

CARACTERIZACION Y MORFOLOGIA DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUA DE LLUVIA

Iturbe García J. L.¹, López Muñoz B.E.¹ y De la Torre Orozco J.²

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

Centro Nuclear "Dr. Nabor Carrillo Flores", Km. 36.5 carretera México - Toluca, 52045 Salazar, Estado de México.

Apartado Postal 18-1027, Col. Escandón, Delegación Miguel Hidalgo, 11801 México D.F.

Departamento de Química⁽¹⁾

Departamento de Síntesis y Caracterización de Materiales⁽²⁾



MX0100075

Introducción

Es bien sabido que el deterioro de la atmósfera ha afectado algunas ciudades de nuestro país desde hace algunas décadas. Los contaminantes tanto naturales como de origen antropogénico se encuentran distribuidos en la troposfera. Algunos estudios han sido realizados para cuantificar el contenido de algunos elementos emitidos a la atmósfera¹⁻⁶. En lo referente a los contaminantes atmosféricos, las fuentes principales naturales son: los volcanes, los océanos, los incendios forestales, etc. y en los de origen antropogénico se encuentran las industrias, el transporte vehicular que utiliza combustible fósil, sin descartar el gas que se quema en los hogares. Los metales pesados están entre los contaminantes atmosféricos más importantes. Aunque su concentración natural rara vez alcanzan niveles perjudiciales, sin embargo pueden ser peligrosos a la salud humana y al medio ambiente si se encuentran en grandes concentraciones. En lo referente a la contaminación atmosférica por sólidos suspendidos, la materia particulada varía ampliamente en su composición física y química, origen y tamaño de partícula. Las partículas con tamaño de 10 micras (PM10) son una fracción de sólidos que se encuentran suspendidas en el aire de tamaño muy pequeño que pueden penetrar las vías respiratorias hacia los pulmones y ocasionar significativamente un riesgo a la salud. Todo parece indicar que las partículas más pequeñas pueden ser las más peligrosas, siendo éstas de 2.5

una alta relación entre la incidencia de muertes y partículas contaminantes con un diámetro menor a diez micras que hasta hace pocos años no habían sido estudiadas. En otros estudios sugieren que las partículas finas de un diámetro igual o menor a 2.5 micras son más peligrosas que aquellas que miden 10 micras o más como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y otros que usualmente son más conocidos y monitoreados. El tamaño de las partículas es la característica física más importante para determinar su toxicidad. Las que miden más de 10 micras se retienen básicamente en las vías respiratorias superiores sin ocasionar aparentemente ningún trastorno en los individuos. Las que miden menos a este valor predominan en la fracción respirable y penetran el espacio alveolar del pulmón. Aunque los sistemas de monitoreo ambiental de la ciudad de México y otras áreas metropolitanas ya incluyen la medición de este tipo de partículas, aún falta ampliar los esfuerzos para estudiar sus componentes, efectos en nuestra salud y aplicar la normatividad correspondiente⁹⁻¹¹.

En años recientes, la preservación del medio ambiente ha sido la principal preocupación del gobierno de México y de los ciudadanos. Actualmente varias ciudades de la República tienen problemas de contaminación atmosférica debido al aumento de las actividades industriales, naturaleza de los combustibles utilizados en el transporte vehicular y a un significado desarrollo en su población.

de las partículas suspendidas en la atmósfera y que son acarreadas por el agua de lluvia en dos sitios del Estado de México mediante microscopía electrónica de barrido. Los sólidos suspendidos se obtuvieron de las precipitaciones pluviales después de haber sido centrifugadas. Posterior a la separación, la materia particulada se analizó por SEM y por energía dispersiva de rayos X.

