

# **Caracterización y análisis de la ceniza del volcán Popocatepetl**

Almanza Hernández Fernando\*, Rangel Núñez José Luis, González Díaz Francisco, Garfias García Elizabeth, Olgún López Bary Sarahy

Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Materiales. Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México. C.P. 02200. México.

\*Autor para correspondencia: fah@correo.azc.uam.mx

## **Recibido:**

19/junio/2017

## **Aceptado:**

25/octubre/2017

## **Palabras clave**

Ceniza Volcánica, MEB,  
Popocatepetl

## **Keywords**

Volcanic ash, MEB,  
Popocatepetl

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se lleva a cabo la caracterización de la ceniza volcánica recolectada en el municipio de Amecameca de Juárez en el estado de México, proveniente de la erupción explosiva del volcán Popocatepetl del 17 de junio del 2013. Por microscopía electrónica de barrido (MEB) se observaron partículas sólidas vítreas y pumíticas con ligeras vesículas. Por difracción de rayos x en polvo (DRX) la muestra presenta abundante silicio y óxido de aluminio con pH de 6.0, gravedad específica de 2.85, el tamaño predominante es del orden de 0.02 a 0.002 mm correspondiente al 49% en peso de la muestra analizada. Por espectrometría de energía dispersiva (EDS) los elementos químicos encontrados fueron: Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na y K

## **ABSTRACT**

The characterization of the volcanic ash collected in the municipality of Amecameca de Juárez in the state of Mexico, from the explosive eruption of the Popocatepetl volcano of June 17, 2013, is carried out. By scanning electron microscopy (SEM) Vitreous and pumitic solid particles were observed with light vesicles. By X-ray powder diffraction (XRD) the sample has abundant silicon and aluminum oxide with a pH of 6.0, specific gravity of 2.85, the predominant size is of the order of 0.02 to 0.002 mm corresponding to 49% by weight of the analyzed sample. By dispersive energy spectrometry (EDS) the chemical elements were: Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na and K,

## Introducción

El volcán Popocatepetl por su origen náhuatl significa “montaña que humea”, también conocido como “Don Goyo” o simplemente como “el Popo”. Descansa al sur de la Ciudad de México sobre los estados de Puebla, Morelos y el Estado de México (Figura 1), la cima del volcán se localiza en las coordenadas geográficas 19° 02' N, 98° 62' W.



**Figura 1.** Localización del volcán Popocatepetl. (Tomado de google.com.mx, 2017).

El volcán Popocatepetl es el segundo volcán más alto de México (Suárez, 1995), alcanzando una elevación sobre el nivel del mar de 5,545 m, el primero lo ocupa el Pico de Orizaba o Citlaltépetl con una elevación de 5,747 m y el tercero el Iztaccíhuatl, con quien está unido por la parte norte mediante el paso montañoso conocido como Paso de Cortés, con una elevación de 5,286 m

En diciembre de 1994, después de setenta años de inactividad, se ha presentado un incremento en su actividad que hoy en día prevalecen, teniendo etapas efusivas y explosivas asociadas al crecimiento y destrucción de domos de lava en el interior del cráter, provocando una importante emisión de ceniza volcánica que han alcanzado las ciudades de Puebla, México e inclusive poblaciones más distantes como Querétaro y Veracruz debido a los efectos de los vientos dominantes en la zona (Espinosa, 2012).

La ceniza volcánica es una composición de partículas de roca y minerales muy finas de menos de 2 milímetros de diámetro, constituidas por vidrios volcánicos, fragmentos líticos y fenocristales (Wada, 1977).

El 17 de junio del 2013 el volcán presentó una erupción explosiva que generó una columna eruptiva de ceniza de más de 4 km de altura, lanzando fragmentos incandescentes a distancias de hasta 2 km del cráter, las

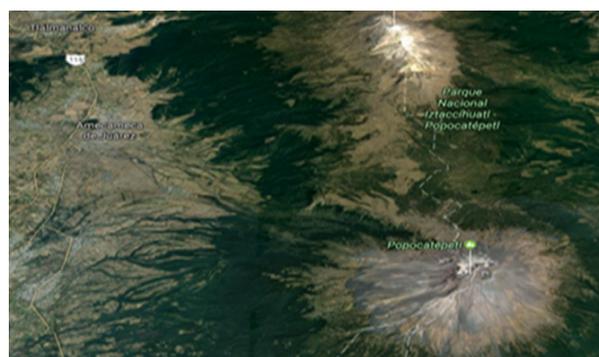
cenizas fueron llevadas hacia el noroeste por los vientos predominantes con caída de ceniza en las poblaciones cercanas a la zona (Reporte, 2013).

