

## ***SOBRE LA PRESENCIA DE ALGUNOS METALES PESADOS EN LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE MEXICO***

**S. SALAZAR\***

**J. L. BRAVO\***

**Y. FALCON\*\***

*(Recibido: 18, Jun. 1981)*

### **RESUMEN**

Las concentraciones de Cd y Pb en Ciudad Universitaria han aumentado 1.4 y 3.6 veces respectivamente en los últimos dos años. El Cu, Zn y Cd presentan una variación estacional y siguen el patrón de turbiedad atmosférica de la Ciudad de México (Lat. 19°20' N, 2,268 m. s.n.m.). El Fe y el Pb se comportan aleatoriamente durante todo el año. Las concentraciones de Fe, Cd y Pb presentan una distribución log-normal; el Cu y Zn se aproximan muy débilmente a este tipo de distribución. Estos resultados fueron obtenidos recolectando muestras de aerosoles atmosféricos durante 14 meses (julio 79 - agosto 80) en el Observatorio de Radiación Atmosférica de Ciudad Universitaria, ubicado al sur de la Ciudad de México. Por el método de absorción atómica se analizaron 59 muestras, escogidas al azar y se determinaron las concentraciones de los cinco metales pesados ya mencionados.

### **ABSTRACT**

The concentrations of Cd and Pb at Ciudad Universitaria have increased by 1.4 and 3.6, times respectively, during the last two years. Cu, Zn and Cd show a seasonal variation and follow the atmospheric turbidity pattern of Mexico City (19°20' N, 2,268 m. a.s.l.). Fe and Pb behave randomly during the whole year. The concentrations of Fe, Cd and Pb show a log-normal distribution; those of Cu and Zn differ from this type of distribution. These results were obtained from atmospheric aerosol samples collected during 14 months (July 1979 - August 1980) at the Atmospheric Radiation Observatory of Ciudad Universitaria, located in the southern part of Mexico City. 59 samples selected at random were analyzed by the atomic absorption method and the concentrations of five heavy metals were determined.

\* *Instituto de Geofísica, UNAM, México 20, D.F., México.*

\*\* *UAM, Unidad Azcapotzalco, México.*

## INTRODUCCION

Desde hace casi tres décadas en la Ciudad de México se han venido realizando estudios de turbiedad y radiación atmosférica y en años recientes se ha puesto especial atención al estudio del aerosol atmosférico (antropogénico y natural).

El aerosol atmosférico al interaccionar con la radiación solar y terrestre tiene efectos muy importantes en los procesos físicos que ocurren en la atmósfera, así como también en la salud, ya que algunas veces su composición elemental (Cd, As, Sb, Pb) puede afectar de manera importante la actividad humana.

En algunas zonas densamente pobladas el aumento de la concentración del aerosol se acompaña de un deterioro evidente de las condiciones ambientales. Uno de estos casos es la Ciudad de México, donde en los últimos años se han observado cambios sustanciales en las condiciones atmosféricas (Galindo, 1965; Galindo y Muhlia, 1970; Galindo y Bravo, 1975).

La ciudad de México tiene características muy especiales, por la latitud en que se encuentra ( $19^{\circ}20'$  N) el clima podría ser considerado tropical, aunque éste se ve modificado por la elevada altura del Valle de México, 2,268 m. s.n.m. (Jáuregui, 1975). Cuenta con una población de 9.396,199 habitantes (S.P.P., 1980) y 1.575,629 vehículos en circulación (D.G.P.T., 1979), así como con un elevado número de industrias extractivas y de transformación: 29,669 dentro de la zona urbana (S.P.P., 1975), no incluyendo las industrias de extracción y refinación del petróleo e industrias de petroquímica básica.

Tomando en cuenta las particularidades de la Ciudad de México y que la composición elemental del aerosol en atmósferas urbanas es un parámetro importante para caracterizar al aerosol mismo, así como para entender su relación con la fuente que lo origina, su efecto en la climatología y en la salud, el presente estudio se enfocó hacia la determinación de los niveles de concentración de cinco metales traza (Fe, Cu, Zn, Cd y Pb), cuyas principales fuentes son los procesos industriales y los motores de combustión interna.

