

Título del artículo.

Estudio cartográfico y petrográfico de la alineación de conos en la parte SE del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.

Título del artículo en idioma inglés.

Cartographic and petrographic study of the alignment of cones in South East part of Lake Cuitzeo, Michoacán, Mexico

Autores.

Rogelio Torres Bello
Guillermo Cisneros Máximo

Referencia bibliográfica:

MLA

Torres Bello, Rogelio y Guillermo Cisneros Máximo. "Estudio cartográfico y petrográfico de la alineación de conos en la parte SE del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México". *Tlamati* 9.1, 2018: 27-38. Print.

APA

Torres Bello, R. y Cisneros Máximo, G. (2018). Estudio cartográfico y petrográfico de la alineación de conos en la parte SE del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Tlamati*, 9(1), 27-38.

ISSN: 2007-2066.

Publicado el 30 de Junio del 2018

© 2018 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

TLAMATI, es una publicación trimestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.



Estudio cartográfico, petrográfico de la alineación de conos en la parte SE del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México

Rogelio Torres Bello¹
Guillermo Cisneros Máximo²

¹Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias de la Tierra. Ex-hacienda San Juan Bautista. A. P. 197. Taxco el Viejo, Guerrero, México. C. P. 40323. Tel: (+52) 762 622 0741

²Universidad Autónoma de México. Instituto de Geofísica Unidad Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Ex Hacienda de San José de la Huerta, C. P. 58190 Morelia, Michoacán, México. Tel: (+52) 443 322 2777 ext. 42681

**Autor de correspondencia*
royer_129tbr@hotmail.com

Resumen

El alineamiento de los conos de escoria analizado en éste estudio se sitúa en la parte sureste del Lago de Cuitzeo, Morelia, Michoacán, México. Dicho alineamiento se ubica en la parte central del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, el cual corresponde al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato. Esta es una de las regiones de vulcanismo monogenético más extensa del mundo ($>40,000 \text{ km}^2$), y contiene más de 1,000 edificios volcánicos. Contar con la cartografía y petrografía de estos conos a partir de las salidas al campo y las muestras recolectadas en ellas para su análisis, aportaran información que nos permita entender la alineación de estos aparatos volcánicos, así como también saber la relación de cada estructura, su evolución, composición y aportar conocimiento al entendimiento de esta zona. La cartografía consistió en el procesamiento de datos vectoriales y Raster con ayuda de los programas ArGis 10.3 y Erdas 9.1. Las muestras colectadas en campo fueron preparadas y procesadas en distintos laboratorios. De acuerdo con la cartografía levantada, se generó un mapa final de la zona. Los resultados de petrografía y granulometría determinan que las rocas de estos conos son de composición basáltica y que los depósitos en campo corresponden a depósitos de caída. La secuencia estratigráfica levantada en campo queda comprendida a la base por la Ignimbrita Mil Cumbres, le suprayace lavas basálticas, por encima de estas se encuentran sedimentos fluvio lacustres y en la parte superior se encuentran los conos de escoria. Se concluye que el estilo eruptivo para estos aparatos es de tipo estromboleano y que el alineamiento puede ser respuesta al Sistema de Fallas Acambay-Morelia.

Palabras clave: cono de escoria, cartografía, alineamiento, sistema de fallas

Como citar el artículo:

Torres Bello, R. y Cisneros Máximo, G. (2018). Estudio cartográfico, petrográfico de la alineación de conos en la parte SE del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Tlamati*, 9(1), 27-38.

Abstract

This study analyzes alignment of slag cones located in southeastern of Lake Cuitzeo, Morelia, Michoacán, Mexico. This alignment is situated in central part of Trans-Mexican Volcanic Belt, which corresponds to the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field. This is one of the most extensive monogenetic volcanism regions in the world ($> 40,000 \text{ km}^2$), and contains more than 1,000 volcanic buildings. Generated cartography and petrography of these cones from the outputs of field and samples collected for analysis and we gather information that allows us to understand alignment of these volcanic devices, as well as knowing the relationship of each structure, its evolution, composition and contribution of knowledge to understanding of this area. Cartography consisted in processing of vectorial data and Raster with help of software ArcGIS 10.3 and Erdas 9.1. Samples collected in field were prepared and processed in different laboratories. According to the cartography, a final map of the area was generated. Results of petrography and granulometry determine that rocks of these cones are of basaltic composition and deposits in the field correspond to deposits of fall. Stratigraphic sequence raised in field is included at the base by Ignimbrita Mil Cumbres, sublying basaltic lavas. Above these layers are lacustrine fluvial sediments and in upper part are cones of slag. It is concluded that eruptive style for these devices is of strombolean type and the alignment can be a response to Acambay-Morelia Fault System.

Keywords: slag cone, cartography, alignment, fault system

Introducción

La zona de estudio se localiza cerca de la ciudad de Morelia, Michoacán, México, al SE del Lago de Cuitzeo, dentro de las coordenadas UTM 2185000 y 14Q 295000-315000 y se ubica dentro del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato [CVMG], en la parte central del Cinturón Volcánico Trans-mexicano [CVTM].

El CVTM se define como un arco magmático continental formado por aproximadamente 8,000 estructuras volcánicas. Esta provincia está ubicada en el centro del país, abarca desde el estado de Veracruz en la parte oriental, hasta Nayarit en el occidente; tiene una extensión de $\sim 1,000 \text{ km}$ y un ancho variable de entre 80 y 230 km, con una dirección O-E. En el CVTM, el arco volcánico se desarrolla sobre el margen sudoccidental de la Placa de Norteamérica, como resultado de la subducción de las Placas Rivera y Cocos a lo largo de la Trincheras de Acapulco. Este arco inició su formación entre 18-23 Ma (Mioceno) en la parte más oriental, 11-17.6 Ma en el sector central, y $\sim 10 \text{ Ma}$ en la parte occidental (Ferrari, 2010), y continúa manifestando su actividad reciente en los volcanes Jerullo (1759-1774) y Parícutin (1943-1952) en el estado de Michoacán.

El CVMG se encuentra ubicado en el sector central de la CVTM, el cual es una de las regiones de vulcanismo monogenético más extensa ($> 40,000 \text{ km}^2$) del mundo y contiene más de 1,000 edificios volcánicos, incluyendo maars, domos y conos cineríticos (Hasenaka y Carmichael, 1985), con raros ejemplos de estratovolcanes (e.g., Tancitaro, Patamban). Se considera que el vulcanismo monogenético del CVMG comenzó hace 3 Ma y muestra una tendencia clara de migración del frente de vulcanismo activo hacia el suroeste.

