



**SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL**

Informe Final

**ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE
PARTÍCULAS COLECTADAS EN MUESTREOS DE PST,
PM10 Y PM2.5 ANALIZADOS EN EL CENICA EN LOS
AÑOS 2000, 2001 Y 2002**

Responsable: Dr. José David Sepúlveda Sánchez

Diciembre de 2003

CONTENIDO

CONTENIDO	2
1. Introducción.....	3
2. Antecedentes.....	4
3. Objetivos.....	4
3.1 Objetivo general	4
3.2 Objetivos específicos.....	5
4. Método y Procedimiento	5
4.1. Datos de muestras e instrumentos	5
4.2. Procedimiento para la Elaboración de la Base de Datos	6
5. Partículas Naturales	7
5.1. DIATOMEAS.....	8
5.2. ESCAMAS DE LEPIDÓPTEROS.....	15
5.3. HONGOS: ESPORAS, MICELIO Y LEVADURAS	20
5.4. ASTILLAS DE MADERA.....	28
5.5. POLEN	30
5.6. SUELO	40
5.7. VOLCÁNICAS ESFEROIDALES	46
6. Partículas Antropogénicas	49
6.1. Grupo A: multiporosas	50
6.2. Grupo B: cristales y agujas.....	59
6.3. Grupo C: redondas homogéneas.....	68
6.4. Grupo D: matriz obscura y nanopartículas brillantes incluidas.....	79
6.5. Grupo E: redondeadas de aspecto acordonado	85
6.6. Grupo F: redondeadas de aspecto grumoso.....	92
6.7. Grupo G: metales.....	99
6.8. Grupo H: agregados de multipartículas	105

PROYECTO: ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS SOBRE PARTICULAS COLECTADAS EN MUESTREOS DE PST, PM10 Y PM2.5 ANALIZADOS EN EL CENICA EN LOS AÑOS 2000, 2001 Y 2002

1. INTRODUCCIÓN

En las grandes ciudades del mundo la contaminación del aire es una constante que representa un gran problema a resolver, uno de los contaminantes frecuentemente presentes son las partículas suspendidas.

El Área Metropolitana de la Ciudad de México es considerada como una de las más contaminadas del mundo y por sus condiciones geográficas, situada en el altiplano central de la República Mexicana a una altitud promedio de 2,240 metros sobre el nivel del mar y cercana al ecuador, condicionan una irradiación solar muy importante, factor que determina la formación de moléculas y agregados macromoleculares, por la reacción de la energía solar con compuestos usados como combustibles y productos de las variadas actividades que aquí se realizan, por una población cercana a los 20 millones de habitantes.

Una proporción importante del territorio ciudadano carece de cubierta vegetal y lo constituyen suelos semierosionados y con gran cantidad de sedimentos debido a sus antecedentes lacustres, con la agravante de que al estar rodeado de cadenas montañosas, no es fácil la dispersión de contaminantes y por lo que se establecen ciclos de sedimentación – resuspensión de muchos de los contaminantes en forma de material particulado.

En el Valle de México, existen en realidad un gran número de fuentes naturales y antropogénicas tanto móviles como de área o estacionarias y como resultado del comportamiento de la atmósfera y la interacción que tenemos con ella, la mayor parte del año, la calidad del aire no es satisfactoria.

Algunos de los contaminantes que más nos preocupan se pueden encontrar en forma de partículas, que suspendidas en la atmósfera, pueden cubrir grandes extensiones y son susceptibles de ser introducidas a nuestro organismo con el aire que respiramos.

Se ha demostrado una relación entre concentraciones elevadas de partículas suspendidas, especialmente las denominadas PM 10 y la aparición y severidad de síntomas en piel y mucosas, especialmente en sistema respiratorio con agravamiento de padecimientos como la bronquitis, asma y enfisema. (Olaiz G, 2000) y (Borja-Aburto et al., 1998)

2. ANTECEDENTES

EL CENICA ha venido realizando diversos estudios con técnicas de investigación de punta desde su creación en 1997 en el área de la calidad del aire de la Cd. de México y su zona conurbada.

A partir del año 2000 el CENICA puso en operación un sistema de microscopía electrónica de barrido y emisión secundaria con una microsonda acoplada para el análisis químico elemental mediante espectrometría de rayos X con el fin de complementar los estudios sobre la calidad del aire, específicamente sobre las partículas suspendidas, desarrollando en los últimos tres años y medio una serie de estudios sobre partículas atmosféricas suspendidas mediante Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis Elemental que permitieron establecer un procedimiento confiable para caracterizar material particulado proveniente de diversos sistemas de muestreo de aire con varios tipos de matrices. Esto nos permitió caracterizar y clasificar partículas suspendidas mediante esta metodología provenientes de regiones distintas de la denominada Zona Metropolitana del Valle de México. (Sepúlveda JD, 2000).

