operar equipos que controlen sus emisiones hasta alcanzar una eficiencia igual a la que se le exige al mismo tipo de industrias, en los países desarrollados.

- b. Como parte de los programas de reconversión industrial del gobierno federal, será necesario promover, mediante diversos incentivos y como una política prioritaria, el remplazo de procesos de producción obsoletos que emplea una gran parte de la pequeña y mediana industria localizada en el Valle de México, por procesos diseñados para que simultáneamente se evite la generación de contaminantes y se incremente la eficiencia de producción.
- c. Será necesario producir y distribuir combustibles de mejor calidad, en particular combustibles y diesel, con bajos contenidos de azufre y cenizas, así como gasolinas con menores niveles de hidrocarburos volátiles.
- d. Conviene promulgar normas técnicas adicionales a las ya existentes, que reglamenten las emisiones de compuestos específicos tales como hidrocarburos en sitios de almacenamiento de combustibles, solventes orgánicos utilizados por la industria química y en la

aplicación de pinturas y barnices, así como sustancias tóxicas de alto riesgo, tales como el asbesto, pesticidas, metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

- e. Es necesario desarrollar e implementar un plan integral de transporte colectivo que haga eficiente y suficiente la transportación masiva, de manera que ésta resulte ser una alternativa real al transporte individualizado.
- f. También es importante que se aceleren los planes de reubicación de las industrias de alto riesgo existentes en el Valle de México e iniciar una política de descentralización de aquella gran industria, instituciones y servicios públicos, que por sus características resultaría más conveniente que se ubicaran en el interior del país.
- g. Por último es urgente que las zonas boscosas, situadas en los alrededores del Valle de México se incrementen y protejan, de manera que se acabe con amplias áreas que son fuentes significativas de contaminación por tolvaneras. ♦

Referencias

1. Fuentes Gea, Vicente y A. García, *Evaluación de la calidad de aire del Valle de México*, DEPA, UNAM, Elaborado para Seguros América (Septiembre de 1989).
2. Avol, E. L. et al., 1983, "Acute Respiratory Effects of Los Angeles Smog in Continuously Exercising Adults", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 33, No. 11, pp. 1055-1060.
3. Ball, D. J. y R. Hume, 1977, "The Relative Importance of Vehicular and Domestic

Emissions of Dark Smoke in Greater London in the Mid-1970's", *Atmospheric Environment*, Vol. 11, No. 9 pp. 1065-1073.

4. Crocker, J. E. y H. G. Applegate, 1983, "Ozone Concentrations in El Paso, Texas", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 33, No. 2, pp. 129, 130.
5. Kadowacki, S., 1977, "Size Distribution and Chemical Composition of Atmospheric Particulate Nitrate in the Nagoya Area", *Atmospheric Environment*, Vol. 11, No. 8, pp. 671-675.
6. Katz, M., et al., 1978, "Chromatographic and Spectral Analysis of PAH Quantitative Distribution in Air of Ontario Cities", *Environmental Science and Technology*, Vol. 12, No. 8, pp. 909-915.
7. Lebowitz, M. D., et al., 1984, "Indoor-Outdoor Air Pollution, Allergen and Meteorological Monitoring in an Acid Southwest Area", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 34, No. 10, pp. 1035.
8. Miller, E. A. y R. Aron, 1978, "Oxidant Trends in the Detroit Metropolitan Area", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 28, No. 10, pp. 1042, 1043.
9. Negi, B. S., et al., 1987, "Aerosol Composition and Sources in Urban Areas in India", *Ambient Environment*, Vol. 21, No. 6, pp. 1259-1266.
10. Parekh, P. P., et al., 1987, "The Use of Chemical and Statistical Methods to Identify Sources of Selected Elements in Ambient Air Aerosols in Karachi, Pakistan", *Atmospheric Environment*, Vol. 21, No. 6, pp. 1267-1274.
11. Shah, J. J., et al., 1986, "Carbonaceous Aerosol at Urban and Rural Sites in the United States", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 36, No. 3, pp. 254-257.
12. Van den Meulen, et al., 1987, "PM-10: Results of One-Year Monitoring Survey in the Netherlands", *Journal Air Pollution Control Association*, Vol. 37, No. 7, pp. 812-818.