Recientemente se ha demostrado que el vulcanismo de tipo monogenético de la porción central del CVMG, también se caracteriza por coexistir con una serie de secuencias lacustres. En esta porción se localiza la cuenca de Cuitzeo, que es la más amplia a nivel regional. Esta depresión está limitada al sur por vulcanismo contemporáneos a la sucesión de Mil Cumbres. Morfológicamente, esta suce-

sión es súbitamente interrumpida por un corte realizado por el segmento de la falla activa del Sistema de Acambay-Morelia. La cuenca se limita al este por la Caldera de Los Azufres y al oeste por vulcanismo Plio-cuaternarios pertenecientes a los volcanes escudo Quince-Las Tetillas, que forma parte del Corredor-Vulcanismo Tarasco [TCV]. Ambos tienen composición calco alcalina. Las fallas activas que corresponden al Sistema Morelia-Acambay (dirección E-O), los sistemas reactivados N-S son: Sistemas de fallas de Cuitzeo NE-SO y la depresión tectónica N-S de Penjamillo (en La Piedad, Mich.) que cortan rocas de edades que van del Mioceno al Cuaternario. La Falla Santa María en Morelia, mejor conocida como La Paloma, Falla Morelos y Cointzio, junto con las Fallas de Queréndaro y Los Azufres, son la continuación de la Falla Pastores (con dirección E-O).

Este trabajo tiene como objetivo llevar a cabo la cartografía de la zona de estudio, determinar la causa del alineamiento de los conos, así como también saber su composición y entender su evolución para generar información que permita entender esta pequeña porción y a su vez el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato el cual se considera una zona vulcanológicamente activa.

Materiales y Métodos

Trabajo de gabinete.

Se realizó la búsqueda y análisis de la información bibliográfica (geológica y geomorfológica) existente en publicaciones, reportes, tesis, etc., del área de estudio. Esta información fue resumida y en su caso sintetizada, así como también se utilizaron Sistemas de Informaciones Geográficas [SIG's], los cuales fueron ArcGIS 10.3 y Erdas 9.1.

Este trabajo consistió también en la recopilación de información raster y vectorial del área de estudio, colectadas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] y de la Estación de Recepción México

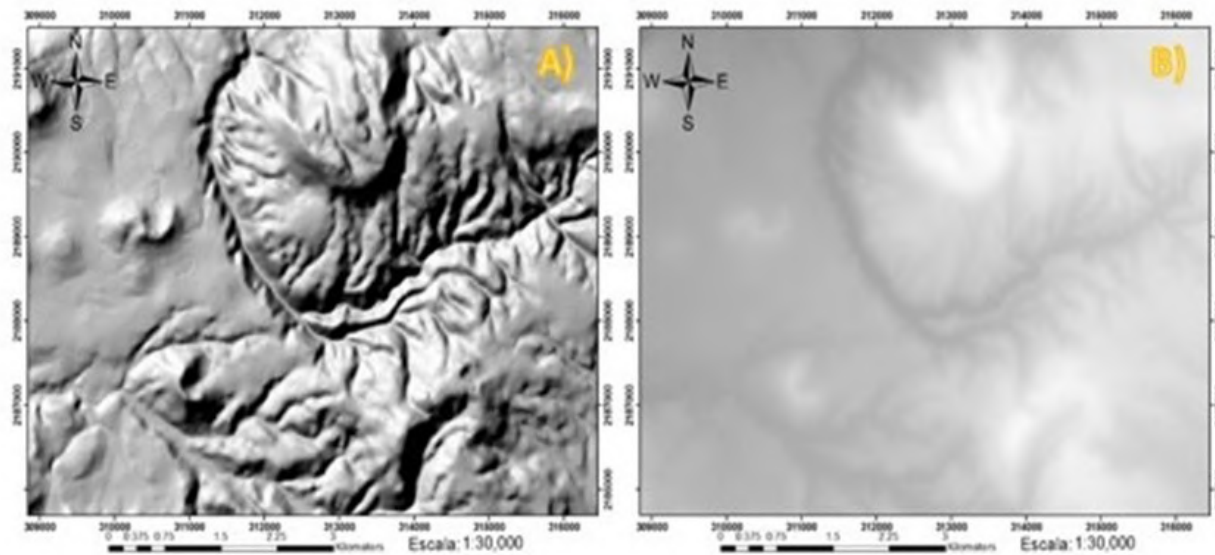


Figura 1. A) Modelo Digital de Elevación (MDE). B) Sombreado del terreno en el MDE

de la Constelación Spot5 [ERMEX]. La carta topográfica utilizada fue la E14A14 a escala 1:50,000 del año 1998, así como 4 ortofotos pancromáticas con resolución de 1.5 m a escala 1:20,000 e imágenes de satélite: pancromática 584310 (2.5m de resolución) y multispectral 584310 (10m); todos estos datos se georreferenciaron en el sistema de coordenadas WGS84 UTM14.

El programa ArcGis 10.3 se utilizó para el procesamiento de información vectorial (georreferenciar, digitalización, actualización, análisis y mapeo) y Raster (mosaicos, imágenes, pendientes, ortofotos). El programa Erdas 9.1, fue usado para procesar imágenes satelitales (fusiones, falso color natural, anaglifs).

El procesamiento de los datos vectoriales, Raster e imágenes satelitales permitió la generación de los distintos insumos cartográficos los cuales sirven de base para la identificación de características morfológicas y estructurales, al igual que se infirieron contactos litológicos y el li-

mite de cada aparato volcánico del área de estudio. A continuación se describe cada uno de los procesamiento de los datos:

El Modelo Digital de Elevación [MDE], se creó a partir de los datos vectoriales de las curvas de nivel de la carta E14A14; una vez generado el MDE se genera el sombreado del terreno (véase figura 1) y el mapa de pendiente (véase figura 2), generados en ArGis 10.3

Una vez creado el mapa de pendientes se procedió a superponerlo sobre el MDE con una transparencia del 50 % (véase figura 3), el cual permite generar un mapa de pendientes con relieve, permitiendo así un mayor y mejor análisis geomorfológico del área de estudio.

La generación del anaglifo se hizo a partir de la fusión del Modelo Digital de Elevación con el Sombreado del Terreno (Erdas 9.1), el cual genera una imagen en 3D (véase figura 4), la cual sirvió para la delimitación de las distintas unidades litológicas y estructuras en el área con una mayor precisión.

Se procedió a la realización del falso color natural para la imagen multispectral E5584310, la cual se procesó en Erdas 9.1 y consiste en invertir las bandas espectrales que trae de origen (4 red, 2 green, 1 blue) a 1 blue, 3 green, 4 red, obteniendo un infrarrojo, por último se procedió a invertir las bandas (1 red, 2 green, 1 blue) a 1 blue, 2 green, red 3 en ArcGis 10.3 (véase figura 5). Todos los elementos representados en la imagen final son de color natural, tal y como se encuentran en la superficie al momento de su captura. Esto con el objeto de identificar por medio de la fotointerpretación las estructuras geomorfológicas y rocosas más sobresalientes de la zona de estudio.

Una vez generado y procesada toda la información vectorial y raster, para la generación y edición de mapas e imágenes satelitales, se llevó a cabo una fotointerpretación del área de estudio, en el cual se delimitan las estructuras de los aparatos volcánicos y contactos litológicos, para la generación de un mapa previo a la salida campo y posteriormente con la información colectada en campo, actualizarlo y obtener un mapa final.