En dichos estudios se pudo apreciar la distribución porcentual entre las partículas mayores y menores a 10 μm , siendo aproximadamente el 50 por ciento de cada uno de estos grupos. Asimismo, en estudios realizados durante el año 2001, en material proveniente de muestreos PM10, se pudieron apreciar las diferencias en las concentraciones de partículas suspendidas en 5 regiones del Valle de México, siendo la región noreste el área más afectada por mayor presencia de partículas consideradas antropogénicas. También se encontró que el mayor número de partículas correspondió a la época seca-fría (Sepúlveda JD, 2001). La metodología usada para la caracterización permitió clasificar las partículas en tres intervalos de tamaño: intervalo I (entre 10.0 y 2.6 μm), intervalo II (entre 2.5 y 1.1 μm) e intervalo III (de 1 μm y menores), para facilitar el manejo de la nomenclatura (Sepúlveda JD, 2002). En este mismo trabajo se propuso una clasificación para las partículas antropogénicas.

Por otra parte, se pudo comprobar la utilidad de esta metodología para caracterizar las partículas más pequeñas obtenidas en muestreos para la fracción PM2.5 debido al gran poder resolutivo que nos brinda el microscopio electrónico (Sepúlveda JD, 2003).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Crear una base de datos que sea de utilidad para la elaboración de un catálogo de partículas características.

3.2 Objetivos específicos

- Sistematizar el acervo de imágenes de microscopía electrónica de partículas de los años 2000, 2001, 2002 y 2003.
- Agrupar e identificar en la medida de lo posible las partículas presuntamente naturales, biológicas e inertes.
- Agrupar e identificar en la medida de lo posible las partículas presuntamente antropogénicas, en base a su morfología y la presencia en su composición de marcadores de combustión y otros marcadores antropogénicos.

4. MÉTODO Y PROCEDIMIENTO

4.1. Datos de muestras e instrumentos

Se seleccionaron 304 imágenes de gran calidad provenientes de los archivos electrónicos del Laboratorio de Microscopía Electrónica del CENICA correspondientes a los años 2000, 2001, 2002 y 2003. Los filtros de donde se obtuvieron las partículas involucradas en el presente estudio proceden de muestreos de alto volumen de estaciones de monitoreo de la RAMA y de la estación de monitoreo del CENICA en sus instalaciones, realizadas con equipo de la marca Andersen con filtros de fibra de cuarzo de 8x10 pulgadas y operando a un flujo de 1.13 m³/min. También fueron usadas muestras provenientes de muestreadores portátiles de bajo flujo (MPBV, Air metrics, modelo minivol) con filtros tanto de microfibra de cuarzo, como de membrana de teflón, durante diversos programas de muestreo durante los años 2000, 2001 y 2002.

Para obtener las imágenes se utilizó un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-5900LV y una sonda de microespectrometría por energía dispersiva de rayos X (EDS) marca Oxford, acoplada al sistema de microscopía.

Para la selección de imágenes, se tomó en cuenta la calidad de los detalles morfológicos (forma, tamaño, aspecto y textura), y además que las partículas hubieran sido analizadas con el espectrómetro de energías dispersivas de rayos X para determinar su composición química elemental.

Las partículas se agruparon en:

- a) Naturales y
- b) Antropogénicas

Y en una segunda fase se hicieron subgrupos para clasificar las partículas de acuerdo a su origen probable, tomando en cuenta su frecuencia de aparición.

Las partículas naturales fueron clasificadas como:

- 1) diatomeas
- 2) escamas de lepidópteros
- 3) hongos: esporas, micelio y levaduras
- 4) astillas de madera
- 5) polen
- 6) suelo
- 7) volcánicas esferoidales

Por lo que se refiere a las partículas presumiblemente antropogénicas, se clasificaron relacionando su composición química y características morfológicas en 8 subgrupos básicos:

- A) multiporosas
- B) cristales y agujas
- C) redondas homogéneas
- D) matriz oscura y nanopartículas brillantes
- E) redondeadas de aspecto acordonado
- F) redondeadas de aspecto grumoso
- G) metales
- H) agregados de multipartículas

Cabe aclarar que el agrupamiento de las partículas antropogénicas corresponde a una propuesta de un estudio previo.