En este trabajo se realizó un estudio de caracterización morfológica, química y mineralógica de la ceniza volcánica emitida por la erupción del volcán Popocatepetl el 17 de junio del 2013, utilizando las técnicas de Difracción de Rayos X en polvo (DRX), Espectrometría de Energía Dispersiva (EDS), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y determinación del diámetro de partículas menores a 0.074 mm por el método de Hidrómetro.



**Figura 2.** Columna eruptiva del volcán Popocatepetl (Tomada de cenapred.gob.mx/popo/2013/jun/p0617136).

La recolección de la muestra correspondiente al material volcánico proveniente de la erupción del volcán Popocatepetl en los días posteriores al 17 de junio del 2013, se realizó en el municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México, situado a 30 km aproximadamente del volcán (Figura 3).



**Figura 3.** Localización del Municipio de Amecameca de Juárez, Edo. de México. (Tomado de google.com.mx, 2017).

## Metodología

La ceniza volcánica analizada proviene del material expulsado del cráter en la erupción explosiva del 13 de junio del 2013 del volcán Popocatepetl.

El material recolectado se secó a una temperatura de 105 °C en horno de temperatura controlada por 16 horas, para posteriormente cribarla por la malla # 200 (0.074 mm); del material fino obtenido se separó en porciones representativas para determinar el diámetro de las partículas finas por el método de hidrómetro y obtener el porcentaje de limos y arcillas existentes, el material restante se separó para el estudio de Microscopía Electrónica de barrido (MEB), Espectrometría de Energía Dispersiva (EDS) y Difracción de Rayos X en Polvo. Adicionalmente se determinó la Gravedad Específica y determinación de pH en H<sub>2</sub>O de una pequeña muestra secada a la intemperie.

En la figura 4 se esquematiza el procedimiento experimental utilizado para el estudio de la ceniza volcánica.



**Figura 4.** Metodología Experimental.

El estudio de la morfología y análisis semicuantitativo, por Espectrometría de Energía Dispersiva (EDS) de la muestra sólida de ceniza volcánica se realizó utilizando el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) SUPRA 55Vp, ZEISS (Figura 4). Con distancia focal variable de 4.4 a 5 mm con diferencia de potencial de voltaje bajo de 1 kV y 2 Kv para lograr imágenes en alta resolución en muestras no conductoras sin recubrimiento.



**Figura 5.** Microscopio Electrónico de Barrido SUPRA 55VP.

Para el análisis de Espectrometría de Energía Dispersa (EDS) la muestra se colocó a una distancia focal de 8.5 mm con una diferencia de potencial de voltaje de 20 kV.

En la determinación de las fases minerales presentes en la muestra se empleó un Difractómetro marca PHILIPS Xpert Pro, configurado para polvos.

La propiedad física de la ceniza volcánica se procedió en lo indicado en las normas que se hace referencia, pH (ASTM D4972-13), Gravedad específica (ASTM D854-00) y análisis granulométrico por medio del Hidrómetro (ASTM D422-63).

## Resultados y discusión

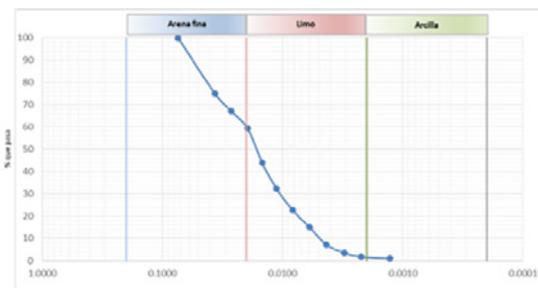
### Propiedades Físicas

En la tabla 1 se presenta los resultados de las pruebas realizadas de la Gravedad Específica, pH en H<sub>2</sub>O y Diámetro de partículas finas.

