

Influencia de la composición del suelo en el aerosol atmosférico de cuatro zonas de México

M. A. CASTELLANOS R.¹, S. SALAZAR², B. GOMEZ L.¹

¹ *Departamento de Química Analítica, Laboratorio de Rayos X. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F., México*

² *Observatorio de Radiación Solar, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F., México*

(Manuscript received Sept. 26, 1990; accepted in final form Nov. 23, 1990)

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio de la composición de materiales policristalinos presentes en suelo y su atmósfera correspondiente de cuatro zonas diferentes de México. Los análisis se realizaron por Difracción de Rayos X. Por primera vez se tiene la composición de las fases cristalinas del aerosol de fondo de atmósferas tipo: rural, marítima, suburbana y urbana. Se encontró que la atmósfera urbana es particularmente rica en fases, en comparación a la de las otras áreas.

ABSTRACT

The results of the study of the polycrystalline material composition in soil and its corresponding atmosphere in four different zones of Mexico, are presented. The analyses were carried out by X-Ray Diffraction. For the first time, the composition of the crystalline phase of background aerosol in rural, maritime, suburban and urban atmosphere, was obtained. It was found out that the urban atmosphere is particularly rich in crystalline phases in comparison with the other areas.

Introducción

Continuando con el proyecto sobre la detección de particulados cristalinos en la atmósfera (Salazar *et al.*, 1989; Castellanos *et al.*, 1989), en el presente trabajo se realiza un estudio sobre la posible influencia de materiales policristalinos presentes en suelo y aquellos detectados en su atmósfera correspondiente. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro zonas diferentes del país, con el objeto de observar si existen materiales comunes y/o existen diferencias en cuanto a número y composición de fases, especialmente cuando se comparan con las fases encontradas en una atmósfera de zona urbana altamente contaminada, con suelos característicos de una metrópoli con desarrollo urbano constante, como es el caso de la Ciudad de México (Salazar *et al.*, 1989). Con este fin, se hizo el estudio por Difracción de Rayos X de la composición mineral en distintas áreas superficiales y sus particulados atmosféricos, para regiones de tipo rural, marítima, suburbana y urbana; pretendiendo con ello establecer una interrelación entre los componentes de los suelos y su atmósfera. Conjuntando los resultados anteriores se espera poder discernir entre los orígenes debidos a la contribución natural y la aportación antropogénica de los diversos constituyentes de las atmósferas en estudio, en particular a las de tipo urbano, puesto que son las más afectadas por la instalación de plantas industriales en áreas con una densidad de población alta.

Se parte de la hipótesis de que en un lugar rural, alejado de plantas industriales como fuentes antropogénicas muy directas, como es el caso de Orizabita, Hgo., los componentes cristalinos que se detecten en la atmósfera, se deberán principalmente a la composición de la superficie y al entorno geológico del lugar, además de la contribución que las corrientes de aire propias del lugar puedan arrastrar de fuentes naturales y antropogénicas aledañas (Castellanos *et al.*, 1989). Por la revisión bibliográfica que se ha realizado, se sabe que no existen estudios de esta naturaleza en México.

Parte experimental

La recolección de muestras se llevó a cabo en dos medios diferentes, las atmósferas y los suelos. La metodología para el muestreo del aerosol mineral se describe posteriormente y con respecto a suelos, se recogieron muestras superficiales lo más dispersas posible, en las cercanías de la estación instalada para la recolección de las muestras de aire. Las muestras de suelo recolectadas se tomaron de una sección de 20 x 20 cm de área y 3 cm de profundidad.

Lugar de muestreo

Los sitios donde se recolectaron las muestras fueron atmósferas típicas de áreas: urbana (Ciudad Universitaria, Azcapotzalco, Cd. de México, zona altamente contaminada), suburbana (San Felipe Tlalmimilolpan, Edo. de México, a escasos 10 km de la ciudad de Toluca, zona urbana industrializada); rural (Orizabita, Hgo., zona agrícola) y marítima (La Paz, B. C. S.). La localización de los puntos de muestreo se presentan en la Figura 1. Con el fin de detectar la contribución debida al suelo se tomaron muestras de superficie en los entornos de los sitios mencionados anteriormente.

