

Caracterización de Aeropartículas Emitidas por Fuentes Móviles

**Rojas Villa Anabel^{1,2}, Romero Guzmán Elizabeth Teresita¹
López González Hilario¹**

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. a. Departamento de Química, Gerencia de Ciencias Básicas. Carretera México-Toluca km 36.5. C.P. 52750. A.P. 18-1027. México. Teléfono: +52 55 53297200, ext. 2266, Fax: +52 55 53297301. E-mail: elizabeth.romero@inin.gob.mx, hilario.lopez@inin.gob.mx

² Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, E.S.I.Q.I.E., Instituto Politécnico Nacional, IPN. E-mail: moreviro@hotmail.com

Resumen

En nuestro país, las fuentes móviles que conforman la mayor parte de las emisiones a la atmósfera, están concentradas en las zonas urbanas. El muestreo en los escapes de transporte terrestre: Autobuses de pasajeros, transporte de carga y vehículos fue realizado en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. El material fue analizado mediante Microscopía Electrónica de Barrido de Bajo Vacío Y Difracción de rayos X. El objetivo fue caracterizar las partículas emitidas por fuentes móviles, morfológica y químicamente para conocer la estructura, tamaño y elementos que las componen.

1. Introducción

El aire que respiramos está compuesto por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 0.093% de argón y una porción de vapor de agua. La contaminación del aire es la alteración de esta composición, producida por causas naturales o provocadas por el hombre. Las primeras no se pueden evitar, pero las segundas, es nuestra obligación evitarlas⁽¹⁾.

La contaminación del aire se ha incrementando de forma paralela al desarrollo industrial de nuestro país; sin embargo, dicha contaminación no depende únicamente de estas fuentes fijas, sino que, la mayor parte es originada por emisión de partículas de fuentes móviles. Estas, al ser emitidas a la atmósfera se consideran como aeropartículas, que es una mezcla de partículas sólidas y gotículas líquidas que

flotan en el aire y forman la masa ambiental de Material Particulado (PM), mezcla compleja muy dependiente de las características de la fuente⁽²⁾.

La industria y el transporte son las fuentes principales de contaminación del aire, también, se sabe que los contaminantes emitidos por el combustible diesel de las industrias camioneras y ferrocarrilera contaminan de forma peligrosa a la atmosférica. Otra fuente importante de esas emisiones, son los autobuses escolares, los camiones de basura y los vehículos municipales. Todas estas emisiones, son responsables de la mayor parte de la contaminación del aire en la región de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT). Se han realizado estudios donde se revela que estas emisiones, generan más del 50 % del total de los contaminantes a la atmósfera^(1,3).

Numerosos estudios han encontrado relación entre las partículas y la agravación de enfermedades cardiacas y respiratorias, como asma, bronquitis y enfisema, además de varias formas de cardiopatías⁽⁴⁻⁷⁾. Las partículas finas ($PM_{<2.5}$) tienen mayores efectos en la salud que las gruesas ($PM_{<10}$); esto debido a que pueden penetrar los pulmones con mayor facilidad, y por ende provocar más daño.

Ante este panorama, el objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológica y químicamente las partículas emitidas por fuentes móviles, para conocer la estructura, el tamaño y los elementos químicos que las componen.

2. Metodología

2.1. Muestreo

Se recolectaron muestras de hollín directamente de los escapes de distintos sistemas de transporte: autobuses de pasajeros, transporte pesado y automóviles particulares. Las fuentes móviles fueron localizadas en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

2.2. Descripción del muestreo

Se colocaron las muestras en viales de vidrio, limpios y secos, los cuales fueron cerrados herméticamente y etiquetados. **Figura 1a,b.**



Figura 1a.