## METODOLOGIA

Las muestras analizadas fueron recolectadas en el observatorio de Radiación Atmosférica de Ciudad Universitaria, ubicado en la parte sur de la Ciudad de México, zona considerada como poco contaminada, donde existen pocas fábricas, áreas verdes, precipitación abundante y buena ventilación (Jáuregui, 1975; Espinosa *et al.*, 1978).

De los métodos más comunes para la determinación de metales pesados (Thompson *et al.*, 1969; Ranweiler y Moyer, 1974), se seleccionó para el análisis de las muestras del presente artículo el de absorción atómica, considerando que el desarrollo de esta metodología ha dado como resultado una técnica analítica de gran sensibilidad y exactitud, baja interferencia, simplicidad de operación y reproducibilidad del análisis.

Se analizaron 59 muestras escogidas al azar, de un conjunto de 180 recolectadas durante 14 meses (julio 79 - agosto 80) y 10 filtros blancos (no expuestos).

Para la recolección se utilizó un muestreador de grandes volúmenes, colocado en la azotea del Instituto de Geofísica, aproximadamente a siete metros de altura. Cada una de las muestras fue recolectada en papel filtro Whatman No. 41 de 8" x 10", utilizando un flujo aproximado de 1.2 m<sup>3</sup>/min. La duración de los muestreos fue de 24 horas.

La extracción de los metales de las muestras y de los filtros blancos se realizó utilizando un área de 2" x 7", la calcinación se efectuó a temperatura no mayor de 150°C (Air Quality Data, 1968), para evitar la pérdida de algunos metales volátiles. En la extracción se utilizó la mezcla de HCl-HNO<sub>3</sub> (al 20 y 40 % respectivamente) para mejor disolución de los metales, refluendo durante 4 horas; para el análisis se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Modelo 403, usando flama de aire-acetileno, para evitar posibles interferencias de otros elementos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se analizaron 59 muestras y 10 filtros blancos. Los análisis espectrofotométricos de las muestras se presentan en el Apéndice A y su distribución de frecuencias en la Figura 1. En la Tabla 1 se presentan los resultados del procesamiento estadístico de las concentraciones de los metales investigados.

Puede observarse que las medias aritméticas de las concentraciones medias diarias de Fe, Cu y Zn no exceden de los valores reportados por algunas normas de calidad de aire (Tabla 1). Por otra parte, los valores correspondientes para Cd y Pb son ligeramente mayores.

Algunos autores (Larsen, 1969; Singpurwalla, 1972; Bencala y Seinfeld, 1976) han encontrado que la distribución de concentraciones de contaminantes atmosféricos se aproxima a una distribución logarítmica-normal. Se intentó ajustar a este tipo de distribución la distribución de frecuencias de las concentraciones, obteniéndose para Fe, Pb y Cd una buena aproximación (Figura 2). Los parámetros de