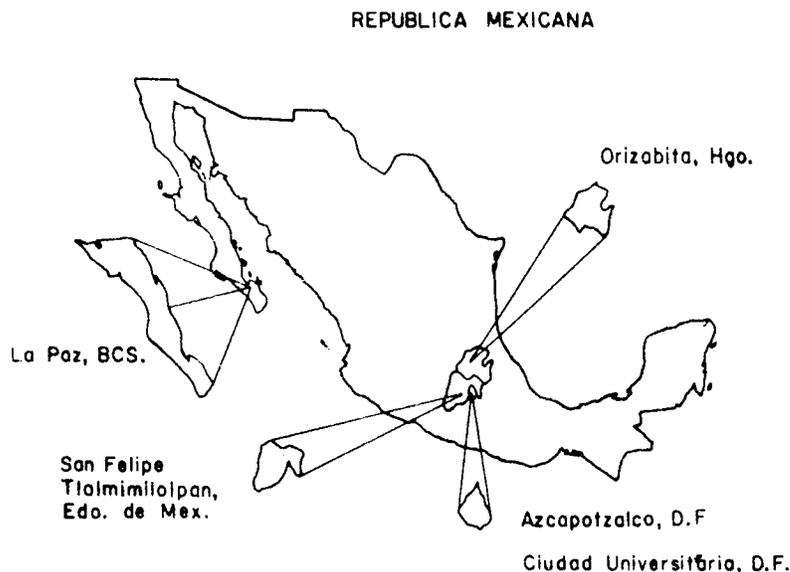


Fig. 1. Ubicación de los lugares de muestreo.

Muestreo

La recolección de partículas atmosféricas se efectuó con un muestreador de grandes volúmenes (Hi-Vol), filtros de celulosa Whatman de 8" x 10", usando un flujo de 1.2 - 1.7 m³/min, la duración del muestreo fue de 24 horas. En La Paz, B. C. S., las muestras analizadas de aerosol fueron recolectadas durante marzo de 1986 y noviembre de 1987. Las de Orizabita, Hgo. fueron recolectadas durante el año de 1987, las de San Felipe Tlalmimilolpan, Edo. de Mex., fueron recolectadas en 1985 y las de la Ciudad de México fueron de los años de 1981, 84, 85, 87, 88, 89 y 90. Todas las muestras de superficie de las cuatro zonas se tomaron en 1989. En total se analizaron 64 muestras de aerosol atmosférico y 12 muestras de suelos.

Metodología

El análisis por Difracción de Rayos X, por el Método de Polvos, es idóneo para ser aplicado en muestras de particulados cristalinos ya que las sustancias cristalinas presentes en una muestra son puestas de manifiesto en su verdadero estado de combinación química, esto es especialmente útil cuando se desea identificar o confirmar la presencia de un mineral; la identificación se puede realizar tanto en una muestra de material puro como en mezclas, con la ventaja de que el análisis no destruye la muestra, lo cual permite tratamientos sobre ella, o bien guardarla para comparaciones posteriores. La metodología para la extracción de la fracción mineral de la muestra de los filtros del Hi-Vol es descrita en Salazar *et al.*, 1989., el espécimen utilizado para el análisis por Difracción de Rayos X en este caso, consiste de la membrana de plata con el residuo depositado sobre ella. El análisis se llevó a cabo en un equipo Philips, con generador PW 1120/00, difractómetro PW 1050/25 con monocromador de grafito y panel de controles PW 1360/00. El tubo de Rayos X con anticátodo de cobre, de foco fino funcionando a 40 KV, 30 mA; la radiación fue filtrada usando filtro de níquel. Un detector proporcional y el juego de rejillas siguientes: de dispersión 1°, de divergencia 1° y de recepción 0.2°. El registro de cada difractograma fue realizado a una velocidad de 2° 2 θ /min, con escalas de 100 a 400 cuentas por segundo (cps). Para corroborar resultados de muestras de aerosol, se utilizó ocasionalmente la cámara de Hägg-Guinier XDC-700 de Jungner-Instruments, Stockholm; particularmente en muestras que presentaban señales muy débiles o confusas en los difractogramas; debido a la baja concentración de algunas de sus fases. En esta cámara es posible tener exposiciones prolongadas de especímenes, lo cual permite acentuar en la película máximos de difracción débiles, y con ello su identificación. En algunas muestras de suelos cuyos difractogramas totales no mostraban la presencia de material arcilloso, fue necesario realizar una separación del mismo por medio de una suspensión en columna, para obtener material arcilloso <40 μ m (Jackson, 1965). De los suelos ricos en feldespatos se hizo la preparación de diversos especímenes para una misma muestra, con el fin de poder observar si había orientaciones preferentes en todos o en algunos de sus máximos. Para cada uno de estos especímenes se registraron sus patrones de difracción bajo las mismas condiciones instrumentales.

Resultados y discusión

Los resultados del estudio por Difracción de Rayos X de las muestras de suelos y aerosol, se presentan condensados, por región, en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis por Difracción de Rayos X en aerosol atmosférico y en muestras de superficie