4.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Las imágenes seleccionadas se organizaron en un formato de tablas, en las que se incluyeron, las características morfológicas, su composición química elemental y las regiones de ocurrencia en las que fueron captadas. Los archivos magnéticos de microfotografías específicas están bajo disposición de la Dirección General del CENICA para su integración en una publicación de esta institución.

5. PARTÍCULAS NATURALES

5.1. DIATOMEAS

Las diatomeas son microalgas, en su mayoría unicelulares, que pertenecen a la División *Bacillariophyta*. Algunos autores las asocian con las algas de la División *Heterocontophyta*, que considera a varios grupos de algas que tienen clorofila C e impregnaciones de Silicio en sus paredes.

Las diatomeas son organismos que viven asociados a cuerpos de agua, ya sea dulce, salobre o marina. Se les denomina dulceacuícolas a las que se desarrollan en agua dulce, y principalmente predominan las denominadas diatomeas *Pennadas*. Existen además otro tipo denominadas *Fragillariophyceae*, que pueden distribuirse tanto en agua dulce como salobre o marina. Varios tipos son planctónicas, y viven suspendidas en la columna de agua relacionada al plancton, pero también pueden ser epifitas y, por lo tanto, crecer y cubrir prácticamente cualquier tipo de superficie. También existen especies simbiotes e incluso parásitas.

La mayoría de las diatomeas se nutre a través de los productos de su fotosíntesis, debido a la actividad de las clorofilas a y c, que permite la transformación de la energía luminosa en sustancias químicas, y poseen también un caroteno llamado fucoxantina, que les confiere su característica coloración amarillo-dorada. Su tamaño puede variar de 2 μm hasta cerca de 1 mm, y lo más característico en ellas son sus paredes silíceas conformadas por dos partes o valvas correspondientes, denominadas en conjunto frústulas. Además del Silicio constituyendo Cuarzita o Sílice amorfo hidratado, puede contener pequeñas cantidades de Aluminio, Magnesio, Hierro y Titanio. La proporción de elementos en algunos tipos de diatomeas puede ser, por ejemplo: 96.5% de SiO_2 y el resto de AlO_3 ó FeO_3 .

Las frústulas constituyen hasta el 50% del peso seco y pueden presentar perforaciones o procesos dispuestos en un patrón particular para cada especie, lo que sirve de base para su clasificación. En condiciones especiales pueden conservarse prácticamente intactas por largos periodos, aún después de la muerte del organismo, y su acumulación en crecimientos excesivos de diatomeas en los cuerpos de agua, pueden formar importantes sedimentos fósiles conocidos como tierra de diatomita. De manera individual pueden ser fácilmente transportadas por corrientes de aire o de agua, y por su comportamiento aerodinámico, penetrar en el tracto respiratorio de animales y personas.

5.1) DIATOMEAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: huso Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: fragmento Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: fragmentos Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: alargada Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: fragmento lado derecho Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: toroide Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: fragmento Aspecto: enrejado	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: fragmento Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: huso Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: fragmento Aspecto: placas multiperforadas	Silicio (alto contenido) Oxígeno(alto contenido) Aluminio (escasa cantidad) Hierro (escasa cantidad)	Todas las regiones del Valle de México

5.2. ESCAMAS DE LEPIDÓPTEROS

Uno de los tipos de partículas más comúnmente encontrados en los muestreos de partículas suspendidas, son las escamas de las polillas o mariposas (lepidópteros), especialmente cuando se realizan para coleccionar partículas suspendidas totales, aunque también se pueden encontrar en muestreos para la fracción PM 10. Debido a las características aerodinámicas de las escamas, éstas pueden viajar como si fueran partículas muy pequeñas, por su forma de delicadas plumas.

El término lepidóptero deriva del griego *pepis*, *lepides*, escama, y *pteros*, ala, ya que, en efecto, la superficie de las alas de estos insectos se encuentra cubierta de pequeñas escamas semejantes a un fino polvo, las cuales determinan sus colores y tonalidades debido a fenómenos de refracción y reflexión de la luz, que incide sobre ellas. El tamaño de las escamas y su forma varía de acuerdo a las diferentes especies, y sus dimensiones pueden ser desde unos cuantos micrómetros en su parte más angosta (1 a 3 μm) hasta 30, 40 ó más de 100 μm en su eje longitudinal. Las diferentes formas tienen, todas ellas, un comportamiento parecido a pequeños proyectiles que les permite introducirse en orificios muy pequeños.