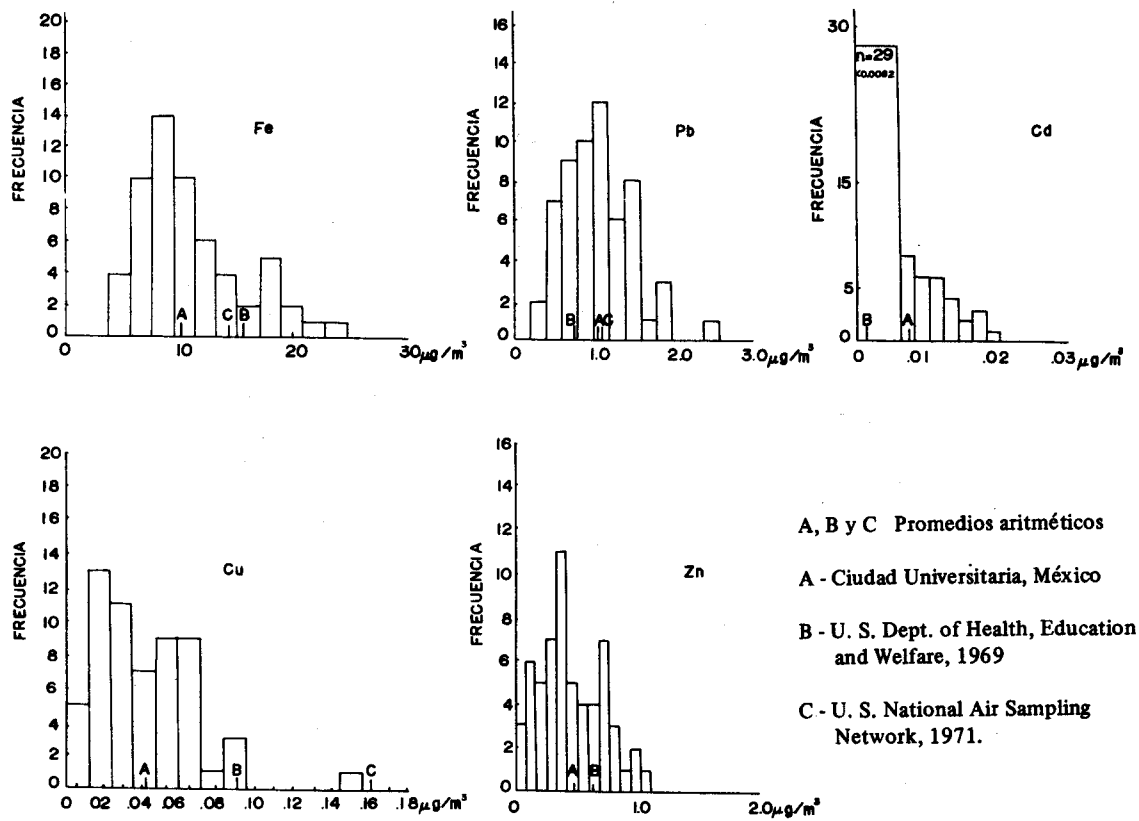


Fig. 1. Distribución de frecuencias de la concentración diaria promedio de Fe, Pb, Cd, Cu y Zn en Ciudad Universitaria (Julio 79 - Agosto 80)

estas distribuciones (Mg,  $\sigma$ ) se presentan en la Tabla 1. Las distribuciones del Cu y Zn no se ajustan satisfactoriamente a una distribución log-normal.

TABLA 1

Resumen de las concentraciones de Fe, Cu, Zn, Cd y Pb en la Estación de Ciudad Universitaria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Parámetro	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
n	59	58	59	59	59
Media aritmética	1.090	0.042	0.451	0.0072	1.045
$\sigma$	0.442	0.027	0.255	0.0040	0.445
n	59	58	59	30	59
Media geométrica	1.009	0.035	0.359	0.0106	0.947
$\sigma$	1.478	2.003	2.205	1.3599	1.585
Media aritmética*	1.505	0.125	0.670	0.002	0.950

## NORMAS

U. S. Dept. of Health  
Education and Welfare,  
1969

1.58	0.09	0.67	0.002	0.79
------	------	------	-------	------

U.S. National Air Sam-  
pling Network, 1971

1.43	0.16	**	**	1.11
------	------	----	----	------

\* Promedio obtenido de las medias aritméticas reportadas por el U. S. Dept. of Health, Education and Welfare, 1969 y el National Air Sampling Network, 1971.

\*\* No se reportan concentraciones de estos elementos.

Se correlacionaron entre sí las concentraciones de los metales pesados para buscar algunas regularidades entre ellas. De todas las posibles combinaciones de los elementos, sólo el par Cu-Zn presentó una leve correlación ( $r = 0.68$ ), las otras parejas no presentan correlación significativa, especialmente el Pb-Fe, cuyo comportamiento estacional fue completamente aleatorio a lo largo del periodo de muestreo.