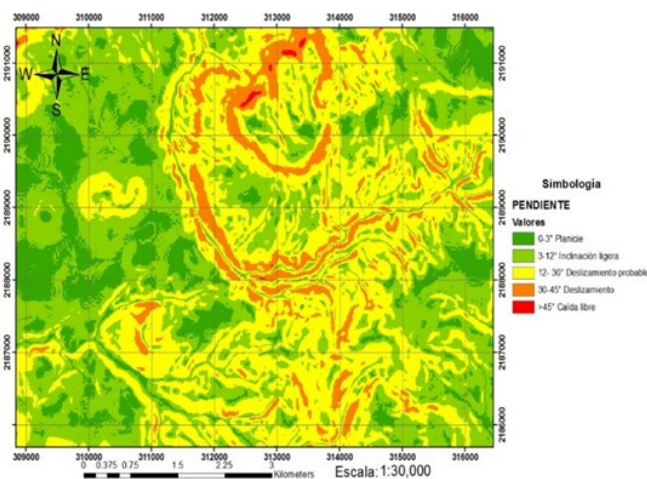


Figura 2. Mapa de pendientes del área de estudio (elaboración propia).

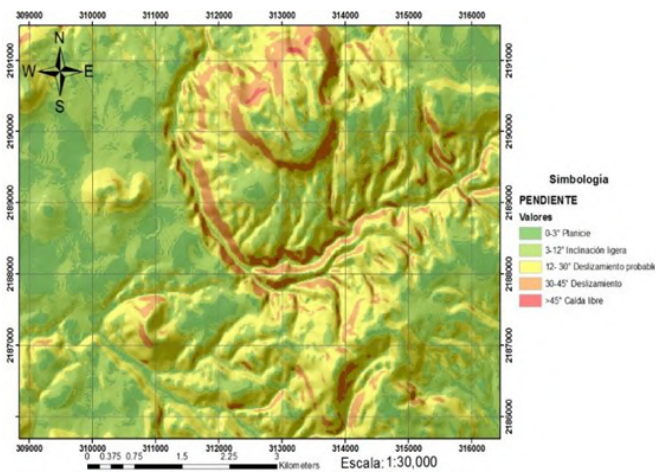


Figura 3. Mapa obtenido a partir de la sobreposición del mapa de pendientes con una transparencia del 50% sobre el MDE (elaboración propia)

Trabajo de campo

Se llevaron a cabo 4 salidas al campo (27-30 de agosto, 2017); en donde se levantaron un total de 21 secciones de las cuales 4 secciones estratigráficas pertenecen a la zona de estudio (Cerro El Barco, Cerro El Tiradero, Cerro Las Olivas); este trabajo consistió en la descripción de cada estructura volcánica y la colecta de muestras (roca y muestra total). En total fueron seis muestras recolectadas, en 4 puntos de control correspondiente a cada cono, la toma de los puntos se hizo con ayuda del GPS NOMAD 900G MM-NAV, el cual cuenta con la aplicación de ArGis Mobile.

Trabajo de laboratorio

Consistió en el procesamiento de las muestras recolectadas en campo; las cuales fueron procesadas en dos distintos laboratorios del IGFUM:

Laboratorio de Laminación: consistió en el procesamiento de las rocas para la obtención de láminas delgadas

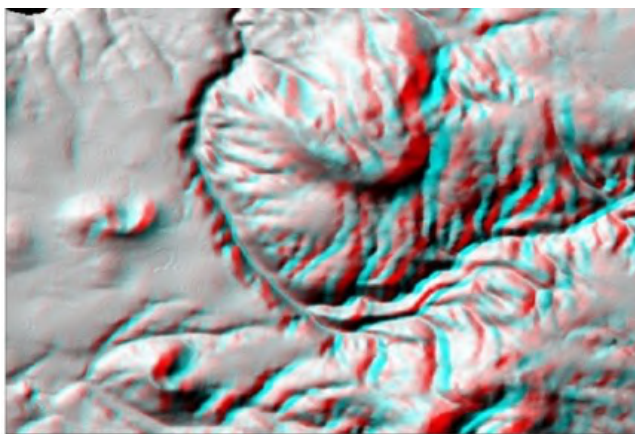


Figura 4. Anaglifo creado a partir de la fusión del MDE y el sombreado del terreno, para la generación de una imagen en 3D

para su estudio petrográfico, su procesamiento fue el siguiente:

1.- Selección y corte de la muestra.

Una vez seleccionado el corte deseado de la roca se procede a cortarla con ayuda de una cortadora de disco de diamante (véase figura 6), el corte debe de tener el tamaño de un portaobjetos (2.6 cm x 4 cm).

2.- Pegado de la muestra.

A) Del recorte obtenido se devasta por alguna de las caras elegidas en una base de vidrio con abrasivos (N° 240, 400, 600, 1000) y con agua; posteriormente, se procede a lavar la muestra en la tina de baño ultrasonido para que la muestra quede libre de sedimentos y abrasivo impregnados; por último se pone a secar la muestra a una temperatura promedio de 100 °C hasta que esté completamente seca en una plancha eléctrica (véase figura 7).

B) Preparación del portaobjetos: el portaobjeto debe pulirse en una cara con el abrasivo del N° 600 para generar una superficie con mejor agarre para el pegado.

C) Pegado de la sección: se le agrega unas cuantas gotas de resina UV en la superficie lisa de la sección y después se une con la superficie pulida del portaobjetos, por último, se deja secar por 5 minutos a la luz solar en caso extremo que haya poca luz solar se ponen a secar en la lámpara UV.

3.- Corte de precisión de la muestra.

Después de haber pegado la muestra se corta de igual manera con la cortadora de disco de diamante, pero ahora un corte de mayor precisión (promedio 500 micras).

4.- Devastado final de la muestra

Con el objetivo de obtener el espesor óptico recomendable de la muestra, se procede a realizar un devastado final con los abrasivos (N° 240, 400, 600, 1000). Se recomienda ir revisando la muestra a contra luz para ir observando que el devastado vaya bien en todas direcciones; una vez lista la muestra se observa en el microscopio petrográfico para observar los minerales guías (plagioclasas) si han obtenido su color óptimo de birrefringencia.

En el Laboratorio de granulometría: se realizó el procesamiento de las muestras totales recolectadas en campo de los distintos depósitos, para posteriormente llevar los resultados a una serie de diagramas para su clasificación. A continuación, se describen los pasos para el análisis de muestras:

1.- Secado de la muestra

Debido a que las muestras presentaban humedad se procedió a secarlas en los hornos en un lapso de tiempo de 2 días (véase figura 8).

2.- Cuarteo.

Este paso consistió en que una vez seca la muestra se colocó sobre un pedazo de papel en donde se procede a revolver la muestra hasta integrarla homogéneamente; posteriormente se lleva a cabo la división de la muestra en dos porciones, donde una mitad se guarda como testigo y la otra se procede a tamizarla.