La presencia de las escamas en el aire puede variar en concentración en las diferentes épocas del año, relacionándose con los momentos en que las polillas se encuentren volando en mayor cantidad, y aunque la mayoría sólo vive de 10 a 20 días, sus alas y escamas, constituidas por un material resistente llamado quitina, pueden seguir descamando, aún ya muertas. Muchas especies de mariposas viven localmente, pero existen ejemplos, como las mariposas monarca, que pueden migrar de manera cíclica desde el norte del continente hasta nuestro país, y teniendo una vida de hasta 6 meses, pueden extender sus áreas de influencia de manera muy amplia. A pesar de considerarseles frágiles, presentan la suficiente resistencia para vivir casi en cualquier lugar del planeta, a condición de la existencia de alimento y sitios dónde posarse.

Por estas razones, en cualquier región del Valle de México, se puede encontrar como uno de los componentes particulados, las escamas de quitina. Es importante señalar también que en sus ciclos de vida, tanto las mariposas diurnas como nocturnas, se alimentan de néctar, polen, y otros alimentos como frutas y residuos vegetales y animales en descomposición. Al adherirse a su cuerpo y escamas partículas de dichos alimentos, éstas pueden ser transportadas a todos los sitios a donde las mariposas vayan. Por esta razón es frecuente encontrar en las escamas otras partículas adheridas que pudiera ser importante considerarlas.

5.2) ESCAMAS DE LEPIDÓPTEROS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: pluma Aspecto: reticular	Principalmente: Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

5.3. HONGOS: ESPORAS, MICELIO Y LEVADURAS

Los hongos constituyen un reino de 2 *phyla*: los mohos y los hongos verdaderos. Son organismos heterótrofos y casi todos tienen cuerpos filamentosos cuyos elementos individuales, llamados hifas, crecen como una masa entrelazada denominada micelio. Muchos hongos, para su reproducción y dispersión, forman unas estructuras resistentes llamadas esporas. Una spora se puede definir como una célula reproductiva producida por las plantas (hongos, musgos, helechos) y por algunos protozoarios y bacterias. Las esporas de los hongos pueden presentar diferentes formas.

Las esporas se forman sobre o dentro de estructuras especiales que se proyectan sobre el micelio. Dichas estructuras permiten que las esporas se dispersen por medio de la acción del viento o del agua. Las esporas haploides asexuales se producen por divisiones mitóticas de sus células haploides. En hábitats favorables, las esporas asexuales inician las divisiones mitóticas que producen un nuevo micelio haploide. La capacidad reproductora de los hongos es prodigiosa; existen ejemplos de hongos que pueden contener hasta 5 millones de esporas sexuales.

La presencia de las esporas de los hongos en el aire se ha relacionado con reacciones alérgicas, las cuales, a diferencia del polen, están presentes durante todo el año, con un incremento durante el otoño. Asimismo, se ha observado que el nivel medio de exposición es mayor dentro de los hogares. Estas esporas son las responsables de la intensificación de la gravedad de estos cuadros alérgicos. Es probable que el tamaño de las esporas de los hongos les permita llegar hasta las vías respiratorias menores. Las especies más comunes de hongos que pueden provocar alergia a través de sus esporas son *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor*.

Dentro del grupo de hongos tipo saco (División *Ascomycota*) se pueden encontrar las formas llamadas levaduras, que constituyen uno de los pocos ejemplos de hongos unicelulares, las cuales, en situaciones de escasez de nutrientes, pueden formar hifas para alcanzar las fuentes de alimento. Es frecuente encontrar las formas unicelulares como partículas aéreas en los muestreos de partículas suspendidas.

5.3) HONGOS: ESPORAS, MICELIO Y LEVADURAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Mayor a 10 µm</p> <p>Forma: irregular</p> <p>Aspecto: conglomerado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Espora</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: segmentada</p> <p>Aspecto: espinoso</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p> <p>Cobre (escaso contenido)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Micelio</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: cilíndrica alargada</p> <p>Aspecto: uniforme septado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Micelio</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovillo</p> <p>Aspecto: uniforme septado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Micelio</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: cilíndrica alargada</p> <p>Aspecto: uniforme septado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Micelio</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: cilíndrica alargada</p> <p>Aspecto: uniforme septado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Micelio</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: cilíndrica alargada</p> <p>Aspecto: uniforme septado</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Mayor a 10 µm</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Mayor a 10 µm</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo II</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Levadura</p> <p>Tamaño: Intervalo I</p> <p>Forma: ovoide</p> <p>Aspecto: homogéneo con cicatrices de gemación</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>
<p>Protozooario</p> <p>Tamaño: Mayor a 10 µm</p> <p>Forma: saco alargado</p> <p>Aspecto: homogéneo transparente</p>	<p>Carbono</p> <p>Oxígeno</p> <p>Azufre (escasa cantidad)</p>	<p>Todas las regiones del Valle de México</p>

5.4. ASTILLAS DE MADERA

La destrucción de los troncos de los árboles frecuentemente puede llegar hasta la casi pulverización de su materia, originándose la formación de pequeñas astillas, que por su escaso peso y sus formas alargadas, fácilmente pueden suspenderse en el aire durante periodos de actividad eólica significativa.