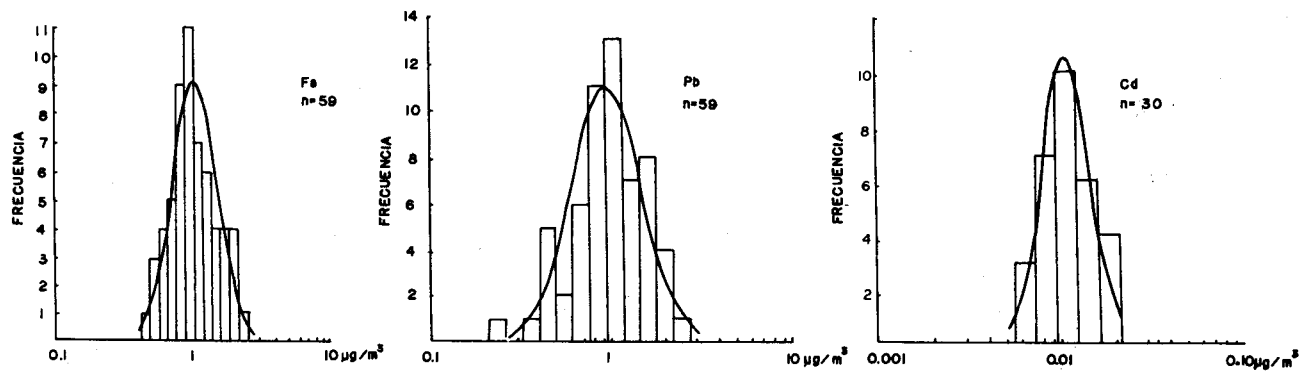


Fig. 2. Distribución de frecuencias de la concentración diaria promedio de Fe, Pb y Cd.

En la Figura 3 se presenta la variación temporal (julio 79 - agosto 80) de las concentraciones de cada uno de los elementos reportados. En esta figura se observa que

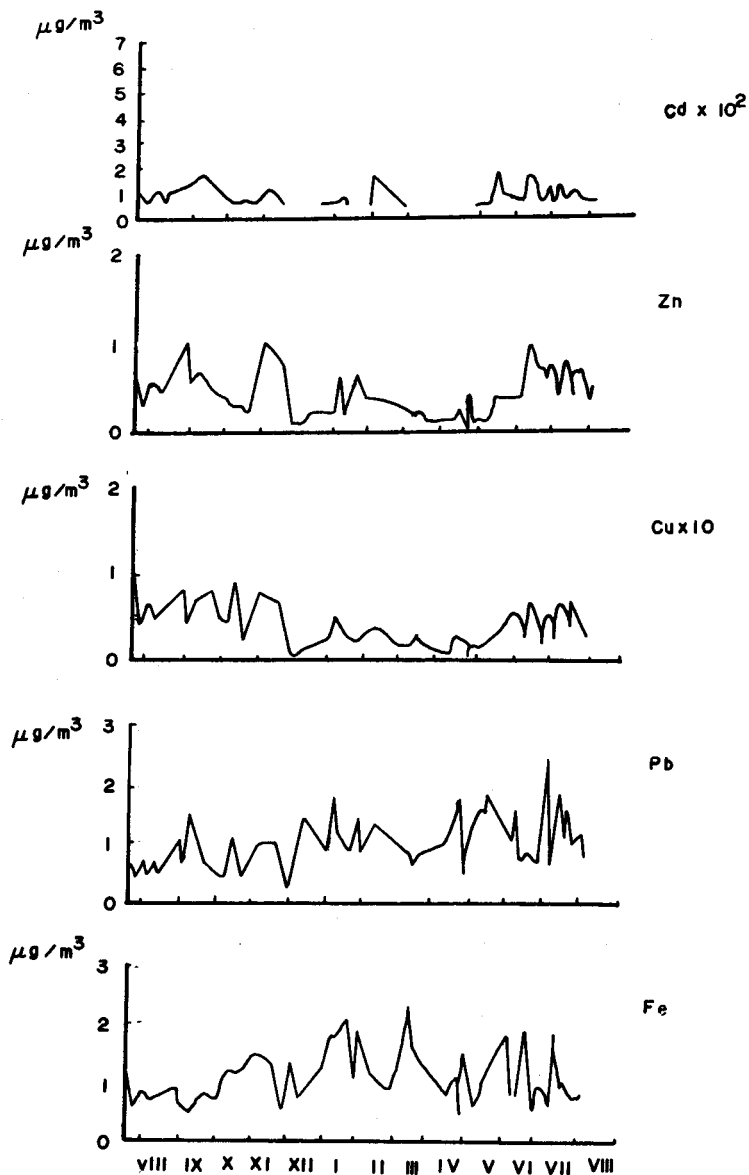


Fig. 3. Variación temporal de las concentraciones de metales traza estación de Ciudad Universitaria (Julio 79 - Agosto 80).

tanto el Cu como el Zn siguen un comportamiento semejante al de la turbiedad atmosférica reportado por Galindo, Bravo y Salazar (1977) para la Ciudad de México (Figura 4) pues durante los meses de abril a octubre la turbiedad y las concentraciones de Cu y Zn en la atmósfera se mantienen altas, bajando las concentraciones y la turbiedad atmosférica en el resto del año.