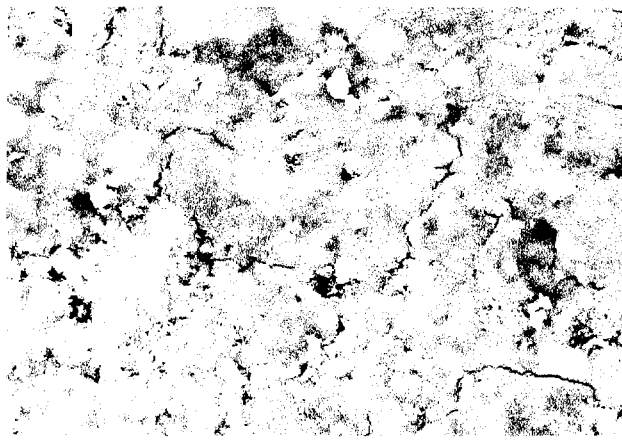
Parte experimental

Las muestras de agua de lluvia se recolectaron durante los años de 1998 y 1999, dos sitios se seleccionaron para recolectar las muestras, estos fueron la ciudad de Toluca y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Recipientes de plástico con un volumen de diez litros fueron utilizados para el muestreo, los cuales tenían una área de 700 cm², posteriormente el agua de lluvia se colocó en frascos de polietileno, cabe aclarar que tanto los recipientes de recolección como los frasco se lavaron con ácido nítrico diluido y enjuagados con agua desionizada cada vez que se recolectaba el agua de lluvia. Las muestras antes de su tratamiento se colocaron en un lugar oscuro para evitar el desarrollo de algas. Los sólidos suspendidos en las muestras líquidas se separaron por centrifugación, posterior a este proceso, los sólidos se secaron en la estufa a 80°C durante tres horas. Para el análisis elemental cualitativo de las partículas sólidas por microscopía electrónica, se prepararon unas pastillas a presión de 5 milímetros de diámetro utilizando una prensa manual. Las muestras preparadas se colocaron dentro del sistema del microscopio electrónico de barrido para su análisis. Las condiciones utilizadas en el microscopio para los análisis fueron: haz de electrones con voltaje de aceleración de 25 keV, corriente eléctrica de 60 µA, distancia de trabajo 10 mm, área del haz perpendicular a la superficie de la pastilla un milímetro equivalente a 25X en aumento de la imagen y el tiempo de conteo 150 segundos para el análisis por energía dispersiva de rayos X. Al mismo tiempo, sobre el portamuestras se colocó polvo disperso y se recubrió con una capa de oro para la obtención de las fotografías y observar la morfología de la

materia particulada en forma individual, así como su composición química elemental.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mediante el análisis realizado a los sólidos suspendidos en el agua de lluvia por microscopía electrónica de barrido y por energía dispersiva de rayos X, fueron los siguientes. Se discutirán la forma por medio de fotografías, la composición química mediante el espectro de energía dispersiva de rayos X y el tamaño de las partículas medido directamente en la imagen. En la figura 1 se muestra la micrografía de los sólidos insolubles acarreados por las precipitaciones pluviales en forma de pastilla. En la misma figura también se muestra el espectro de rayos X y los elementos químicos que forman la matriz de los sólidos. Los elementos encontrados fueron C, O, Na, Mg, Al, Si, S, P, K, Ca, Ti, y Fe. Sus porcentajes en peso y atómico se indican en la tabla I. Mediante la compactación de los polvos, los resultados desde el punto de vista cualitativo fueron muy satisfactorios puesto que a cada pastilla se le realizaron varias determinaciones y la desviación estándar resultó muy pequeña. En la figura no se aprecia perfectamente la forma que los sólidos, aunque sobre la superficie de la pastilla se observan partículas dispersas de diversos tamaños que quedaron adheridas sobre la superficie. Al estar los sólidos distribuidos en forma uniforme, el análisis resulta más confiable, ya que la técnica a pesar de ser puntual esta detectando a todos los elementos presentes en las muestras. Otro de los factores importantes en la determinación elemental fue el hecho de haber utilizado el haz de electrones con un diámetro de un milímetro, con esta área sobre la superficie de la muestra se pudo excitar a todos los elementos que forma la materia particulada y que la lluvia acarreo durante su trayecto hacia la superficie terrestre.



Label A: POLVOS TOLUCA

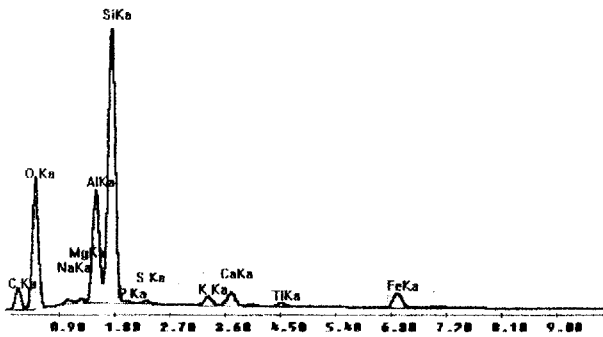


Figura 1. Microfotografía y espectro de rayos X obtenido de los polvos suspendidos acarreados por el agua de lluvia y analizados mediante MEB y por energía dispersiva de rayos X.