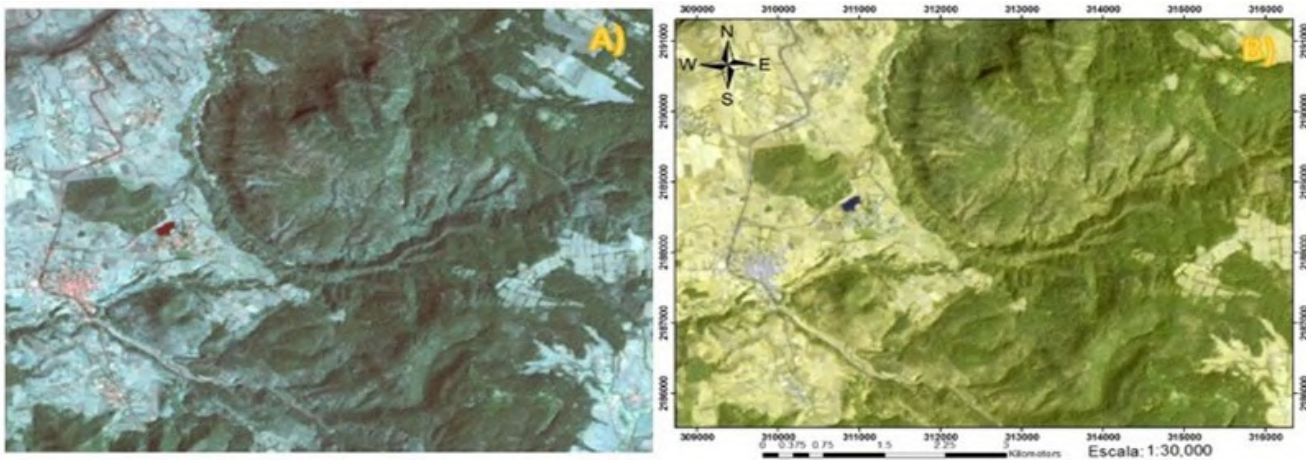


Figura 5. A) Recorte del área de estudio a partir de la imagen multispectral cambiada previamente a falso color natural (Erdas 9.1). B) Imagen del falso color natural invertidas las bandas 3 blue, 2 green, 1 red (ArcGIS 10.3). Imágenes satelitales de la constelación Spot 5.

3.- Pesado

Las mitades de las muestras que se procesaron se pesaron en una báscula de precisión de ± 0.001 gr. Se recomienda que la muestra en promedio pese 1 kg.

4.- Tamizado (Clásico Manual)

Se llevó a cabo el tamizado de las muestras en los diferentes tamices con numeración que va de 1/ ¼, 5/8, 5/16, 5, 10, 18, 35,60, 120, 230, >230; durante el tiempo correspondiente.

5.- Etiquetado de las bolsas

Se etiquetaron 11 distintas bolsas para cada muestra, con la etiqueta correspondiente a cada numeración de tamiz.

6.- Pesado de cada fracción.

Una vez terminado el tamizado se procedió al pesado de cada muestra correspondiente a cada tamiz, posteriormente se llevó el llenado de un formato (véase figura 9), donde se plasmaron los resultados del peso de las muestras, para que al final sean graficados en una serie de diagramas, para su clasificación.

Resultados

Se obtuvo un mapa geológico y una columna estratigráfica final de la zona de estudio (véase figura 10), en donde se distinguen las diferentes unidades volcánicas que la integran (Cerro El Barco, El Tiradero y Cerro Las Olivas), como resultado de todo el trabajo realizado.

A continuación, se describen cada una de las unidades volcánicas que conforman la zona de estudio

Cerro El Barco

La unidad se localiza en las coordenadas 14Q: 310563 y UTM 2189126 a 2336 MSNM. La cima del cono está constituida por lavas en bloques subangulosos-angulosos, con tamaños aproximados de 3 metros, exhibiendo caras lisas al igual que un color gris rojizo (véase figura 11). En muestra de mano presentan una textura afanítica.

A las faldas del cono en las coordenadas 14Q 310743 y UTM 2189337 a 2318 MSNM. Se identificó un depósito de escoria (véase figura 12), el cual presenta una estructura masiva, soportada grano a grano. Los componentes presentan formas angulosas-subangulosas; con tamaños de la pilli hasta bloques y bombas. Los bloques presentan tamaños mayores a los 10 cm. Las bombas presentan formas aglutinadas. La escoria se presenta muy vesiculada (80%) al



Figura 6 . A) Rocas colectadas en campo lista para su procesamiento en el laboratorio. B) Corte de la muestra



Figura 7. A) Sección siendo desgastada. B) Ultrasonido el cual sirvió para liberar las láminas de los abrasivos. C) Plancha eléctricas donde se están secando las muestras a una temperatura de 100 ° C.



Figura 8. A) Horno utilizado para el secado de las muestras. B) En las charolas de vidrio se aprecian las muestras recolectadas



Figura 9. A) Báscula de precisión utilizada para la obtención del peso de las muestras. B) Formato el cual fue llenado con el peso de las muestras