Area	Superficie	Atmósfera
Rural	Feldespatos, calcita, cuarzo- α , anfíboles (hornblenda), tridimita?, mineral arcilloso (14.72, 24.52 Å), olivino.	Calcita, feldespatos (albita- β y/o oligoclasa), cuarzo- α , mineral arcilloso (13.69, 24.19 Å)
Marítima	Feldespatos (albita alta), cuarzo- α , cantidades menores de mica y yeso. Por separación de muestra: material arcilloso (13.59, 25.96 Å) y caolinita.	Cuarzo, mica, feldespatos (albita, anortita y/o labradorita), tridimita, yeso, material arcilloso (11.3, 12.62, 15.77, 20.06 Å) y caolinita
Suburbana	Feldespatos, cuarzo- α , óxidos de hierro, anfíbol (hornblenda), probablemente calcita.	Feldespatos (albita- α cálcica), cuarzo- α , probablemente calcita. Óxidos de hierro, material arcilloso (11.32-20.01 Å)
Urbana	Feldespatos, cuarzo- α , calcita, óxidos de hierro anfíbol (hornblenda), probablemente mica.	Feldespatos (albita- α cálcica), yeso, caolinita y/o crisotilo, tridimita y/o microclina, cuarzo- α , calcita, cristobalita?, illita, óxidos de hierro y material arcilloso (7.02, 9.50, 19.40 Å), talco, hornblenda, olivino, Particulados orgánicos cristalinos a (3.48, 2.80 Å)

Area rural

El área de Orizabita, Hgo., localizada en la parte central del país, es una región de escasa precipitación pluvial con 300 mm de agua solamente. Donde la dirección del viento del NE es constante a lo largo del año y cuyo suelo está formado de roca caliza y material arcilloso (INEGI, 1987; 1988). Se encuentra ubicada relativamente lejos de instalaciones de plantas industriales. Estas características permiten considerar este lugar como el indicado para observar el grado de influencia que puede tener un suelo sobre la composición mineral de su aerosol inmediato. Los resultados globales obtenidos de los difractogramas registrados de las muestras de aerosol y de suelos, básicamente, corresponden en ambos casos a calcita, feldespatos y cuarzo; encontrándose diferencias sólo en la relación de intensidades. En las muestras de los suelos abundan los feldespatos. El cuarzo se mantiene relativamente constante en ambos tipos de muestras, lo mismo que el material arcilloso (14.72, 24.52 Å, Figura 2a y b), la presencia de olivino en los difractogramas de las muestras de superficie fue ocasional al igual que la de anfíboles. La calcita es predominante en las muestras de la atmósfera (Figura 2c), la abundancia de calcita en el aerosol, inferida de las relaciones de intensidades de los difractogramas en comparación a los feldespatos, se puede

suponer que es debida a las características físicas (dureza, densidad, tamaño de partícula, etc.) de la calcita en relación a los feldespatos. Es notorio que el grado de cristalinidad y/o la abundancia relativa de feldespatos produce un patrón de difracción muy completo (Figura 2a y 2b).

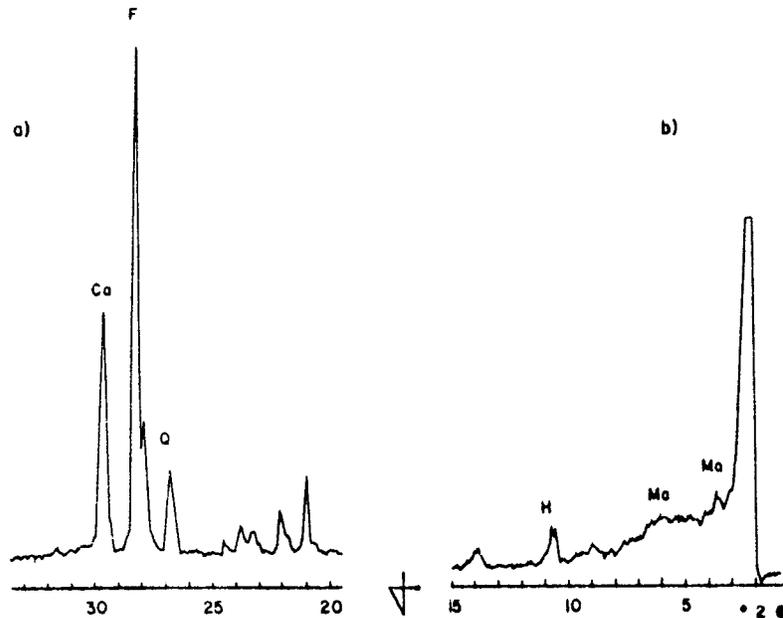


Fig. 2. Difractogramas de muestra de suelo, área rural, Orizabita, Hgo. (a, b)

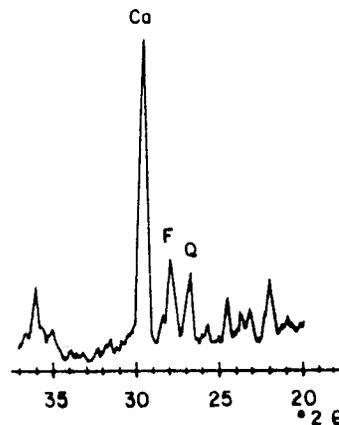


Fig. 2c. Difractograma de muestra de arcilla, área rural (Orizabita, Hgo)