Tabla I. Elementos encontrados en los sólidos suspendidos en la atmósfera y acarreados por las lluvias en los sitios en estudio.

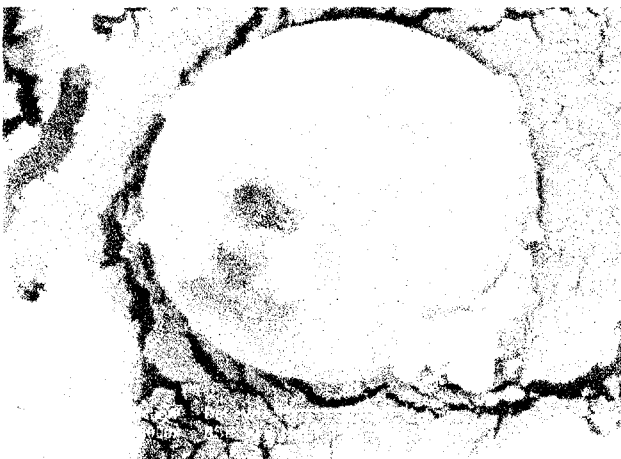
Elemento	% en peso	% atómico
C K α	14.92	23.26
O K α	42.09	49.28
Na K α	0.72	0.59
Mg K α	0.56	0.43
Al K α	10.05	6.97
Si K α	25.33	16.89
P K α	0.24	0.15
S K α	0.27	0.16
K K α	0.83	0.4
Ca K α	1.31	0.61

Ti K α	0.37	0.14
Fe K α	3.31	1.11
Total	100	100

Los resultados obtenidos de los sólidos dispersos indican diversas formas y tamaños desde unas cuantas decenas de nanómetros hasta decenas de micras, algunas partículas presentan formas muy características formadas por dos o tres elementos. La figura 2 muestra una microfotografía en la cual se observa la morfología de una partícula en forma individual de muchas otras que se encuentran suspendidas en la atmósfera y son acarreadas por las precipitaciones pluviales. Esta partícula en especial es de forma casi circular, su tamaño en promedio fue de 15 micras de diámetro. También se aprecian partículas mucho más pequeñas a 2.5 micras que se encuentran adheridas sobre su superficie y que en principio son las más peligrosas ya que pueden ser incorporadas al interior de las vías respiratorias de la población que se encuentra expuesta a este tipo de contaminación. Otro hecho interesante de esta partícula, fue al realizar el análisis puntual en una área donde no hubiese ninguna interferencia con otras partículas de elementos distintos y como resultado de su constitución química elemental, mostró que esta formada únicamente de C, O, y S. Estos resultados se indican en la tabla II, donde se indican los elementos que componen dicha partícula, así como el porcentaje en peso y atómico respectivamente. El origen de estos sólidos aun se desconoce y sobre todo cómo se encuentran combinados químicamente, no se sabe si son de origen natural o antropogénico. En todos los análisis realizados se encontraron partículas con los mismos tres elementos químicos, con morfología distinta, algunas de ellas presentaron poros de diversos tamaños así como de forma laminar y también diferentes tamaños de partícula variando desde 2 hasta 200 micras. Otros tipos de partículas individuales mostraron estar formadas de Al, Si y O y creemos que se trata de aluminosilicatos, silicoaluminatos, óxidos de silicio y de aluminio, este tipo de componentes son los más abundantes y de origen natural, también se encontraron partículas cuya