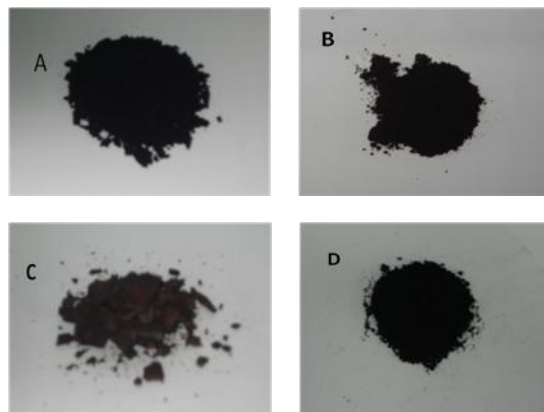


Figura 1b. Muestras de hollín: A) y B) Transporte de pasajeros, C) Automóvil particular y D) Camión de transporte pesado.

2.3. Caracterización de las muestras de escapes

2.3.1. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Espectroscopia de Dispersión de Rayos X (EDS).

La determinación de la morfología y la composición química elemental de las partículas emitidas por fuentes móviles, se realizó por análisis de Microscopía Electrónica de Barrido de Bajo Vacío con un microscopio Jeol 5900LV acoplado a una sonda de Espectroscopia de Dispersión de Rayos X. Este equipo proporcionó información cualitativa y cuantitativa de las partículas analizadas.

2.3.2. Difracción de Rayos X (DRX)

La identificación de los componentes mineralógicos de los materiales en estudio, se realizó mediante esta técnica, utilizando un difractómetro de polvos SIEMENS D-5000, con ánodo de cobre, $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$. Para la realización de este análisis se colocó una pequeña cantidad del hollín, aproximadamente 0.5 g en un portamuestras, éste fue introducido en un goniómetro al que se le hizo incidir un haz de rayos X, obteniéndose una gráfica de intensidad contra el ángulo de difracción

con un barrido de 4° a $70^\circ 2\theta$. Los resultados que se obtuvieron fueron confrontados con las tarjetas de los patrones reportados por el Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) para corroborar la presencia del material estudiado.

3. Resultados y Discusión

3.1 Análisis morfológico y químico del material

En la **Figura 2** se observan las micrografías obtenidas por MEB de Bajo Vacío, de las partículas analizadas así como su respectivo EDS. Se presenta la morfología de cada partícula así como el diámetro aerodinámico de éstas. Mediante el EDS se identificó de forma cuantitativa los elementos químicos principales que constituyen las partículas. En general, presentan alto % en peso de Fe, este elemento, tiene asociado su origen con el desgaste del escape de las fuentes móviles, que se genera a través del tiempo.

La composición en % peso de los elementos encontrados en cada muestra de hollín de transporte de pasajeros y transporte pesado fue de C 55.5%, O 19.14%, Na 0.13%, S 1.3 %, Si 0.65 y Fe 17.06%; además de otros elementos con un menor % en peso menor a 0.01% como Ca, Mg, Al y P.

Cabe señalar, que el S con un 1.3% en peso; es uno de los elementos precursores de la generación de gases (SO_x) del efecto invernadero. Este compuesto puede transformarse en los sulfatos con el vapor de agua que se emana de los escapes de los camiones, automóviles y transporte pesado, el cual proviene principalmente por el uso del combustible diesel.

Al analizar el hollín del escape de automóvil, se encontró la siguiente composición química elemental en % peso: 34% C, 25.83 % O, 0.47 Al, 0.75% Si, 0.99% S, 0.32 Mn, 37.7% Fe, además de otros elementos con un menor % en peso menor a 0.01% como K, Ca, Cu Zn. El contenido de S en esta muestra indica que la gasolina, también contiene azufre pero en una magnitud inferior.

3.2. Análisis de los componentes mineralógicos del material por Difracción de Rayos X (DRX)

El difractograma, DRX, del hollín de vehículos particulares se presenta en la **Figura 3a**. Al comparar con las tarjetas de los patrones reportados por el Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS), se identificó a la hematita y al óxido de hierro (Fe_2O_3) éste con un porcentaje del 96% de Fe. Por otro lado, el análisis por DRX del hollín obtenidos de los escapes del transporte de pasajeros y transporte pesado, muestran a un material amorfo compuesto principalmente de carbono, **Figura 3b**.