Área marítima

La Paz, Baja California Sur, se encuentra ubicada al NW de la República Mexicana. Su suelo está formado principalmente por cal, yeso, arcilla y caliche (INEGI, 1984; 1988). Las muestras de suelos de Baja California Sur, presentan en sus difractogramas (Figura 3a) predominancia de feldespatos (albita alta) y cuarzo- α y en cantidades menores mica, yeso y material arcilloso, el cual fue confirmado por separación de la muestra total. La separación de la fracción arcillosa fue necesaria debido a que en el difractograma de la muestra total de suelos no se observa una

franca presencia de material arcilloso; sin embargo, este material fue fácilmente detectado en las muestras de aire. En las muestras de aerosol mineral (Figura 3b) prevalece el cuarzo- α , mica y feldespatos. Los feldespatos detectados probablemente se puedan identificar como albita; pero por las características de los máximos de intensidad también se puede pensar en la presencia de anortita y/o labradorita, teniendo en cuenta que existe solución sólida y relaciones de fase complejas entre albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), los compuestos en los extremos del diagrama de fases (Cormack y Price, 1985). Hay una señal para tridimita muy bien definida, asimismo el material arcilloso se hace presente en las señales de 11.30 a 20.06Å respectivamente.

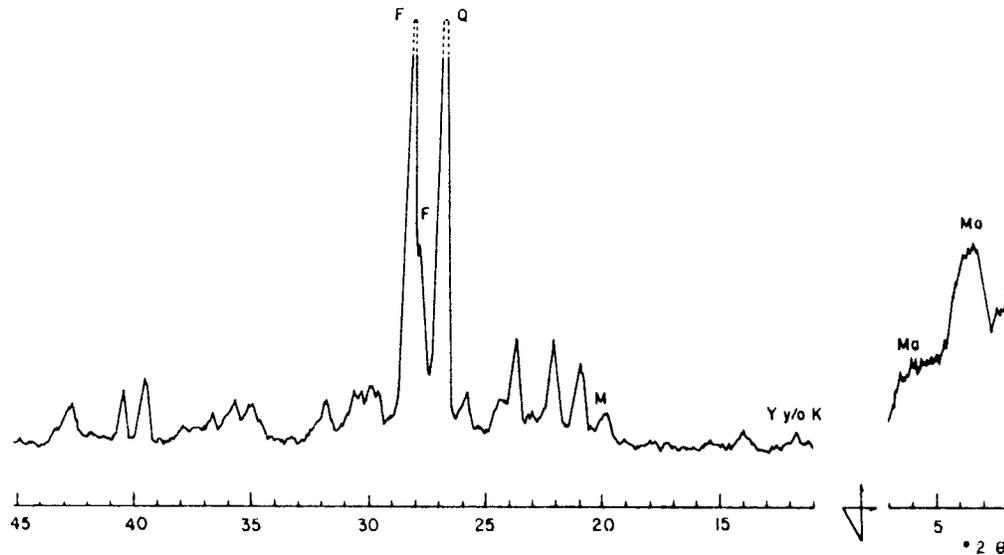


Fig. 3a. Difractograma de muestra de suelo, área marítima (La Paz, BCS)

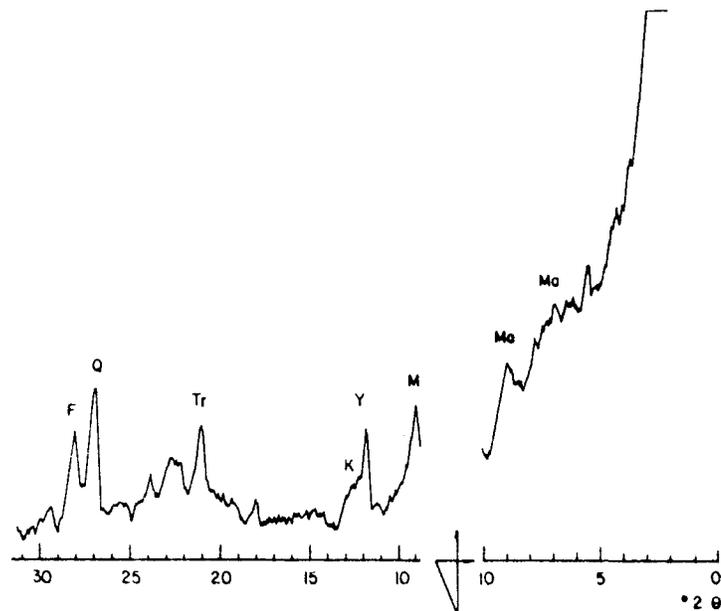


Fig. 3b. Difractograma de muestra de aire, área marítima (La Paz, BCS)

Estos valores tienen poca coincidencia con los valores encontrados en los difractogramas de las muestras de suelo (25.96 y 13.59 Å); aunque los valores encontrados no coinciden, pertenecen al conjunto de los minerales arcillosos. No se consideró necesario hacer una identificación precisa de los mismos, debido a que esto tiene que ser objeto de estudio posterior. Cabe mencionar que en las muestras estudiadas no se detectó la presencia de calcita ni de halita, aunque se buscaron.