composición elemental fue de O y Fe, tal vez formando un óxido férrico o ferroso, estos compuestos suponemos pueden ser tanto de origen natural como antropogénico. Se puede comentar que en la atmósfera se encuentran distribuidas una infinidad de partículas de todos tamaños desde unos cuantos nanómetros hasta 200 micras, su forma es muy variada lo mismo que las superficies algunas son lisas otras porosas en fin de diferente composición elemental química. Su origen es tanto natural como ocasionadas por las actividades humanas. Los mismos tipos y formas de sólidos suspendidos se encontraron en ambos sitios de muestreo (Toluca e ININ), esto quiere decir que por las condiciones meteorológicas particularmente por el viento, estas partículas se distribuyen casi en forma uniforme en una gran parte de la atmósfera ya que se supone que en las ciudades más pobladas se pueden producir en mayor cantidad la materia particulada. Estos sólidos son acarreados por el agua de lluvia que sirve en cierta manera, cuando la época lo permite, como limpiadora de la atmósfera.

La diferencia que se encontró fue que en la Ciudad de Toluca la concentración de los sólidos supera en casi el doble que los encontrados en el ININ, esto se supone por lógica que en Toluca la cantidad de estas partículas es mayor por la actividad tanto industrial como vehicular que ahí se desarrolla. Y en cuanto a las encontradas en una zona boscosa como es el ININ, tal vez son acarreadas por el viento principalmente de la ciudad de México.



Label A: M-9-1

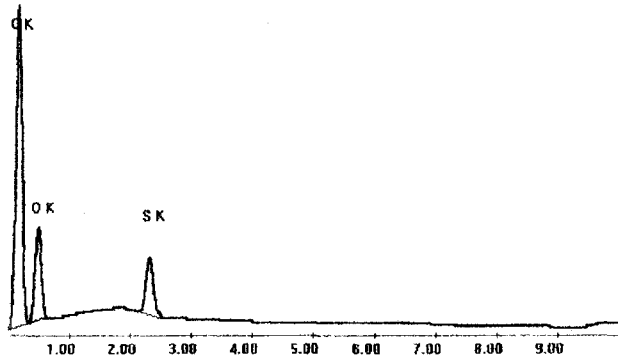


Figura 2. Microfotografía de una partícula individual encontrada en los sólidos suspendidos en la atmósfera y acarreados por las precipitaciones pluviales, el análisis se realizó mediante MEB y por energía dispersiva de rayos X.

Tabla II. Elementos presentes en una partícula individual identificada en los sólidos totales suspendidos en la atmósfera de Toluca y del ININ.

Elemento	% en peso	% atómico
C K	72.23	78.49
O K	24.97	20.37
S K	2.8	1.14
Total	100	100

Bibliografía

1. Alper D. J. and Hopke P. K., (1981). A determination of the sources of airborne particulate collected during the regional air pollution study, Atmosph. Environ. 15, pp. 675-687.
2. Ariens E. J., Lehmann P.A. and Simonis A. M., (1981).
3. Beauty B.R. (1976). Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer Norwalk, Connecticut, USA, pp 1-18.

4. Castellanos M.A., Salazar S and Gómez S. (1991). Influencia en la composición del suelo en el aerosol atmosférico de cuatro zonas de México. *Atmos.* 4, pp. 165-176.
5. Cook J. (1977). Environmental pollution by heavy metals, *Int. J. Environ. Stud.*, 10, pp. 153.
6. Dams R., Robbins J.A., Rahm K.A and Winchester J.M. (1970). Nondestructive neutron activation analysis of air pollution particulates. *Analyt. Chem.* 42, pp. 861-867.
7. Díaz Ramírez P., García Sosa I., Iturbe García J.L., Granados Correa F., Sánchez Meza J.C. (1999). Air pollution in the atmosphere of the Toluca Valley, Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 15(1), pp. 13-17.
8. Panamerican Center of Human Ecology and Health, (1984). Environmental diagnosis sources of air, water and floor. México, pp 3-6.
9. Paringo F. Nagamoto C., Hoyt S. and Bravo H.A. (1990). The investigation of air quality and acid rain over the Gulf of Mexico. *Atmosph. Environ.* 24A, pp. 109-123.
10. Salazar S. Bravo J.L. and Falcon F. (1981). On the presence of some metals weighed in the atmosphere from Mexico City. *Geofis. Int.* 20, 41-45.
11. Salazar S. (1993). Elemental and morphological analysis of atmospheric particles from southwestern part of Mexico City. *Bul. Environ. Contam. Toxicol.* 55, 247-254.