Las microastillas de madera no representan uno de los contaminantes más comunes. Sin embargo, se les puede encontrar asociadas a actividades de tala o remoción de los árboles del entorno urbano, o bien, como parte de los productos que se generan en las madererías y carpinterías del Valle de México.

5.4) ASTILLAS DE MADERA

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: astillas	Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: astillas	Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: astillas	Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

5.5. POLEN

Los granos de polen son las células sexuales masculinas de las plantas con flores. Se forman en el interior de los estambres y, una vez maduros, son liberados. Su función biológica es alcanzar la parte femenina de una flor de su misma especie y hacer posible la fecundación de la ovocélula. En algunas especies, el polen puede realizar su función en la misma flor o en la misma planta que lo ha formado, pero en la gran mayoría de las especies, el polen sólo resulta viable si alcanza una ovocélula de otra planta de su misma especie. La polinización, o sea, el traslado del polen desde el órgano donde se ha formado hasta la parte femenina de la flor, puede efectuarse de maneras diversas, las cuales son características para cada especie. La polinización se lleva a cabo por anemofilia, con el viento como medio de arrastre y diseminación de los granos de polen, y por entomofilia, cuando la polinización corre a cargo de insectos (abejas, mariposas, escarabajos, etc.) El proceso de la polinización requiere que los pólenes sean células especialmente resistentes, ya que se ven sometidos a condiciones ambientales adversas que podrían provocar el colapso y desecación de los componentes celulares, alterándolos y haciendo el polen inviable. Como adaptación a ello, los pólenes están recubiertos por una pared de notable resistencia llamada exina. Está constituida por uno de los materiales más inalterables de la naturaleza, la esporopolenina, la cual es muy resistente a ácidos y bases y no se ve afectado por las variaciones térmicas habituales en la naturaleza.

Como cualquier célula, los pólenes se caracterizan por su tamaño y su forma. Pero en el caso de los granos de polen, hay otras características que los describen, como son la estructura de su exina, así como el tipo, número y disposición de aberturas en la superficie del grano. El conjunto de las características de un polen es constante para cada planta y hace posible identificar con más o menos precisión de qué taxón procede el polen. Es necesario el uso de la palabra taxón (que designa cualquier unidad de determinación dentro de un sistema jerárquico de categorías) porque no siempre puede identificarse de qué especie procede el polen; en bastantes casos la precisión llega sólo al nivel de género (es decir, a un grupo de especies), familia (es decir, a un grupo de géneros), o incluso a un grupo de familias o categorías superiores.

Todas las plantas que florecen producen granos de polen, cuyas formas distintivas pueden ser usadas para identificar el tipo de planta del cual provienen. Debido a que los granos de polen suelen estar bien preservados en las capas de sedimentos que se forman en el fondo de una laguna, lago u océano, un análisis de dichos granos en cada capa nos dice qué clase de plantas crecía en el tiempo en que el sedimento fue depositado, lo cual nos permite hacer inferencias sobre el clima basándose en los tipos de plantas encontradas en cada capa. Asimismo, estos pólenes nos dan información importante acerca de la naturaleza de los sedimentos, por ejemplo si se trata de depósitos marinos o continentales.

5.5) POLEN

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: saco alargado Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: ovoide Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: elipsoidal Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: saco corto Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: esférica Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: ovoide Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: esponjoso	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: ornamentado	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: esponjoso	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: ovoide Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: saco alargado Aspecto: uniforme segmentado	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: esferoidal Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: ovoide Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: esponjoso	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: esponjoso	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: saco corto Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: poliédrica Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: saco alargado Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: saco alargado Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: esférica Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: redondeada Aspecto: uniforme con ornamentaciones	Carbono Oxígeno Azufre Fósforo	Todas las regiones del Valle de México

5.6. SUELO

Resulta de suma importancia el conocimiento de la química y mineralogía del suelo, el cual se ha visto afectado constantemente por fenómenos de degradación y contaminación. La caracterización de la composición tanto de la arena como del limo (fracciones gruesas del suelo), aporta una información valiosa acerca del proceso de formación de los suelos, así como de su fertilidad potencial. Se ha llevado a cabo la reconstrucción paleoambiental a partir de la mineralogía, basándose en el registro de sedimentos de yacimientos fosilíferos y fluviales. Asimismo, se ha obtenido información acerca del cambio climático a partir del análisis de fitolitos, diatomeas y biominerales.