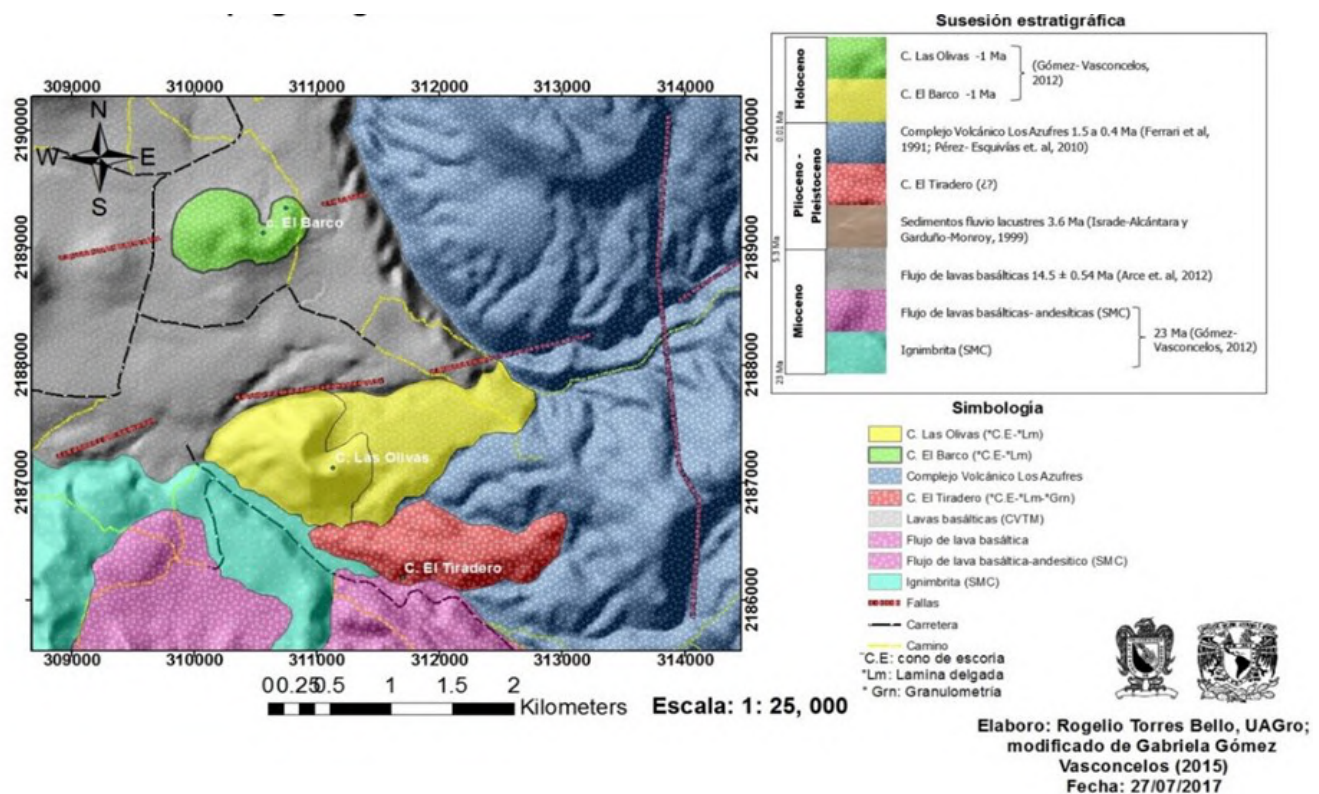


Figura 10. Mapa geológico final del área de estudio, donde se aprecian los conos de escoria El Barco, El Tiradero y Las Olivas, de acuerdo a la información levantada en campo

igual que las bombas, los cuales tienen una coloración rojiza. En muestra de mano, la roca presenta una textura afanítica, donde se reconocieron algunos cristales de plagioclasa y piroxeno.

Cerro El Tiradero

Esta unidad se localiza en las coordenadas 14Q 311696 y UTM 2186190 a 2300 MSNM; la cual se encuentra constituida por un depósito de caída. El afloramiento presenta dos facies distintas, a la base se presenta una estructura con estratificación difusa y en la parte superior se presenta una estructura masiva (véase figura 13).

En la parte inferior del depósito, donde se encuentra la estratificación difusa la cual es producto por la segregación granular, los fragmentos se encuentran soportado grano a grano, los cuales poseen formas angulosas a subangulosas, presentan tamaños de la pilli hasta bloques. En esta facie se tiene una mayor concentración de bombas 4% aproximado, las cuales presentan formas aglutinadas. En muestra de mano, se presenta muy vesicular, tiene una coloración rojiza y una textura afanítica, está compuesta por -3% de cristales (plagioclasas y olivino).

En la facie superior del depósito donde se encuentra la estratificación masiva, se presentan fragmentos angulosos a subangulosos soportados grano a grano, con tamaños de la pilli fino-medio. Esta facie muestra una menor concentración de bombas, menor que el 2%.

En la parte superior del depósito de escoria se identificó una capa de un flujo piroclástico el cual puede ser producto de otro aparato volcánico aledaño, dado que entre el

depósito de escoria y el flujo existe una discordancia marcada por la presencia de un paleosuelo.

Cerro Las Olivas

La unidad se localiza en las coordenadas 14Q 31113 y UTM: 2187127 a 2417 msnm. La cima del cono está constituida por lavas en bloques subangulosos- angulosos, con tamaños aproximados de 3 m y exhiben caras lisas (toma de muestra). Los colores que exhiben los bloques en su mayoría son color gris rojizo debido al alto grado de interperismo y en otros casos, una roca más sana presenta un color gris. En muestra de mano la roca presenta un color gris (roca sana) y una textura afanítica, la cual está compuesta por -2% de cristales de plagioclasa, 5% de olivino y -2% piroxeno.

Se llevó a cabo el estudio petrográfico de 4 secciones delgadas de rocas de las distintas unidades volcánicas. Dicho estudio permitió hacer una comparación textural y mineralógica entre las distintas unidades de la zona de estudio.

Muestra ZP-8.

Correspondiente al cono de escoria El Barco (lava en bloque). La muestra presenta una cristalinidad hipocristalina, textura intersertal/ porfídica y una granularidad inequigranular. Presenta un porcentaje visual aproximado de 30% plagioclasas, -4% de piroxenos, -3% de olivino y un 15 % de óxidos. Las plagioclasas presentan formas subhedral-anhedrales, presentan maclado tipo carlsbad y polisintético. Los olivinos presentan formas subhedralas. Los piroxenos



Figura 11. A) Bloques de lava subangulosos-angulosos localizados en la cima del cono. B) Fragmento de bloque de lava que presenta una coloración rojiza y una textura afanítica

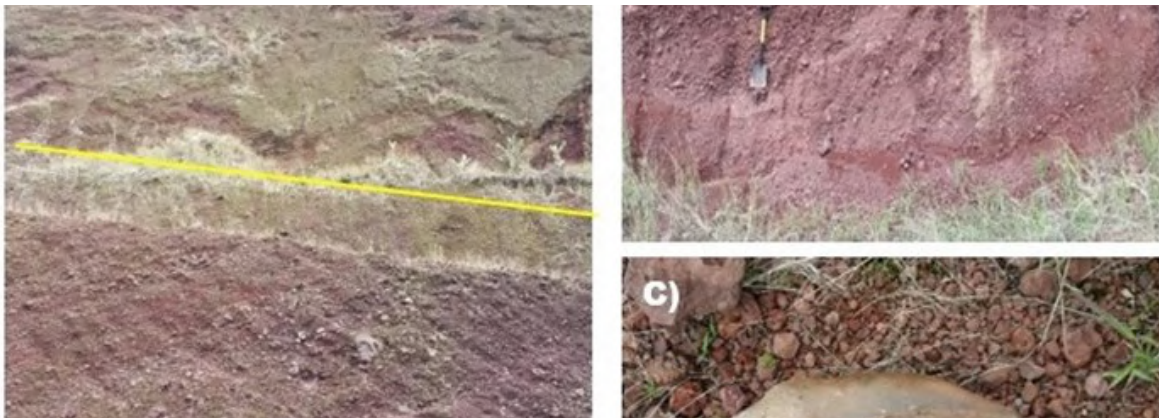


Figura 12. A) Deposito de caída con una estructura masiva soportado grano a grano, presentando una coloración rojiza. B) Balístico (bomba volcánica).