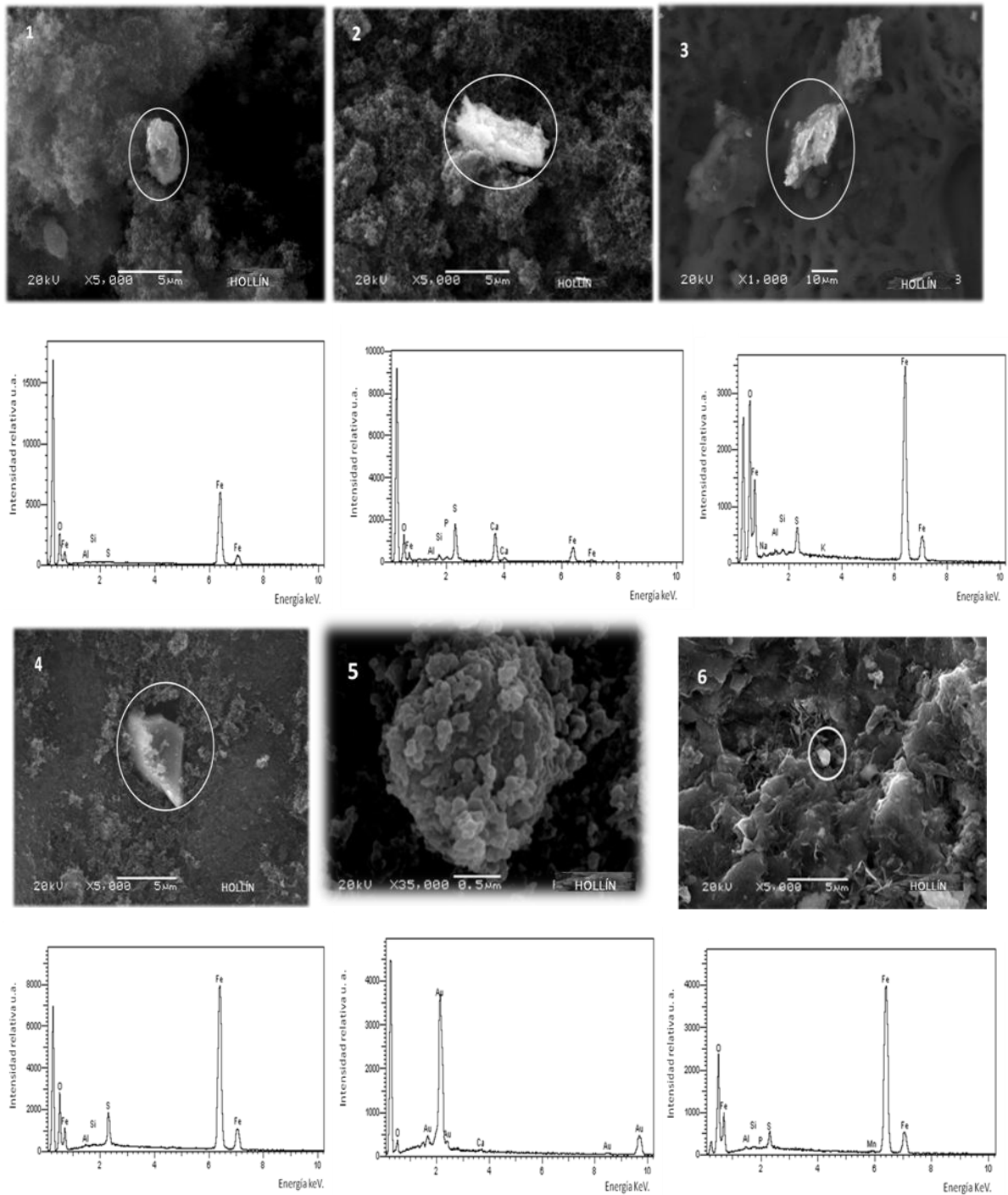


Figura 2. Imágenes y EDS MEB-BV de partículas emitidas por fuentes móviles en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. 1) Partícula con alto contenido de Fe. 2) Partícula constituida principalmente por Fe, Ca y S. 3) Partícula amorfa constituida de Fe esencialmente con un diámetro menor a 10 μm 4) Partícula constituida por Fe principalmente. 5) Aglomerado de partículas de carbono de muestra recubierta con oro, cuyas partículas de aglomerado presentan un diámetro menor a 0.5 μm. 6) Partícula amorfa brillante constituida principalmente de Fe con un diámetro menor a 2 μm.

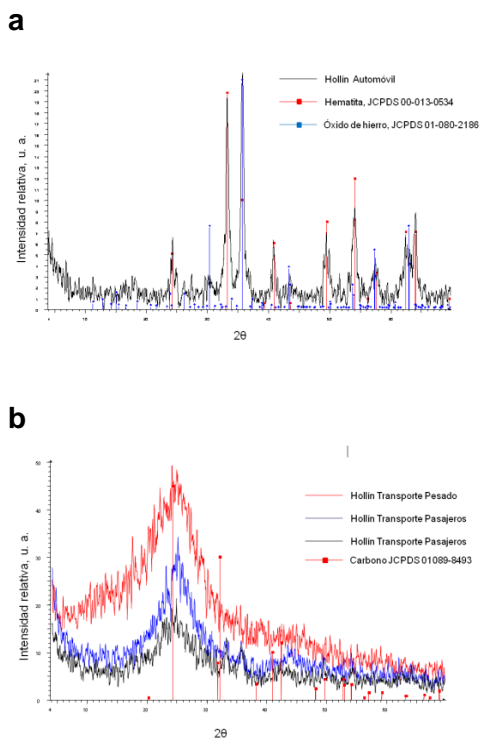


Figura 3. Difractogramas de rayos X de a) vehículo particular, b) Transporte de pasajeros y pesado.

4. Conclusiones

El hollín recolectado muestra un alto porcentaje de carbono y azufre, producto de las combustiones incompletas de combustibles como la gasolina y diesel. La presencia de Fe y de los otros elementos, se atribuye al desgaste de los escapes y por el polvo atmosférico (origen cortical) encontrados en el ambiente.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al COMECYT por el apoyo brindado al proyecto: COMECYT EDOMEX-2005-CO1-09. A los C. Jorge Pérez del Prado y Leticia Carapia Morales del departamento de materiales, por el apoyo técnico recibido.

6. Referencias

- (1) <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=231>.
- (2) González González Carlos A. (2009). Análisis de PST por microscopía electrónica y COV por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas en el valle de Toluca, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México.
- (3) Ruiz Murcia, José Franklyn (2002). Simulación de la contaminación de atmosférica generada en por fuentes móviles en Bogotá. Tesis de Maestría. Bogotá Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 174pp.
- (4) Skoog, Douglas, "Principios de Análisis Instrumental" .Editorial McGraw Hill, 2005. Cap. 21.
- (5) Reyna M. A., Quintero M., Collins K., Vildosola L. (2003). "Análisis de la relación del PM₁₀ con las enfermedades respiratorias en la población urbana de Mexicali Baja California: Un estudio de series de tiempo". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, 2, (24) 116-125.
- (6) Laskin A., Cowin J. P., Ledema M. J. (2005). "Analysis of individual environmental particles using modern methods of electron microscopy and X-ray microanalysis". Journal Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 150 260-274.
- (7) Kumari, Latha, Subramanyam, S V. (2004) "Structural and electrical properties of amorphous carbon-sulfur composite films " Bull. Mater. Sci., 27 289-294.