Area suburbana

San Felipe Tlalmimilolpan, Edo. de México. El entorno geológico está constituido por rocas extrusivas básicas e intermedias, andesitas y basaltos vítreos (INEGI, 1986; 1988). La cantidad abundante de feldespatos y cuarzo tanto en suelos (Figura 4a) como en atmósfera (Figura 4b) fue muy característica en ambos difractogramas. La presencia de material arcilloso únicamente en el difractograma de muestras de la atmósfera es muy distintivo, al igual que la señal para anfíboles únicamente en el difractograma del suelo. Los óxidos de hierro son comunes en ambas muestras.

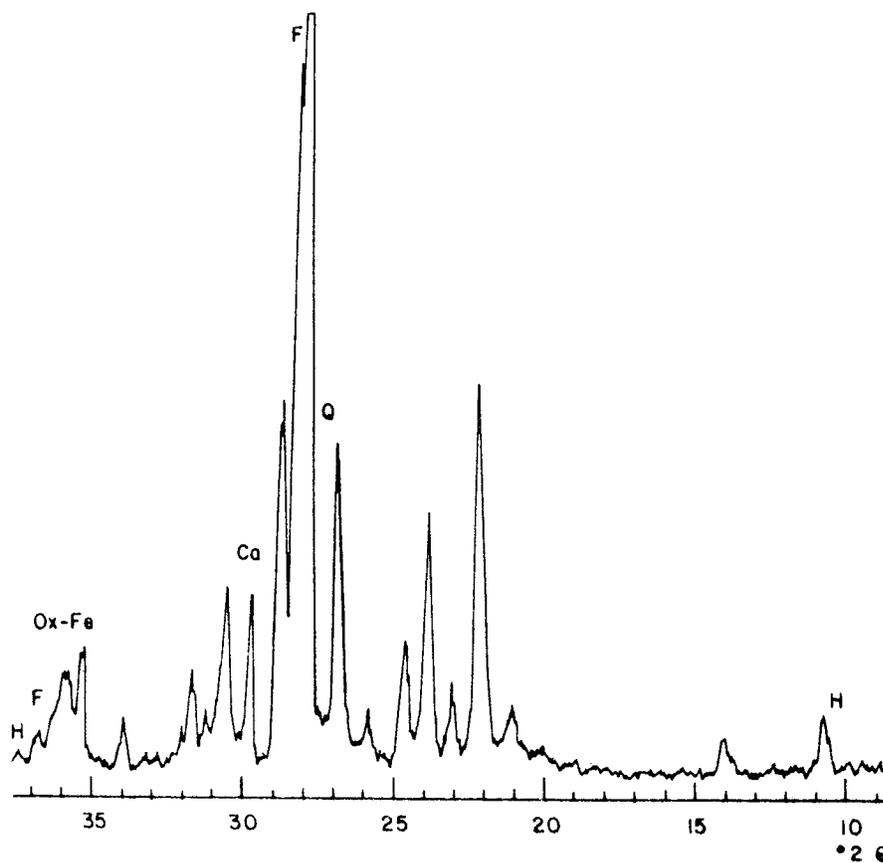


Fig. 4a. Difractograma de muestra de suelo, área suburbana (San Felipe Tlalmimilolpan, Edo. de Méx.)

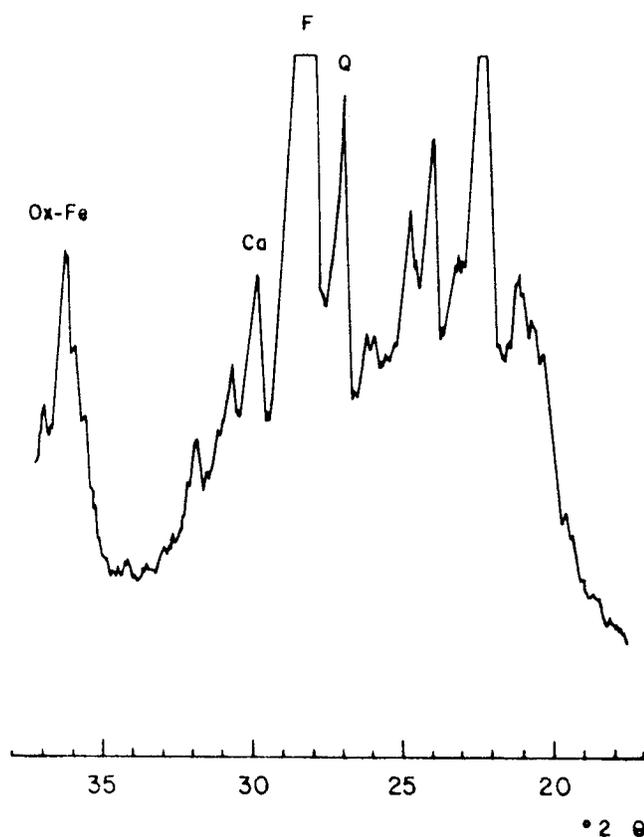


Fig. 4b. Diffractograma de muestra de aire, área suburbana (San Felipe Tlalmimilpan, Edo. de Mex.)