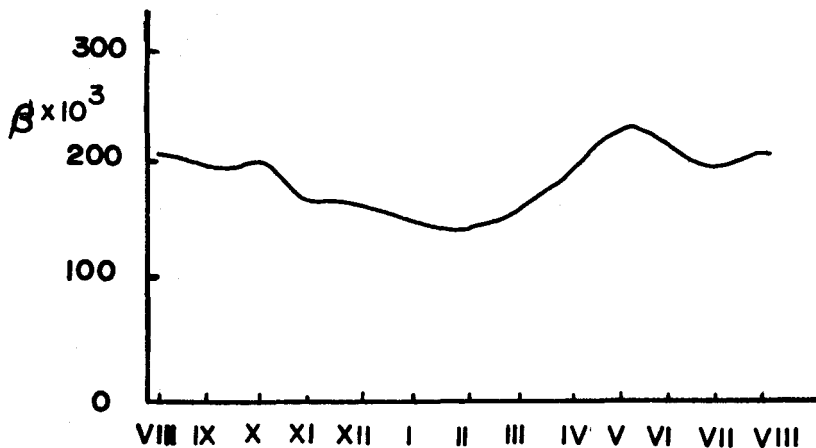


Fig. 4. Variación anual de la turbiedad atmosférica C. U. 1967-1974 (Galindo *et al.*, 1977)

Debe hacerse notar que la temporada de lluvias en la Ciudad de México es de mayo a noviembre; sin embargo, el efecto de lavado atmosférico parece no afectar a estas partículas.

El comportamiento de Pb y Fe, completamente aleatorio a lo largo del periodo de muestreo, indica que el método empleado para la determinación de turbiedad atmosférica no detecta el efecto de estos dos elementos. Este resultado podría explicarse de la siguiente manera: el método usado para determinar la turbiedad es el de Ångstrom (Ångstrom, 1929, 1961), que únicamente detecta partículas cuyo radio es de 0.1 a 10  $\mu$ . La presencia de Fe en la atmósfera está ligada a partículas cuyos radios exceden el límite superior (10  $\mu$ ); se trata de partículas muy grandes: 3.5 - 50  $\mu$  (Bernstein y Rahn, 1979).

En cuanto al Pb, el tamaño de las partículas se encuentra en el rango de 0.1 a 10  $\mu$ . La falta de correlación entre su presencia en la atmósfera y la turbiedad de la misma quizá se deba a que lo reducido de sus concentraciones no haga posible el



que sus efectos sobre la visibilidad sean notables en el fondo de otros contaminantes más abundantes.

Por lo que respecta al Cd, sólo 30 muestras se pudieron cuantificar debido al límite de detección del método (0.03 mg/l), aunque todas ellas rebasan el promedio aritmético tomado como referencia (0.002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En cuanto a la variación estacional de estas muestras, se observa que básicamente siguen el comportamiento del Cu y del Zn, es decir, tienen concentraciones altas durante los meses de mayo a noviembre y bajas durante los meses de diciembre a abril.

Analizando el comportamiento estacional de estos elementos, podríamos inferir que las fuentes que emiten Fe y Pb a la atmósfera se encuentran distribuidas aleatoriamente en la Ciudad de México, mientras que las fuentes de emisión de Cu, Zn y Cd pueden encontrarse localizadas preferentemente en la región NE de la ciudad, dirección de donde proviene el viento dominante en el periodo de mayo a noviembre y motivo por el cual se incrementa la concentración de estos elementos en nuestro punto de observación (Bravo y Salazar, 1981).