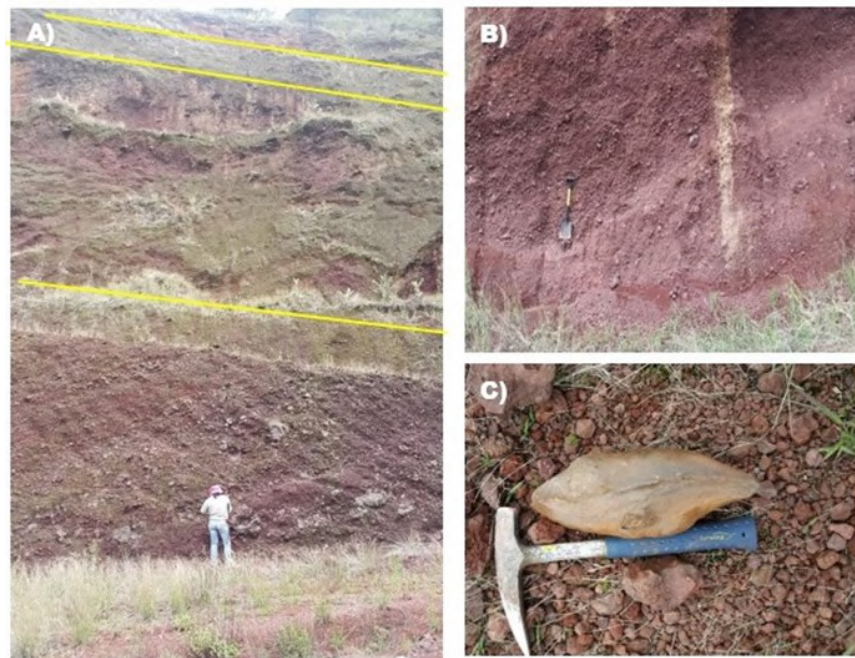


Figura 13. A) Afloramiento con una altura aproximado de 30 m, muestra distintas facies, en la base tiene estratificación difusa, le sigue la parte masiva, una discordancia marcada por el horizonte de paleosuelo y por último, la capa de piroclastos. B) Parte masiva del depósito. C) Bomba

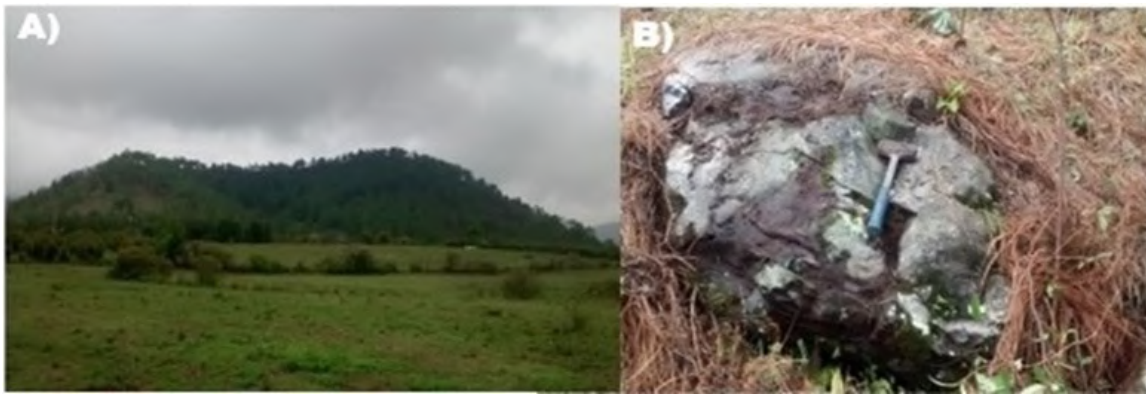


Figura 14. A) Foto panorámica del cono Las Olivas. B) Lava en bloque

presentan formas anhedrales. La muestra presenta una gran abundancia de óxidos; así como también presenta una moderada vesiculación. De acuerdo con su asociación mineralógica la roca se clasificó como una roca basáltica (véase figura 15).

Muestra ZP-9.

Corresponde al cono de escoria El Barco (depósito de escoria). La muestra presenta una cristalinidad hipocristalina, textura vesicular/ ligeramente porfídica y una granularidad inequigranular. Presenta un porcentaje visual del 20% de plagioclasas.

Observaciones: la fase mineral más abundante es la plagioclase, se presentan escasos fenocristales de plagioclase subhedrales con maclado tipo Carlsbad; así como también microcristales de plagioclasas euhedrales a subhedrales, las cuales presentan un maclado tipo albita. La roca se presenta muy vesiculada más 80% de su totalidad, debido a la liberación de gases durante su formación. De acuerdo con la mineralogía, la roca se clasificó como una roca basáltica (véase figura 16).

Muestra: ZP-10.

Corresponde al cono de escoria El Tiradero. La muestra presenta una cristalinidad hipocristalina, textura seriada/ vesiculada y una granularidad inequigranular. Presenta un porcentaje visual del 30% de plagioclase, 15% de olivinos, -4% de piroxenos y 3% de óxidos. Las plagioclasas presentan formas subhedrales-anehedrales con maclado tipo Carlsbad y polisintético, se presentan desde fenocristales a microcristales. La muestra se presenta ligeramente vesiculada (20%). Los olivinos presentan formas desde euhedrales-anehedra, se presentan escasos óxidos. De acuerdo con su mineralogía la muestra se clasificó como una roca basáltica (véase figura 17).

Muestra ZP-15

Correspondiente al cono de escoria las Olivas. La muestra presenta una cristalinidad hipocristalina, textura porfídica y una granularidad inequigranular. Presenta un porcentaje visual del 15% de plagioclasas, 25% de olivinos, 3% de piroxenos y 3% óxidos. La muestra presenta

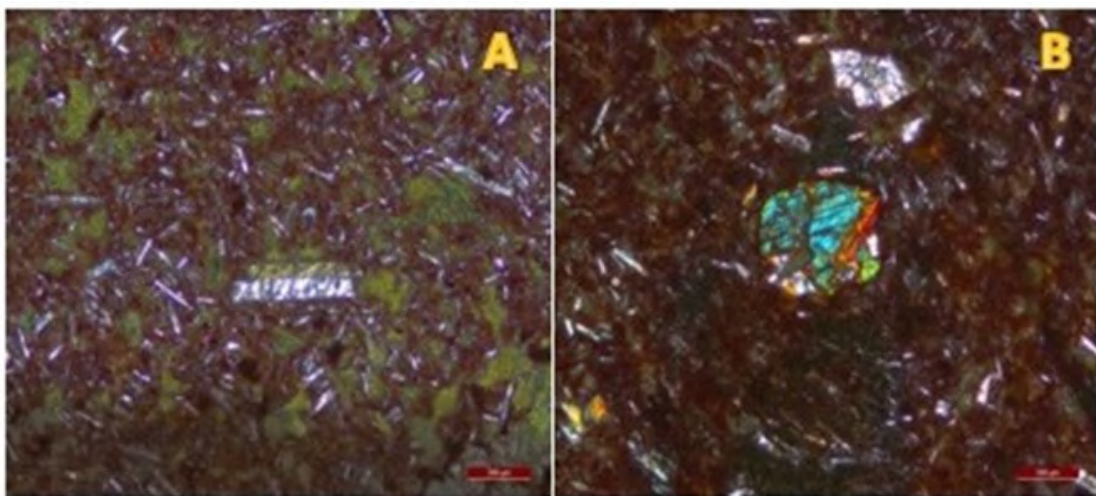


Figura 15. A) Fenocristal de plagioclase con forma subhedral y un maclado carlsbad, microcristales de plagioclasas, se aprecian una moderada vesiculacion(imagen vista en NX a 5X). B) Fenocristal de olivino en el centro con forma subhedral rodeado por microcristales de plagioclasas, se aprecia la gran abundancia de óxidos (imagen vista en NX a 5X)