Area urbana

La Ciudad de México está situada en un Valle cuyo suelo puede ser considerado de origen volcánico. En su mayoría está compuesto de material basáltico, andesitas, areniscas y productos de intemperismo de tobas y brechas volcánicas (INEGI, 1985; 1988). Los materiales cristalinos identificados en las muestras de suelo fueron: feldespatos y cuarzo principalmente, calcita, óxidos de hierro, anfíbol y probablemente mica (Figura 5a), esto en contraste con la gran cantidad de compuestos cristalinos identificados en los difractogramas de las muestras de aire (Figura 5b). Feldespatos es el material cuyos máximos de intensidad predominan regularmente sobre yeso, caolinita y/o crisotilo, tridimita y/o microclina, cuarzo- α , calcita, cristobalita?, illita, óxidos de hierro, material arcilloso, ocasionalmente talco, hornblenda y olivino.

Los resultados concuerdan con los que se siguen obteniendo en muestras más recientes provenientes de las proximidades de la refinera de Azcapotzalco y diversas áreas de la Ciudad de México, en las cuales además se aprecia la existencia de hornblenda y olivino. En las muestras de Azcapotzalco se hizo una separación especial (Salazar *et al.*, 1990) para buscar la probable existencia de material orgánico cristalino. La presencia de este material se confirmó plenamente en el producto de separación de siete muestras de aerosol atmosférico. Se encontraron máximos de di-

fracción a: 3.48S, 3.15B, 6.11B, 2.80S, 2.85B y 4.38VB; medidos de una película de Hägg-Guinier. Estos particulados cristalinos orgánicos se encuentran en proceso de identificación.

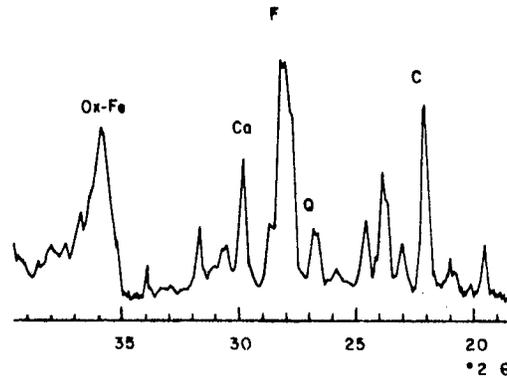


Fig. 5a. Diffractograma de muestra de suelo, área urbana (CU, Azcapotzalco, D.F.)

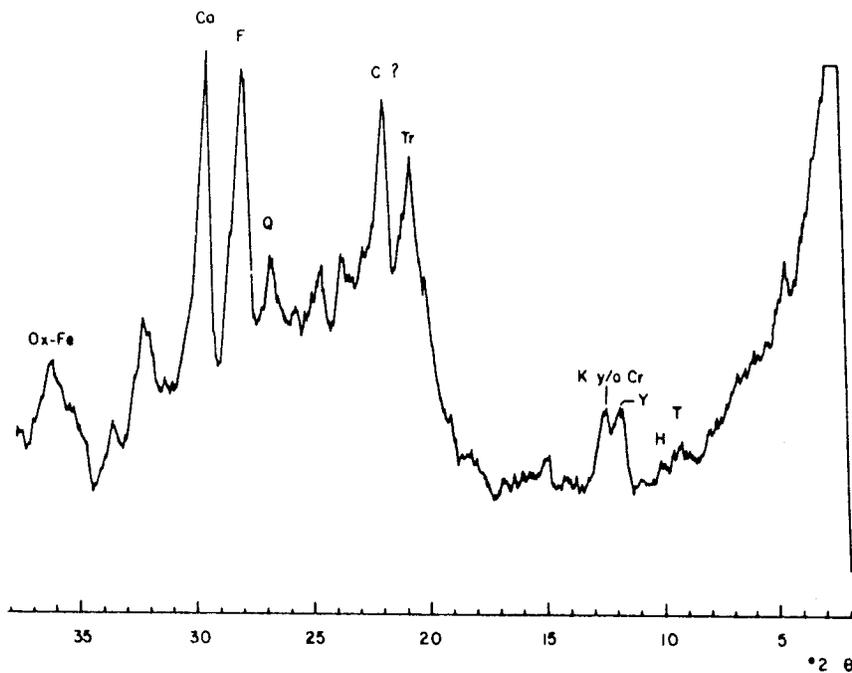


Fig. 5b. Diffractograma de muestra de aire, área urbana (CU, Azcapotzalco, D.F.)