Respecto a las concentraciones de Cd y Pb, es necesario mencionar que en 1977 fue realizado un estudio sobre estos dos elementos en Ciudad Universitaria (Espinoza *et al.*, 1978) y las concentraciones máximas reportadas para Cd y Pb fueron 0.002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 0.733  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Las máximas correspondientes encontradas en el presente estudio son de 0.018  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 2.473  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## CONCLUSIONES

De los cinco elementos traza analizados, sólo Cd y Pb presentan promedios aritméticos más altos que los tomados como referencia.

Las concentraciones de Pb, Cd y Fe presentan una distribución log-normal; el Zn y el Cu se aproximan muy débilmente a este tipo de distribución.

La correlación que existe entre Cu y Zn no es alta ( $r = 0.68$ ), debido a la gran aleatoriedad de las concentraciones de estos dos elementos, que son resultado de complicados fenómenos de emisión de partículas y dispersión de las mismas y que dependen principalmente de las condiciones meteorológicas tales como el viento, inversiones de temperatura en el invierno y tolvaneras en la época de secas.

El Cu, Zn y Cd presentan una variación estacional y siguen el patrón de turbiedad de la Ciudad de México, detectado mediante medidas actinométricas, empleando el método de Ångström.

El Pb y el Fe no presentan una variación estacional y se comportan aleatoriamente durante todo el año.

Las concentraciones de Pb y Cd en los aerosoles atmosféricos de la estación de Ciudad Universitaria, en un periodo de dos años a la fecha, han aumentado en alto grado: 1.4 y 3.6 veces, respectivamente. Las altas concentraciones de estos elementos confirman la presencia de aerosoles atmosféricos de origen antropogénico en las muestras recolectadas en Ciudad Universitaria, zona clasificada como de baja contaminación.

El transporte de masas de aire predominante provenientes del NW, NE (zona industrial) y el alto número de vehículos, parecen ser las causas principales de estos resultados.

Es de esperar que el aire de zonas altamente contaminadas, como son el centro de la Ciudad de México y las zonas industriales, rebase notablemente la magnitud de las concentraciones aquí reportadas.

Es necesario que se tomen medidas adecuadas para proteger la salud de los habitantes de la Ciudad de México, ejerciendo un control más riguroso de las fuentes de contaminación fijas y móviles en la zona urbana.

## APENDICE "A"

## ELEMENTOS\*\*

No.	Fecha	Volumen*	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
1	25-26 Jul. 79	1346.93	1.321	0.150	0.813	0.0127	0.987
2	30-31 Jul. 79	1299.26	0.858	0.057	0.411	0.0079	0.554
3	31-1o. Ago. 79	1413.49	0.611	0.038	0.274	0.0062	0.380
4	6- 7 Ago. 79	1330.04	0.905	0.065	0.585	0.0104	0.783
5	9-10 Ago. 79	1312.48	0.899	0.069	0.557	0.0117	0.438
6	14-15 Ago. 79	1319.30	0.686	0.047	0.433	0.0064	0.762
7	16-17 Ago. 79	1365.39	0.751	0.057	0.489	0.0101	0.473
8	4- 5 Sep. 79	1294.74	0.968	0.085	1.024	0.0132	1.110
9	6- 7 Sep. 79	1423.34	0.615	0.044	0.529	0.0144	0.657
10	11-12 Sep. 79	1263.33	0.508	0.071	0.693	0.0176	1.536
11	25-26 Sep. 79	1327.27	0.893	0.086	0.457	0.0116	0.649
12	4- 5 Oct. 79	1330.04	0.734	0.044	0.392	0.0063	0.541
13	9-10 Oct. 79	1279.13	0.970	0.039	0.284	< 0.0062	0.422
14	16-17 Oct. 79	1260.69	1.249	0.090	0.326	0.0081	1.111
15	23-24 Oct. 79	1372.07	1.193	0.021	0.220	< 0.0062	0.445
16	6- 7 Nov. 79	1263.33	1.535	0.079	1.018	0.0125	1.023
17	21-22 Nov. 79	1342.37	1.349	0.070	0.801	< 0.0062	1.094
18	30-1o. Dic. 79	1200.42	0.503	0.007	0.094	< 0.0062	0.233
19	6- 7 Dic. 79	1245.58	1.380	0.006	0.078	< 0.0062	0.771
20	13-14 Dic. 79	1241.41	0.743	0.014	0.224	0.0062	1.501
21	3- 4 Ene. 80	1262.45	1.296	0.026	0.219	< 0.0067	0.853
22	8- 9 Ene. 80	1198.04	1.866	0.052	0.638	0.0100	1.800
23	10-11 Ene. 80	1227.68	1.722	0.031	0.177	< 0.0062	1.230
24	22-23 Ene. 80	1213.00	2.149	0.020	0.652	< 0.0062	0.858
25	29-30 Ene. 80	1297.45	1.036	0.033	0.367	< 0.0062	1.458
26	31.1o. Feb. 80	1339.57	1.936	0.035	0.353	0.0179	0.859
27	12-13 Feb. 80	1310.17	1.143	0.038	0.356	0.0117	1.398
28	28-29 Feb. 80	1359.66	0.863	0.015	0.278	< 0.0062	1.057
29	11-12 Mar. 80	1263.33	1.711	0.013	0.169	< 0.0062	0.882
30	13-14 Mar. 80	1277.35	2.328	0.030	0.238	< 0.0062	0.641