**Tabla 1.** Propiedades Físicas de la ceniza del volcán Popocatepetl.

Gravedad Específica	pH en H <sub>2</sub> O	Partículas Finas (%)		
		Arena fina 0.2-0.02 mm	Limo 0.02-0.002 mm	Arcilla 0.002-0.0002 mm
2.85	6	40	59	1

La figura 6 muestra la gráfica granulométrica por el método de Hidrómetro de la fracción fina que paso la malla # 200.

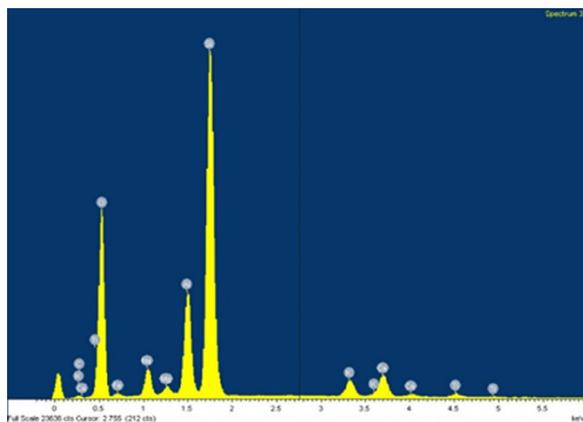


**Figura 6.** Granulometría de ceniza del volcán Popocatepetl menor a 0.074 mm.

### Espectrometría de Energía Dispersiva (EDS)

El Sistema de Espectrometría de Energía Dispersa (EDS), se encuentra acoplado al Microscopio Electrónico de Barrido, de esta manera se puede obtener información detallada de los elementos químicos existentes en la

muestra. En la figura 7 se puede observar el espectro 1 y en la tabla 2 el contenido de elementos químicos.

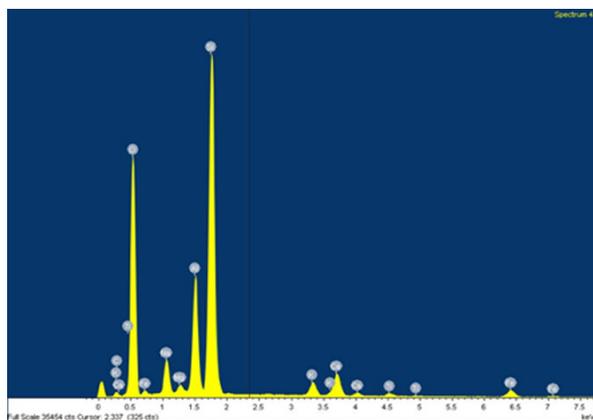


**Figura 7.** Espectro 1 de EDS de la ceniza del volcán Popocatepetl.

**Tabla 2.** Porcentaje en peso y % atómico de los elementos químicos encontrados en el espectro 1.

Elemento	% en peso	% atómico
C K	0.00	0.00
O K	54.37	68.43
Na K	3.37	2.96
Mg K	0.70	0.58
Al K	7.26	5.41
Si K	26.89	19.28
K K	1.78	0.92
Ca K	2.56	1.29
Ti K	0.56	0.24
Fe K	2.50	0.90
Totales	100	100

De igual manera en la figura 8 se observa el espectro 2 y en la tabla 3 los elementos químicos encontrados.



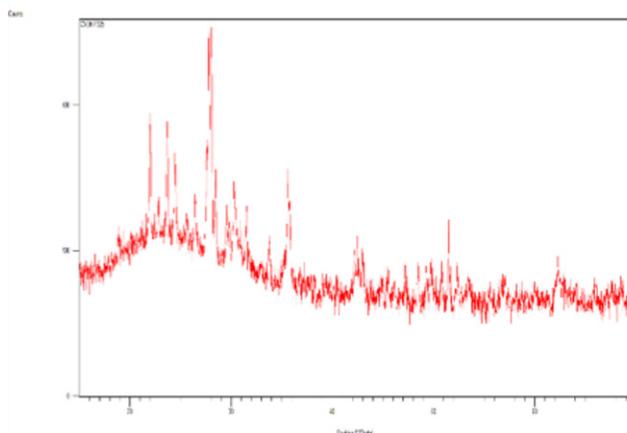
**Figura 8.** Espectro 2 de EDS de la ceniza del volcán Popocatepetl.