Del conjunto de resultados obtenidos por Difracción de Rayos X, en las muestras de las cuatro zonas estudiadas se puede apreciar que en los difractogramas de las muestras de suelos los feldspatos se encuentran en mayor proporción. Para las zonas marítima y suburbana, exhiben un número menor o igual de fases cristalinas, que las encontradas en los difractogramas de los aerosoles correspondientes. Aunque, los particulados derivados del suelo forman generalmente la fracción mayor de la masa del aerosol. Los materiales arcillosos se observan fácilmente en todos los aerosoles, mientras que en los difractogramas de suelos no son tan aparentes; hubo necesidad de llevar a cabo una separación, en la muestra de suelos de la zona marítima, de la fracción de

partículas $<40 \mu\text{m}$ para que se revelara la presencia de arcillas. Esto pudiera atribuirse al tamaño de partícula propio de las arcillas, $<2.5 \mu\text{m}$, lo cual permitiría más fácilmente su incorporación y permanencia en la atmósfera, favoreciendo así que se establezca una relación de composición a tamaño de partícula, lo que sería valioso de verificar luego con el impactor de 5 pasos (en proceso).

Otra hipótesis sería considerando el carácter cristalino de los materiales arcillosos comparado con las otras fases presentes, éstas tienen un grado de cristalinidad mucho mayor que los minerales arcillosos, lo cual favorece que los máximos de intensidad tengan distribuciones y perfiles bien definidos y por lo mismo sean detectados en un intervalo amplio de grados 2θ , lo que provoca el solapamiento de las señales de difracción producidas por los minerales arcillosos. Un tercer factor a considerar sería la abundancia relativa de materiales de tamaño de partículas $>40\mu\text{m}$ en los suelos.

Para el caso de la Ciudad de México, debe tomarse en cuenta el grado de urbanización constante y acelerado, con excavaciones profundas y superficiales, dispersas en distintos rumbos de la ciudad. Al igual que, instalaciones industriales que emiten humos y cenizas, algunas de ellas ricas en cuarzo y otros productos. Con un tráfico vehicular de más de 3 millones de unidades (DDF, 1982), que trae como consecuencia un continuo desgaste de embragues, frenos, llantas, suelos, construcción y pavimentación, considerados como posibles fuentes emisoras de asbestos (crisotilo) (Williams y Muhebaier, 1982; Rohl *et al.*, 1977, 1982; Sebastien *et al.*, 1980; Burilkov y Michailova, 1970, Navrátil y Trippé, 1972). Además, según datos oficiales (INEGI, 1985), el total de partículas emitidas a la atmósfera de la Ciudad de México de fuentes fijas, móviles y naturales, sin tener en cuenta los contaminantes gaseosos suman 715 000 toneladas por año. Esto, aunado a los resultados que se están encontrando en los difractogramas de suelo y aerosol, permite considerar como suelo natural de la Ciudad, aquel que se encuentra en la actualidad descrito edafológicamente y para los fines de este proyecto, el conjunto de fases cristalinas detectadas por Difracción de Rayos X; como una primera aproximación. Las aportaciones directas mencionadas que recibe el aerosol, podrían considerarse como antropogénicas y su deslinde con la contribución verdadera por suelos naturales podría ser difícil por la semejanza en algunas de las composiciones, lo cual implicaría que tratar de rastrear una fuente contaminante emisora de esa clase, sería muy complicado utilizando sólo Difracción de Rayos X. Sin embargo, la señal a $7.20\text{-}7.40 \text{ \AA}$ (crisotilo) generalmente encontrada en los difractogramas del aerosol de la Ciudad de México, es muy característica sólo para muestras de área urbana, no así en los difractogramas de las otras áreas, ni en suelos ni en aire, lo cual nos permitiría inferir que la procedencia de ese mineral, sea de origen antropogénico. En el caso particular de los feldspatos se observó el fenómeno de orientación preferente por varios planos de reflexión, en difractogramas de muestras de suelos; sin embargo, en los difractogramas de aerosoles se presentan valores de intensidad casi constantes para los mismos, salvo en el caso de la reflexión 201 de 4.03 \AA , cuyas intensidades varían pero tienden a ser altas ($>50\%$); por ello es posible suponer la existencia de otras fases por ejemplo cristobalita. No obstante, es necesaria la utilización de otras técnicas de identificación para confirmación de su existencia, o bien para en caso necesario, poder determinar si es de origen antropogénico o natural, en un caso similar se encuentra la tridimita.

Conclusiones

1. En las cuatro zonas estudiadas por Difracción de Rayos X, las fases cristalinas presentes en los suelos constituyen la fracción mayor de los particulados cristalinos de los aerosoles correspondientes.

2. La diferencia más notable entre las fases detectadas en las muestras de aerosol de la zona urbana y el resto, es la presencia casi constante en todos los difractogramas de un máximo en 7.20-7.40 Å, que pudiera deberse a algún miembro del grupo de las serpentinas, en particular a crisotilo. Este compuesto deberá ser confirmado por otros métodos.

3. Los resultados obtenidos revelan que el conjunto de fases cristalinas de cada una de las atmósferas de las cuatro zonas aquí estudiadas, presentan fases comunes y sólo hay diferencias notables en cuanto a las proporciones relativas de algún componente en particular. A excepción, de la zona urbana donde, además hay casi el triple de fases en las muestras de aerosol.