\* m<sup>3</sup> metros cúbicos de aire

\*\* µg/m<sup>3</sup> microgramos por metro cúbico de aire.

No.	Fecha	Volumen*	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
31	18-19 Mar. 80	1262.45	1.518	0.016	0.121	< 0.0062	0.850
32	10-11 Abr. 80	1286.96	0.929	0.005	0.146	< 0.0062	1.009
33	14-15 Abr. 80	1308.35	0.772	0.029	0.264	< 0.0062	1.208
34	21-22 Abr. 80	1301.06	1.136	0.022	0.017	< 0.0062	1.802
35	22-23 Abr. 80	1262.45	0.683	0.023	0.415	< 0.0062	1.029
36	23-24 Abr. 80	1264.21	1.174	0.020	0.289	< 0.0062	1.072
37	24-25 Abr. 80	1276.46	0.438	0.000	0.037	< 0.0062	0.443
38	28-29 Abr. 80	1381.86	1.568	0.020	0.156	< 0.0062	1.169
39	6- 7 May. 80	1316.56	0.602	0.011	0.112	< 0.0062	1.599
40	12-13 May. 80	1278.24	0.858	0.022	0.274	0.0185	1.470
41	13-14 May. 80	1283.59	1.025	0.026	0.404	0.0102	1.905
42	2- 3 Jun. 80	1258.92	1.840	0.055	0.364	< 0.0062	1.045
43	5- 6 Jun. 80	1184.11	0.809	0.052	0.442	0.0177	1.587
44	9-10 Jun. 80	1274.67	0.799	0.026	.003	---	0.712
45	12-13 Jun. 80	1259.81	1.330	0.068	0.861	0.0146	0.950
46	16-17 Jun. 80	1299.26	1.930	0.062	0.701	< 0.0062	0.883
47	19-20 Jun. 80	1269.49	0.968	0.053	0.717	0.0082	0.829
48	23-24 Jun. 80	1310.17	0.536	0.017	0.548	0.0120	0.693
49	26-27 Jun. 80	1279.13	0.994	0.052	0.749	< 0.0062	1.234
50	30-1o. Jul. 80	1181.16	0.916	0.052	0.675	0.0133	2.473
51	3- 4 Jul. 80	1353.52	0.951	0.024	0.375	0.0077	0.671
52	7- 8 Jul. 80	1434.61	0.637	0.067	0.725	0.0073	1.339
53	10-11 Jul. 80	1266.85	1.840	0.063	0.794	0.0103	1.849
54	15-16 Jul. 80	1312.91	0.904	0.033	0.401	0.0100	1.092
55	16-17 Jul. 80	1257.17	1.103	0.068	0.699	0.0083	1.570
56	17-18 Jul. 80	1265.09	1.017	0.059	0.605	0.0083*	1.587
57	22-23 Jul. 80	1287.35	0.834	0.042	0.703	< 0.0062	1.014
58	29-30 Jul. 80	1263.33	0.708	0.024	0.346	< 0.0062	1.217
59	31-1o. Ago. 80	1355.42	0.798	0.030	0.505	< 0.0062	0.825

\* m<sup>3</sup> metros cúbicos de aire.