**Tabla 3.** Porcentaje en peso y % atómico de los elementos químicos encontrados en el espectro 2.

Elemento	% en peso	% atómico
C K	0.00	0.00
O K	57.88	71.17
Na K	3.79	3.24
Mg K	0.58	0.47
Al K	7.48	5.45
Si K	24.28	17.01
K K	1.35	0.68
Ca K	2.38	1.17
Ti K	0.40	0.16
Fe K	1.87	0.66
Totales	100	100

### Difracción de Rayos X en Polvo

La figura 9 muestra el espectro de Difracción de Rayos X en Polvos (DRX) de la ceniza del volcán Popocatepetl.



**Figura 9.** Espectro obtenido de la ceniza volcánica del Popocatepetl.

En la tabla 4 se presentan la composición mineralógica más representativos de la ceniza volcánica.

**Tabla 4.** Composición mineralógica de la ceniza volcánica.

Formula química	Nombre
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de aluminio
Si	Silicio
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de hierro
SiO <sub>2</sub>	Óxido de silicio
NaCl	Cloruro de sodio
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de calcio
CaF <sub>2</sub>	Fluoruro de calcio

### Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

La figura 10 muestra las fotografías de la ceniza volcánica; en (a) se aprecian dos bloques ceniza con textura ligeramente vesicular y fluidal con cantos angulosos y subangulosos, también se aprecia partículas vítreas más pequeñas rodeando a estos fragmentos. En (b) se observa una partícula con textura vesicular y fluidal con ligeras fracturas y con cantos subangulosos. En (c) partícula en forma de bloque liso de tipo fluidal con fractura en su cara superior con cantos subredondeados. En (d y e) partículas pumíticas de textura vesicular que pueden corresponder a fragmentos líticos y en (f) partícula en bloque fluidal con dos vesículas en su cara frontal y evidencias de corte en su cara lateral.

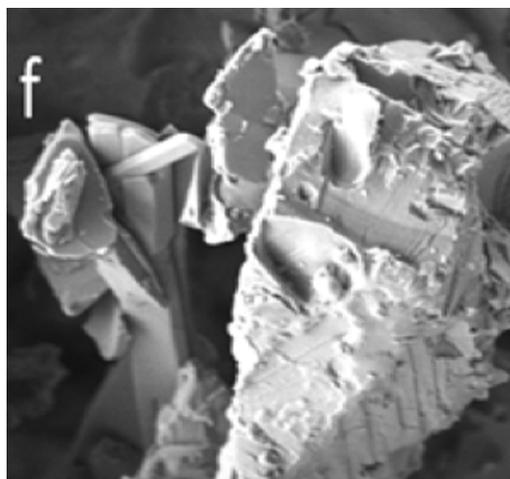
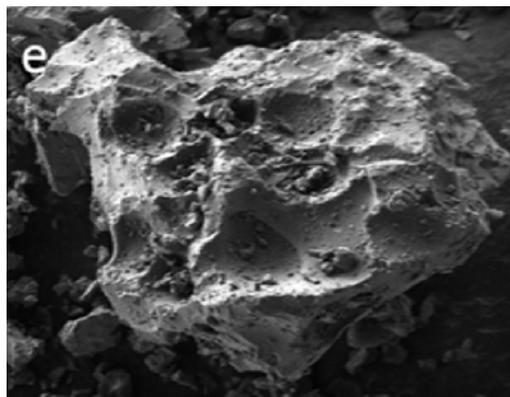
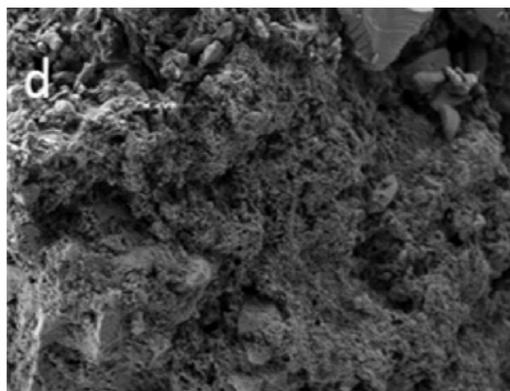
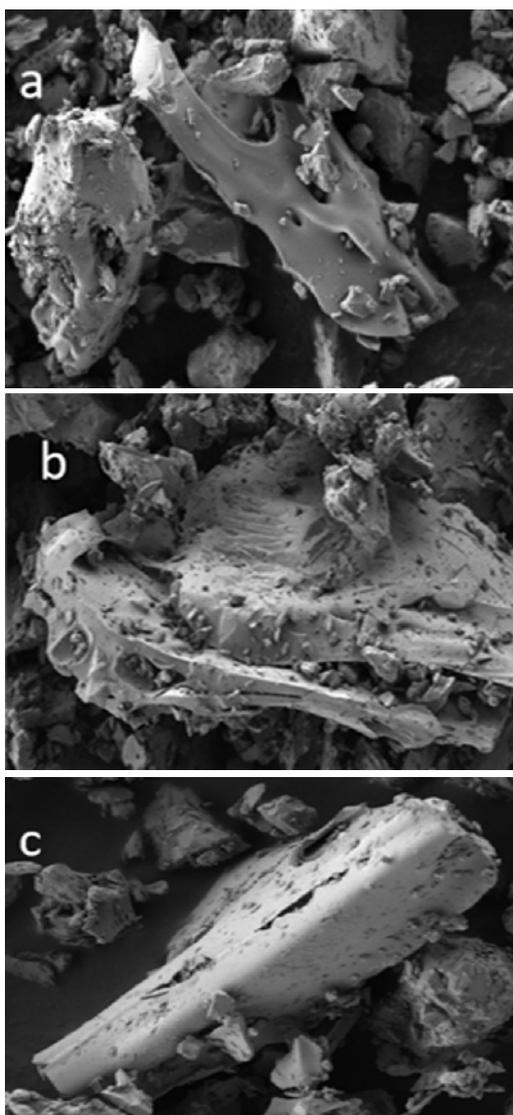