La mayor reserva de carbono orgánico del planeta lo constituye el humus, e incluye materiales biosintéticos alterados y macromoléculas de nueva formación, que se presentan en gran parte en forma de productos coloidales de estructura muy compleja, ampliamente distribuidos tanto en los suelos como en los recursos orgánicos fósiles. El suelo es uno de los medios naturales donde se realizan procesos bióticos y muchas actividades humanas. Los suelos son formados por materiales orgánicos y minerales que constituyen la delgada capa de la corteza terrestre. Como base de todos los ecosistemas terrestres, los suelos se producen por la combinación de varios factores ambientales: geológicos, fisiográficos, climáticos y biológicos. La interacción de estos factores ha determinado la gran variedad de suelos que existen en México -23 de las 25 grandes categorías reconocidas en el mundo- los cuales se distribuyen en montañas, planicies, marismas, islas y zonas costeras.

En el D.F. el uso del suelo se ha ordenado en territorios de conservación, clasificadas en áreas urbanas, forestales, para agricultura y pastizales. En la región surponiente del D.F. se encuentran las principales serranías y áreas boscosas de la ZMCM. Actualmente, algunas de estas áreas siguen conservando sus características naturales y su tradicional sistema de producción agropecuaria. Las delegaciones ubicadas en la zona centro y norte son esencialmente espacios urbanos donde los procesos productivos son más intensos. Desgraciadamente, ha habido un crecimiento no planificado de los asentamientos humanos. Ampliación de la frontera agrícola en suelos con vegetación de bosques y selva, incremento de la ganadería, explotación forestal no regulada y clandestina, así como obras de infraestructura diversa. Al quedar desprotegidos sin su cubierta vegetal, los suelos se ven expuestos a la erosión hídrica y eólica en grados diversos.

Esta erosión eólica es una importante manifestación de impacto ambiental ocasionada por el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo. Se presenta principalmente en zonas áridas y semiáridas, aunque también en zonas donde la vegetación es escasa o nula durante la estación seca, así como en terrenos con agricultura temporal. Muchas de las tolvaneras que sufre la Cd. de México se deben a esta situación.

5.6) SUELO

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 µm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor a 10 μm Forma: irregular Aspecto: heterogéneo	Carbono Oxígeno Aluminio Hierro Silicio Magnesio	Todas las regiones del Valle de México

5.7. VOLCÁNICAS ESFEROIDALES

La principal fuente de emisiones volcánicas es el Popocatepetl, que se encuentra en un episodio de actividad a partir de 1993, con un incremento en las fumarolas y un moderado aumento en la sismicidad. En octubre de 1994 se presentó un incremento mayor en la sismicidad y el 21 de diciembre de 1994 el volcán emitió ceniza por primera vez en 75 años. La actividad de emisión de ceniza aumentó después del día 21, al igual que la sismicidad, que incluyó tremores armónicos considerados como señales peligrosas indicadoras de desplazamientos de magma. Horas después, esa actividad llegó a un máximo y se estabilizó por varios días. Posteriormente, en las primeras semanas de 1995, las emisiones de ceniza se hicieron esporádicas, dándoles el nombre de exhalaciones. En opinión de algunos científicos, dichos signos corresponden a un comportamiento preocupante, ya que desde febrero de 1994, antes de la primera erupción, ya habían sido detectadas 1,200 toneladas de dióxido de azufre (SO₂) en las emanaciones del volcán, lo que puede considerarse como una manifestación de reactivación asociada a un riesgo significativo de actividad magmática.

A partir de esa fecha y hasta el momento, en el Valle de México se resiente la presencia de las partículas volcánicas provenientes del Popocatepetl y en algunas ocasiones, como resultado de la actividad de los vientos, ha llegado a producir una lluvia de ceniza sobre amplias áreas, depositándose en gran cantidad en suelos y estructuras de las casas y automóviles.

Al parecer, los componentes particulados pueden ser de dos tipos: partículas irregulares de tamaños muy variados, y partículas esféricas de 50 a 100 μm . La característica de estas últimas es mostrar en su composición química elemental, además de Carbono y Azufre, gran cantidad de Sílice u Óxido de Silicio.