4. De 1 y 3 y para efecto de referencia de manera general, respecto a las fases cristalinas, es posible considerar los compuestos cristalinos detectados en los difractogramas de los suelos, como el de la composición de "fondo" del aerosol mineral en las zonas estudiadas.

5. En una atmósfera urbana como la de la Ciudad de México, rica en diferentes fases, la discriminación del origen de algunos componentes del aerosol mineral podría ser difícil, debido a la semejanza entre las composiciones de las fases emitidas por fuentes emisoras antropogénicas (por ejemplo cuarzo) y la composición natural del suelo. La discriminación deberá ser estudiada por otras técnicas.

6. Sería deseable lograr establecer la relación de las contribuciones debidas al suelo natural y de las fuentes antropogénicas a la atmósfera, en fenómenos diversos, como la degradación de la visibilidad, con el fin de conocer mejor la calidad del aire de la Ciudad de México.

7. Es la primera vez que en México se detecta por Difracción de Rayos X, material orgánico policristalino en el aerosol de la Ciudad de México

8. Los estudios realizados por Difracción de Rayos X, de muestras provenientes de filtros de Hi-Vol en los que el tamaño de partícula se encuentra en un intervalo de 0.3 a 100 μm , sería recomendable continuarlos con muestras de tamaño de partícula clasificadas (impactor de cascada), ya que es de esperarse diferencias en la composición.

9. Es necesario aplicar otras técnicas, para confirmar la presencia de crisotilo, cristobalita y otros. Por ejemplo, las Microscopías Ópticas y Electrónicas, así como Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X para correlaciones de composición elemental.

10. Por primera vez se tiene un panorama de lo que puede ser la composición - en cuanto a fases cristalinas - normal o "aerosol de fondo", de los cuatro tipos de atmósferas estudiadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda recibida de los técnicos del Observatorio de Radiación Solar: R. Montero, E. Velasco, M. Muñoz, y E. Jiménez de la C., quienes participaron en la calibración y el muestreo, igualmente a la Sra. M. E. Grijalva por su ayuda en la preparación final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Anuario Estadístico de Baja California Sur, 1985. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Anuario Estadístico del Distrito Federal, 1985. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

- Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo, 1987. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Anuario Estadístico del Estado de México, 1986. Tomo II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Atlas Nacional del Medio Físico, 1988. Carta Edafológica. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Burilkov, T. and L. Michailova, 1970. Asbestos Content of the Soil and Endemic Pleural Asbestosis. *Environmental Research*, **3**, 443-451.
- Castellanos, M. A., S. Salazar L., L. B. Gómez, 1989. Aerosol Mineral en Orizabita, Hidalgo (Area Rural). Primer Simposio Internacional de Química Ambiental y III Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. 27-28 de noviembre. F. C. Q. UNAM, México, D. F.
- Castellanos R., M. A., S. Salazar, y L. B. Gómez, 1989. Composición mineralógica del aerosol atmosférico proveniente de atmósferas urbana, suburbana, rural y marítima. IV Congreso Nacional de Química Analítica, Asociación Mexicana de Química Analítica. Zacatecas, Zac.
- Cormack, A. N. and G. D. Price, 1985. Modern Mineralogy, Chemistry in Britain. 377 - 379.
- Jackson, M. L., 1965. Soil Chemical Analysis. Advance Course. Published by Jackson, M. L. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Madison.
- Navrátil, M. and F. Trippé, 1972. Prevalence of pleural calcification in persons exposed to asbestos dust, and in the general population in the same district. *Environmental Research*, **5**, 210-216.
- Rohl, A. N., A. M. Langer, and I. J. Selikoff, 1977. Environmental Asbestos Pollution Related to Use of Quarried Serpentine Rock. *Science*, **196**, 1319-1322.
- Rohl, A. N., A. M. Langer, I. J. Selikoff, A. Fischbein, 1982. Endemic Pleural Disease Associated with Exposure to Mixed Fibrous Dust in Turkey. *Science*, **216**, 518-520.
- Salazar, S., R. M. Castellanos, J. L. Bravo, 1989. Identificación de la fracción mineral del aerosol atmosférico en una zona urbana de la ciudad de México por medio de Difracción y Fluorescencia de Rayos X. *Atmósfera*, **2**, No. 2, 103-110.
- Salazar, S., G. G. Diaz y A. V. Botello, 1990. Determinación de compuestos orgánicos en partículas atmosféricas en la proximidad de la refinería de Azcapotzalco, Cd. de México. V Congreso Nacional de Química Analítica. Tabasco, Tab.
- Sebastien, P., M. A. Billon, G. Dufour, A. Gaudichet, J. Bignon, 1980. Levels of asbestos Air Pollution in Some Environmental Situations. *Annals New York Academy of Sciences*. Vol. 338. 401-415.
- Sistema de Planificación Urbana del Distrito Federal. 1982. Departamento del Distrito Federal.
- Williams R. L. y J. L. Muhlbaier, 1982. Asbestos brake emissions, *Environmental Research*, **29**, 70-82.