Figura 10. Fotografías de ceniza volcánica obtenidas por MEB.

### Conclusiones

La morfología de la ceniza del volcán Popocatepetl presento partículas pumíticas y bloques lisos con y sin vesículas producto de la expulsión de los gases atrapados en ellas, el tamaño predominante es del orden de 0.02 a 0.002 mm, la Gravedad Especifica es de 2.85 indicando que es un material pesado con respecto a la gravedad especifica del agua que es 1.0; el pH en H<sub>2</sub>O calculado indica un material ligeramente ácido del orden de 6.

Por Espectrometría de Energía Dispersiva (EDS) los elementos químicos encontrados en la ceniza en % en peso en forma de óxidos fue:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$

Del análisis de Difracción de Rayos X en polvo muestran la presencia de abundante silicio y óxido de aluminio y con presencia escasa de otros minerales como óxidos de hierro, titanio y de silicio, así como carbonato de calcio y fluoruro de calcio.

### **Agradecimientos**

Se agradece a la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Azcapotzalco, por el uso del Laboratorio de Microscopia de la División. Y en especial al Dr. Víctor Argüelles por proporcionar la muestra de ceniza volcánica estudiada.

Agradecimientos a los patrocinadores, o colaboradores que ayudaron en la investigación.

### **Referencias**

ASTM D422, (2007): Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

ASTM D854, (2014): Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

ASTM D4972, (2001): Standard Test Method for pH of Soils.

Espinosa, R. (2012). Historia de la Actividad del VOLCÁN POPOCATÉPETL 17 años de erupciones. *CENAPRED*, p.4

Reporte de actividad del volcán Popocatepetl. (2013). Recuperado el 10 de junio del 2017 de [www.cenapred.gob.mx/reportesVolcan/Procesos?tipoProceso=detallesReporteVolcan&id\\_registro=5912&caso\\_reporte=0](http://www.cenapred.gob.mx/reportesVolcan/Procesos?tipoProceso=detallesReporteVolcan&id_registro=5912&caso_reporte=0).

Suárez G. (1995). Volcán Popocatepetl Estudios Realizados Durante la Crisis de 1994-1995. X. *CENAPRED*.

Wada K. (1977). Amorphous clay constituents of soils. *Adv. Agron.* 26: 211-260

[www.google.com.mx/maps](http://www.google.com.mx/maps), (2017).