5.7) VOLCÁNICAS ESFEROIDALES

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esferoidal Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esferoidal Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esferoidal Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esférica Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esférica Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esférica Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Mayor a 30 μm Forma: esférica Aspecto: multiporoso	Carbono Oxígeno Azufre Silicio	Regiones Noreste, Sureste, Centro y Suroeste del Valle de México

6. PARTÍCULAS ANTROPOGÉNICAS

6.1. GRUPO A: MULTIPOROSAS

Estas partículas encontradas en todas las regiones del Valle de México representan un componente muy frecuente de los muestreos PM10 y PST. Su tamaño corresponde al intervalo I (de 10 a 2.6 μm) y también mayores de 10 μm . Los poros que poseen representan la presencia de gases en el interior de las partículas durante su formación, y éstos pueden variar de tamaño, pero son principalmente poros grandes. El análisis espectrométrico muestra en ellas siempre la presencia de Carbono, Oxígeno, Azufre y Vanadio, y pueden también mostrar cantidades mínimas y variadas de otros elementos.

Se les ha relacionado con los fenómenos de combustión de hidrocarburos fósiles, principalmente de los llamados pesados, como el diesel y el combustóleo. En la áreas citadinas, se piensa que son originadas por los motores de combustión interna a diesel o por motores de las plantas de generación de electricidad.

6.1) GRUPO A – MULTIPOROSAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: multiporoso	Principalmente: Carbono Oxígeno Azufre Vanadio	Todas las regiones del Valle de México

6.2. GRUPO B: CRISTALES Y AGUJAS

En este grupo se engloban partículas del intervalo I que en conjunto presentan formas irregulares de agregados de cristales y agujas. Puede ser cuestionado el origen de los mismos porque en la naturaleza, en suelos y sedimentos, es posible encontrar formaciones similares. Sin embargo, el hecho de encontrar morfologías muy características de elementos como las agujas de Azufre, fue utilizado como criterio para tentativamente agruparlas como antropogénicas. Al análisis espectrométrico se pueden apreciar elementos como el Carbono y el Oxígeno, y siempre un alto contenido de Azufre y Calcio. Se encontraron en las regiones noreste, sureste, noroeste y suroeste de los muestreos involucrados en este estudio.

6.2) GRUPO B - CRISTALES Y AGUJAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: cristal	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: irregular Aspecto: cristal	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: irregular Aspecto: cristal	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: barras, cristales y agujas	Principalmente: Silicio (alto contenido) Calcio (alto contenido) Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: cuboidal Aspecto: cristal	Principalmente: Sodio Potasio Calcio Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: placa Aspecto: cristal	Principalmente: Sodio Potasio Calcio Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: cuboidal Aspecto: cristal	Principalmente: Sodio Potasio Calcio Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: placa Aspecto: cristal	Principalmente: Sodio Potasio Calcio Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: cuboidal Aspecto: cristal	Principalmente: Sodio Potasio Calcio Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo III Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Principalmente: Azufre (alto contenido) Calcio (alto contenido) Carbono Oxígeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: cristales y agujas	Plata (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Todas las regiones del Valle de México

6.3. GRUPO C: REDONDAS HOMOGÉNEAS

En este catálogo hemos agrupado todas las partículas muy redondeadas, de aspecto homogéneo, claras y oscuras, correspondientes a los 3 intervalos de tamaño. Cabe mencionar que aquellas partículas de los intervalos I y II, oscuras, homogéneas, presentan principalmente un alto contenido de Carbono, con menor cantidad de Oxígeno y escasa proporción de otros marcadores antropogénicos, mientras que aquellas de aspecto homogéneo y muy claras, con aspecto algo brillante en la modalidad de observación de electrones retrodispersos, y de los 3 intervalos de tamaño, además de Carbono y Oxígeno, muestran un alto contenido de Aluminio, Fósforo, Silicio y Calcio y, eventualmente, escasa cantidad de Hierro y Cobre.

Este grupo de partículas está relacionada con actividades de tipo industrial, y fueron encontradas en los filtros provenientes de las regiones noreste y noroeste, y en menor cantidad, pero significativamente, en las regiones sureste y suroeste.

6.3) GRUPO C – REDONDAS HOMOGÉNEAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo III Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo III Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo III Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: muy redondeada Aspecto: homogéneo	Carbono y Oxígeno, Aluminio, Silicio, Fósforo y Calcio, y escasa presencia de Hierro y Cobre.	Regiones Noreste, Sureste y Noroeste del Valle de México

6.4. GRUPO D: MATRIZ OSCURA Y NANOPARTÍCULAS BRILLANTES INCLUIDAS

Estas partículas de forma redondeada y de tamaños correspondientes a los intervalos I y II, fueron encontradas en muestras provenientes de las regiones noreste, noroeste, sureste y suroeste. La matriz oscura es fundamentalmente Carbono y Oxígeno, y las nanopartículas muy brillantes, especialmente en el modo de observación de electrones retrodispersos, corresponden a metales del tipo del Titanio, y en algunos casos, se puede evidenciar también Cromo y/o Plomo, y en mucha menor cantidad, elementos como Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario y Azufre. Sin embargo, lo más frecuente es encontrar partículas con alto contenido de Titanio en prácticamente todas las regiones involucradas.