\*\* µg/m<sup>3</sup> microgramos por metro cúbico de aire.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos hacer patente nuestro agradecimiento a la I. Q. Anabelle Ruiz C. y a la Quím. Delia Aguilar B. del Laboratorio Central de la Sub-Dirección de Investigación y Entrenamiento de la S. A. R. H., por la ayuda prestada en el análisis de las muestras. También, al personal técnico del grupo de Radiación Solar del Instituto de Geofísica, compañeros: Carmen Ayala, Manuel Muñoz, Luis Galindo y Vidal Valderrama.

Agradecemos a los Dres. Carlos Gay y Amando Leyva la cuidadosa lectura y útiles sugerencias que nos hicieron llegar sobre el presente artículo.

## BIBLIOGRAFIA

- ÅNGSTROM, A., 1929. On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air. *Geogr. Ann.*, No. 2.
- ÅNGSTROM, A., 1961. Technics of determining the turbidity of the atmosphere. *Tellus*, 13, No.2.
- BENCALA, K. E., and J. H. SEINFELD, 1976. On frequency distributions of air pollutant concentrations. *Atmos. Environ.*, 10, 941-950.
- BERNSTEIN, D. M., and K. A. KAHN, 1979. New York Summer Aerosol Study: Trace element concentrations as a Function of Particle Size. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 322, 87-97.
- BRAVO, J. L., y S. SALAZAR, 1981. Aerosoles minerales en la Ciudad de México (Para ser publicado).
- DIRECCION GENERAL DE POLICIA Y TRANSITO, 1979. Vehículos en circulación. Gobierno Federal, México.
- ESPINOSA, M. E., Y. FALCON, S. SALAZAR and I. C. ESPEJEL, 1978. Lead and Cadmium concentration in suspended particles at two sampling stations in Mexico City. *71st. Air Pollut. Cont. Ass. Ann. Meet.*, 78-69.4.
- GALINDO, I., 1965. Turbidometric Estimations in Mexico City Using the Volz Sun Photometer. *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 60, 189-196.
- GALINDO, I. and A. MUHLIA, 1970. Contribution to the Turbidity Problem in Mexico City. *Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B.*, 18, 169-186.
- GALINDO, I. and J. L. BRAVO, 1975. On the Presence of a Volcanic Stratospheric Dust Stratum over a Polluted Atmosphere; Mexico City. *Geofísica Internacional* 15(2): 157-167.
- GALINDO, I., J. L. BRAVO and S. SALAZAR, 1977. Atmospheric Ozone, Haze extinction and anthropogenic surface ozone. *Proc. Joint Symp. on Atmospheric Ozone*, Vol. III, Berlin. National Komitee für Geodäsie und Geophysik bei der Akad. der Wissens, der DDR.

- JAUREGUI, E. O., 1975. Las zonas climáticas de la Ciudad de México. *Boletín del Instituto de Geografía, Vol. VI*. UNAM. 47-58.
- LARSEN, R. I., 1969. A new mathematical model of air pollutant concentration averaging time and frequency. *J. Air. Pollut. Cont. Ass.*, 19, 24-30.
- RANWEILER, L. E. and J. L. MOYERS, 1974. Atomic Absorption procedure for Analysis of Metals in Atmospheric Particulate Matter. *Environmental Science and Technology, Vol. 8*. Num. 2, 152-156.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1975. Gobierno Federal, México.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1980. Población estimada al 30 de junio de 1980. Gobierno Federal, México.
- SINGPURWALLA, N. D., 1972. Extreme values from a log-normal law with application to air pollution problems, *Techtonometrics*, 14 (3), 703-711.
- THOMPSON, R. J., G. B. MORGAN and L. J. PURDUE, 1969. Analysis of Selected elements in atmospheric particulate matter by atomic absorption. *15th. National Symposium of the Analysis Instrumentation Division of the Instrument Society of America, May*, 5-7.
- U. S. DEPT. OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE, NATIONAL AIR POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION, 1969. Air Quality Criteria for Particulate Matter. Washington, D.C.
- U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1971. Air Quality Data for 1967 (Revised 1971), Office of Air Programs Publication No. APTD 0741.
- U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1972. Air Quality Data for 1968, Publ. APTD 0978, page 12.