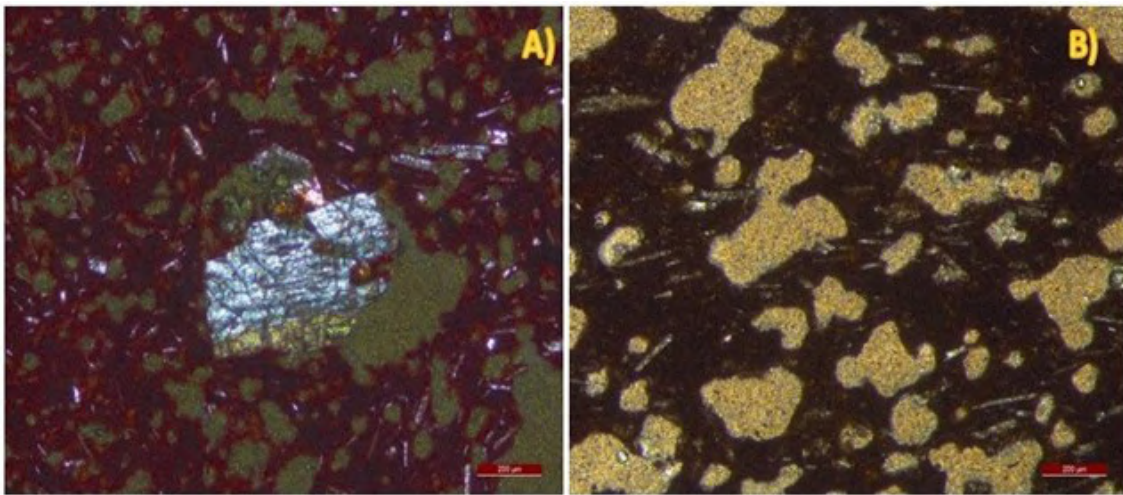


Figura 16. A) Fenocristal de plagioclasa con forma subhedral y un maclado Carlsbad, visto desde NX. B) Microcristales de plagioclasas con maclado tipo albita, con formas tabulares de euhedrales a subhedral NII

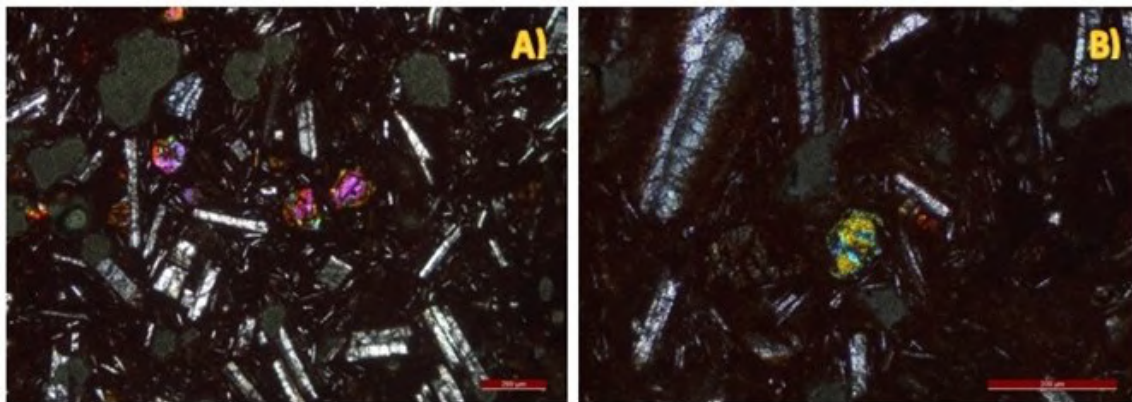


Figura 17. A) En la parte central se aprecian olivinos con formas euhedrales, y plagioclasas euhedrales-subhedralas presentando maclado polisintético. B) En la parte central se aprecia un olivino bien formado. Ambas fotos fueron tomadas con el objetivo 5X (NX)

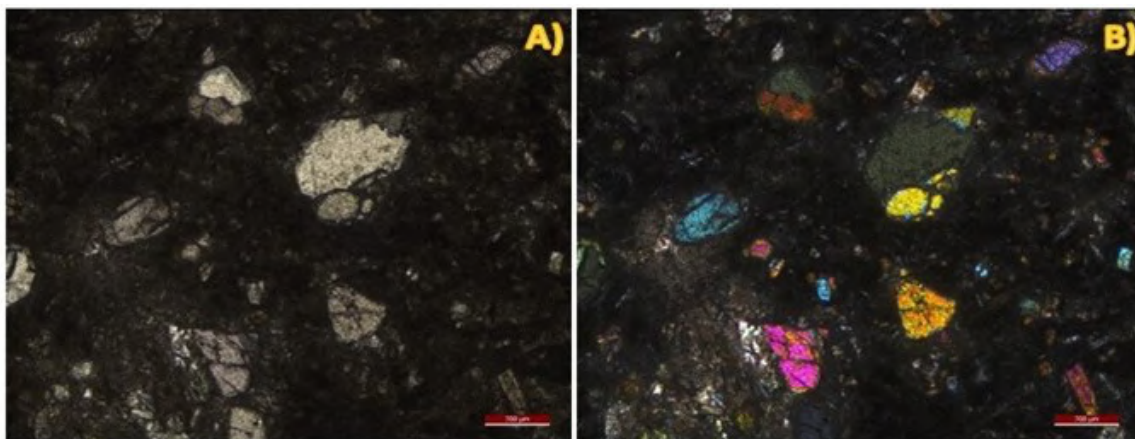


Figura 18. A) se aprecian los olivinos con formas subhedralas, se puede observar su alto relieve y fractura conchoidal (tomada con el objetivo 5X (NII). B) foto en NX