6.4) GRUPO D – MATRIZ OSCURA Y NANOPARTÍCULAS BRILLANTES

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: de matriz oscura y nanopartículas muy brillantes en su interior	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Titanio (alto contenido) Silicio, Aluminio, Cobre, Sodio, Magnesio, Bario, Azufre	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

6.5. GRUPO E: REDONDEADAS DE ASPECTO ACORDONADO

Las partículas pertenecientes a este grupo resultaron ser principalmente del intervalo I de tamaño, pero también se encontraron algunas más pequeñas correspondientes al intervalo II, y fueron apreciadas en las regiones noreste, noroeste y suroeste, así como también en las muestras colectadas en el sitio de monitoreo CENICA que corresponde al sureste.

El análisis espectrométrico muestra principalmente un contenido muy alto de Hierro y Oxígeno, y eventualmente, agregados definidos como partículas más pequeñas incluidas de metales como el Manganeso. Sin embargo, la mayoría tiene sólo Hierro y Oxígeno. Su aspecto puede variar desde aquellas partículas que muestran surcos muy profundos, hasta algunas en donde, al parecer, por erosión, se ha hecho casi lisa la superficie.

6.5) GRUPO E – REDONDEADAS DE ASPECTO ACORDONADO

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: redondeada Aspecto: acordonado	Principalmente: Hierro (alto contenido) Oxígeno (alto contenido)	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

6.6. GRUPO F: REDONDEADAS DE ASPECTO GRUMOSO

En este grupo asociamos un número significativo de partículas redondeadas que característicamente muestran una superficie irregular frecuentemente de aspecto grumoso. El tamaño de las mismas es, en su mayoría, correspondiente al intervalo I (10 a 2.6 μm), pero también pueden encontrarse de tamaño mayor. El estudio espectrométrico nos muestra un alto contenido de Carbono y Oxígeno, con presencia escasa de silicio, azufre, molibdeno, manganeso, aluminio y calcio. Este tipo de partículas fue observado principalmente en muestras provenientes de la región noreste del Valle de México.

6.6) GRUPO F - REDONDEADAS DE ASPECTO GRUMOSO

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Mayor de 10 μm Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: redondeada Aspecto: grumoso	Carbono (alto contenido) Oxígeno (alto contenido) Presencia escasa de otros marcadores antropogénicos, como Azufre y Bromo	Región Noreste del Valle de México

6.7. GRUPO G: METALES

En este grupo hemos considerado partículas de forma variada que pueden ser ovoides y semiredondas y correspondientes a los Intervalos II y III principalmente y, eventualmente algunas mayores que corresponderían al intervalo I.

Al estudiarlas en el microscopio electrónico en la modalidad de observación con electrones retrodispersos, de manera muy significativa muestran una imagen muy brillante, y en el análisis espectrométrico denotan principalmente la presencia de metales como hierro, cobre y, ocasionalmente, plomo. Se les puede encontrar en prácticamente todas las regiones del Valle de México.

6.7) GRUPO G - METALES

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo III Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo III Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo I Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Intervalo III Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México
Tamaño: Intervalo II Forma: variada Aspecto: muy brillante	Principalmente: Hierro (alto contenido) Cobre (alto contenido) Carbono Oxígeno	Regiones Noreste, Sureste, Noroeste y Suroeste del Valle de México

6.8. GRUPO H: AGREGADOS DE MULTIPARTÍCULAS

Como integrantes de este grupo se consideraron agregados de múltiples partículas de dimensiones nanométricas en número muy elevado, las cuales se pudieron apreciar en tres disposiciones diferentes: 1) agregados muy laxos y extendidos, 2) agregados semicompactos, y 3) agregados intermedios. Fueron observadas en todas las estaciones de monitoreo del Valle de México, y en el análisis espectrométrico mostró una composición química elemental con la presencia principalmente de Carbono, Oxígeno, Silicio y Molibdeno. Se les relaciona con la combustión de hidrocarburos en vehículos automotores.

6.8) GRUPO H - AGREGADOS DE MULTIPARTÍCULAS

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México

Características morfológicas	Composición química	Regiones de ocurrencia
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México
Tamaño: Variable Forma: irregular Aspecto: agregados de múltiples nanopartículas	Principalmente: Carbono Oxígeno Silicio Molibdeno	Todas las regiones del Valle de México