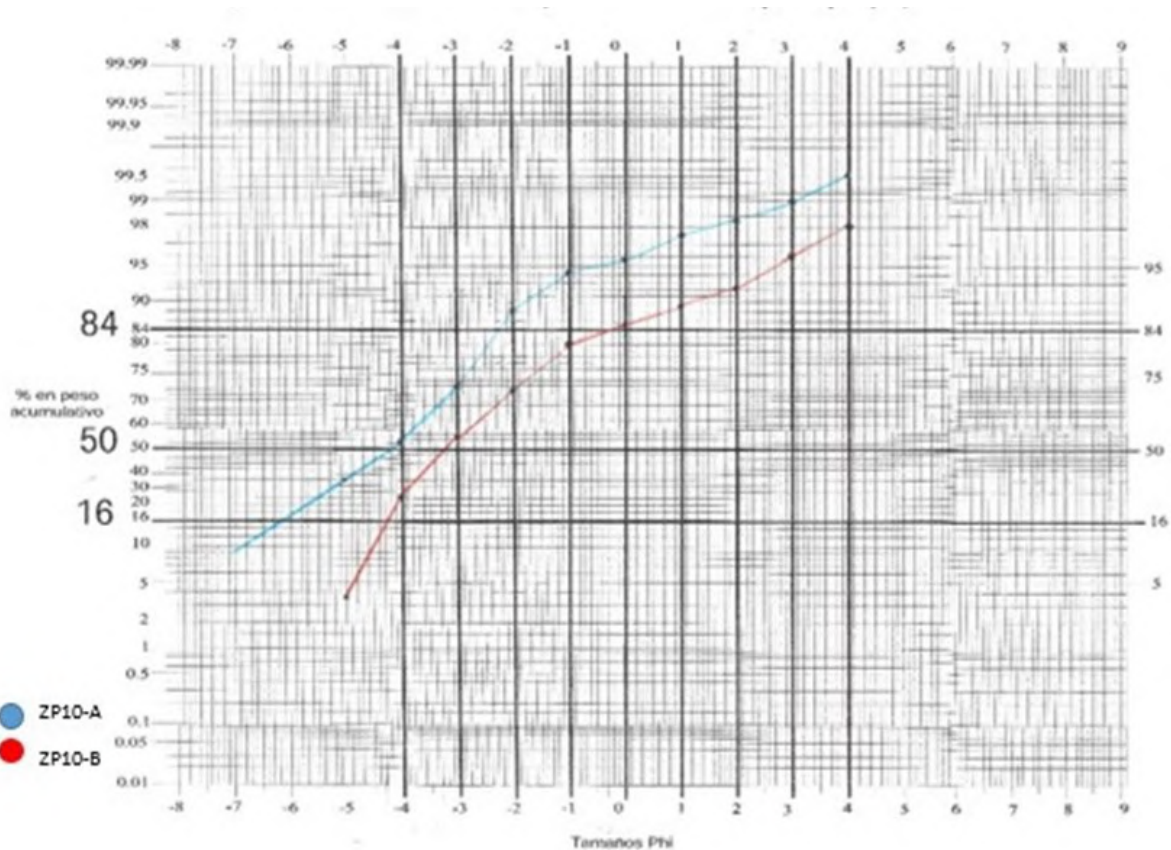


Figura 19. Diagrama de Inman, 1952, graficación de las muestras ZP10-A Y ZP10-B

una gran abundancia de olivinos con formas euhedrales-subhedrales. Las plagioclasas presentan formas subhedrales-anehedrales, algunos presentan maclados Carlsbad. La mala calidad de la lámina no permitió hacer un mejor análisis microscópico. De acuerdo con su mineralogía la muestra se clasifica como una roca basáltica (véase figura 18). A continuación, se presentan los resultados obtenidos del estudio granulométrico.

Muestras del C. El Tiradero ZP10-A y ZP10-B, correspondientes a la parte base y superior del depósito. El material procesado para ambos casos fue escoria. Posteriormente se muestran las tablas de los resultados del peso de las muestras.

Los resultados del pesado de las muestras se graficaron en el diagrama de Inman, 1952 (véase figura 19).

ZP10-A $Md = -4.2$; $\sigma = 1.9$

ZP10-B $Md = -3.2$; $\sigma = 2$

Con los datos obtenidos de Moda y la Selección, las muestras se graficaron en el diagrama de Walker (1971), donde las muestras caen dentro del campo de depósito de caída.

Discusión y conclusiones

Las salidas de campo permitieron la actualización del mapa preliminar. La cartografía semidetallada permitió el reconocimiento de cada estructura volcánica. Para los conos de escoria el Cerro El Barco y Las Olivas, se establece

una erupción de estilo estromboleano, de acuerdo con los resultados de campo y laboratorio. Estos aparatos volcánicos presentan geoforma de herradura producto de una emisión de lava en una fase final. De acuerdo con la petrografía realizada, las rocas pertenecientes a estos conos corresponden a rocas basálticas. Se reporta un nuevo aparato volcánico que corresponde al Cerro El Tiradero, la dirección de las bombas permite establecer que el conducto se encuentra al NE.

El Cerro El Tiradero, se infiere que es un aparato volcánico más antiguo que los demás conos, dado que se encuentra cubierto por un flujo piroclástico correspondiente al Complejo Volcánico Los Azufres que tiene una edad de 1.5 Ma- 0.3 Ma, (Ferrari, 2010). La revisión bibliográfica permitió establecer que estos aparatos tienen edades menores a 1 Ma (Hasenaka, 1994) y que el alineamiento puede ser respuesta del sistema de fallas Acambay-Morelia, el cual tiene una dirección E-O. Se reconoció la secuencia estratigráfica para la zona de estudio, la cual está conformada a la base por la ignimbrita, le sigue un flujo de lava basáltica-andesítica pertenecientes a la Sierra Mil Cumbres, la cual tiene una edad de 23 Ma (Gómez Vasconcelos, Garduño Monroy, Macías, Layer y Benowitz, 2015), le suprayace lavas basálticas de edad 14.5 ± 0.54 Ma, encima de las lavas se infiere que se encuentra el cono de escoria El Tiradero, le sigue el Complejo Volcánico Los Azufres de 1.5 a 0.4 Ma, (Ferrari, 2010), por último se encuentran los conos El Barco y Las Olivas con edades menores a 1 Ma (Gómez Vasconcelos et al., 2015).

Se recomienda hacer una geología de campo más amplia y a detalle de la zona; al igual que regional para ver la relación con otras unidades. De igual manera la realización de dataciones para estas unidades volcánicas, lo cual permitirá saber sus edades y a su vez saber la cronología de estos aparatos volcánicos.

Agradecimientos

Primeramente quiero agradecer como siempre a mis padres, en especial a mi madre por creer en mí y por su apoyo.

Al programa Delfín, por permitirme participar por segunda ocasión como joven investigador, así como también a la Universidad Autónoma de Guerrero y a la Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, por apoyarme con los trámites correspondientes y brindarme todas las facilidades para poder realizar esta estancia de investigación.

Al MG. Guillermo Cisneros Máximo, por brindarme la oportunidad de trabajar con él durante esta estancia, así como también por sus enseñanzas y las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

Por último, quiero agradecer a todo el personal docente

del Instituto de Geofísica Unidad Morelia, Mich, UNAM, por su apoyo durante mi estancia en esta institución.

Referencias

- Gómez-Vasconcelos, M. G., Garduño Monroy, V. H., Macías, J. L., Layer, P. W. y Benowitz, J. A. (2015). The Sierra de Mil Cumbres, Michoacán, México: Transitional volcanism between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 301, 128–147.
- Ferrari, L., 2010. Avances en el conocimiento de Faja Volcánica Transmexicana de la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana V.LIII (2000) 84-92.
- Hasenaka-T, (1994). Size, distribution, and magma output rate for shield volcanoes of the Michoac in-Guanajuato volcanic field, Central Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 63 (1994) 13-31.
- Hasenaka, T. y Carmichael, I., (1985). The cinder cones of Michoacan- Guanajuato, central Mexico: Their Age, volumen and distribution, and magma discharge rate.