

Descripción petrográfica y composición química de rocas del Soconusco, Chiapas

Petrographic description and chemical composition of rocks from Soconusco, Chiapas

Alexa Rocío Zamora-Martínez^a, Khirbet López-Velázquez^b, Keren Cruz-Andrade^c, Kevin Gerardo Duque-Olivera^d, Edwin Hoil-Canul^e y Luis Maldonado-López^f

Resumen / Abstract

En este trabajo se reporta la descripción petrográfica y la composición química de diversas rocas del Soconusco recolectadas en los municipios de Cacahoatán, Huixtla, Tapachula y Villa Comaltitlán. El análisis petrográfico sugiere que las muestras estudiadas son rocas ígneas cuyo origen está vinculado con la actividad volcánica de la región y en su mayoría se componen de minerales del grupo de las plagioclasas y la clorita con sus características incrustaciones de cuarzo. Además, el análisis de los elementos por EDX confirmó la presencia de distintas fases observadas en la inspección petrográfica, indicando que los elementos más abundantes en las rocas estudiadas fueron O (49.8 – 56.5 wt%), Si (19.1 – 27.0 wt%), Fe (2.0 – 17.4 wt%) y Al (4.3 – 8.4 wt%). De este modo, el presente estudio contribuye al conocimiento de la composición mineral de las rocas del Soconusco, Chiapas.

a. Alexa Rocío Zamora Martínez es Ingeniera en Nanotecnología egresada de la Universidad Politécnica de Tapachula, Chiapas. Carretera Tapachula - Puerto Madero, Km. 24 + 300, C.P. 30830. Tapachula, Chiapas, México.

b. El Doctor López Velázquez es Investigador Posdoctoral en la Universidad Politécnica de Tapachula, Carretera Tapachula - Puerto Madero, Km. 24 + 300, C.P. 30830. Tapachula, Chiapas, México. Es miembro del SNI. Hasido ganador en tres ocasiones del Premio de Investigación UANL (2021-2023). Se ha hecho acreedor al Premio Estatal de Investigación Chiapas 2023.

c. Karen Cruz Andrade es estudiante del Programa Educativo de Ingeniería en Tecnología Ambiental en la Universidad Politécnica de Tapachula, Chiapas.

d. Kevin Gerardo Duque Olivera es estudiante del Programa Educativo de Ingeniería en Nanotecnología en la Universidad Politécnica de Tapachula, Chiapas.

e. El Profesor Hoil R. Hoil Canul tiene un Doctorado en Ciencias en Físicoquímica y es Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Politécnica de Tapachula, Chiapas, México. Es en la actualidad Director de Investigación y Posgrado y Coordinador de Ingeniería en Nanotecnología. En este documento es el autor responsable. Correo electrónico: edwin.hoil@uptapachula.edu.mx.

f. El Profesor Maldonado López labora como Investigador en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, IPN, Unidad Mérida, Carretera Mérida - Progreso, Loma Bonita, C.P. 97205 Mérida, Yucatán, México. Su línea de investigación se basa en tópicos de Corrosión metálica y degradación de materiales en ambientes marinos.

Palabras clave: Composición química, minerales, plagioclasa, petrografía, SEM-EDX.

This paper reports the petrographic description and chemical composition of several rocks from Soconusco collected in the municipalities of Cacahoatán, Huixtla, Tapachula and Villa Comaltitlán. The petrographic analysis indicated that the samples studied are igneous rocks whose origin is linked to volcanic activity in the region and are mostly composed of minerals of the plagioclase and chlorite groups with its characteristic quartz incrustations. In addition, the elemental analysis by EDX confirmed the presence of different phases observed in the petrographic study, indicating that the most abundant elements in the rocks studied were O (49.8 - 56.5 wt%), Si (19.1 - 27.0 wt%), Fe (2.0 - 17.4 wt%) and Al (4.3 - 8.4 wt%). Thus, the present study contributes to the knowledge of the mineral composition of the rocks of Soconusco, Chiapas.

Keywords: Chemical composition, minerals, plagioclase, petrography, SEM-EDX.

1. Introducción

México cuenta con una amplia riqueza de recursos naturales, entre ellos los materiales pétreos como las rocas, las cuales están constituidas por agregados de uno o más minerales sólidos con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural (SGM-Rocas, 2017). De acuerdo con su origen, edad y morfología, las rocas pueden clasificarse en tres tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas, y su abundancia en la naturaleza estará en función de diversas combinaciones de variables termodinámicas y múltiples asociaciones minerales posibles (Castro Dorado, 2015). Por lo tanto, se debe destacar que es importante caracterizar la morfología, la composición, propiedades físicas y químicas, así como los mecanismos de degradación de las rocas, dada la trascendencia de sus aplicaciones en diversas actividades antropogénicas como la construcción y la obra civil, entre muchas otras. Un ejemplo de ello es lo reportado por Puy-Alquiza et al., (2013), quienes estudiaron las características y los factores de desgaste (como el intemperismo, ruptura, decoloración y la contaminación) de la piedra natural “Formación Losero” que es el principal elemento arquitectónico en Guanajuato, México. Por otra parte, en la península de Yucatán se ha estudiado y comparado la velocidad de degradación entre la piedra caliza roja y la piedra caliza blanca principalmente por la abundancia de este material en la región y por la gran importancia que representa para las obras de infraestructura y como patrimonio cultural y arquitectónico (Maldonado, L., et al. 2011 y Pérez I., et al., 2021). Los resultados de estas investigaciones han permitido reconocer y seleccionar los materiales pétreos más adecuados para la construcción, reemplazo y restauración de viviendas, edificios y monumentos en distintas ciudades (Puy-Alquiza et al., 2013).

A nivel nacional se han realizado diversos estudios para la caracterización y clasificación de la amplia diversidad de rocas, por ejemplo: en Chiapas se ha reportado que existe uno de los complejos pétreos más grandes de México, el cual está ubicada en el denominado macizo de Chiapas y está compuesto en su mayor parte de rocas ígneas y metaígneas (Weber et al., 2002). Además, de

acuerdo con lo reportado por Estrada-Carmona et al., (2009), en el mismo sistema montañoso se han reconocido dos unidades de rocas metasedimentarias (La Sepultura y Custepepec), cuyo estudio ofrece valioso conocimiento para una mejor comprensión de los procesos geológicos que permitieron la configuración actual de este fragmento de la corteza terrestre. En este sentido, se destacan las aportaciones realizadas por Arce et al., (2014), García-Palomo et al., (2006), Macías et al., (2010) y Mora et al., (2004), quienes han estudiado el complejo volcánico Tacaná, el cual se encuentra en el límite entre México y Guatemala a menos de 50 km de nuestra zona de estudio. Ellos reportaron que las rocas estudiadas contienen entre 50 – 64 wt% de SiO₂ y que entre los conjuntos minerales predominan los fenocristales de plagioclasa.

Este trabajo de investigación pretende contribuir al conocimiento acerca de la diversidad geológica del Estado de Chiapas, el cual está conformado por 15 regiones económicas y una de las más importantes es el Soconusco, ubicada sobre toda la costa de Chiapas que colinda con el Océano Pacífico y tiene una extensión de 4,605.7 km², representando el 6.3% de la superficie estatal. Por lo tanto, se hace notar que el objetivo principal de este estudio fue realizar un análisis descriptivo de la composición química y mineral de diversas rocas recolectadas en cuatro municipios del Soconusco: Cacaohatán, Huixtla, Tapachula y Villa Comaltitlán.

2. Metodología

Recolección, preparación y análisis de las muestras

La recolección de las rocas se realizó en julio de 2023 y se seleccionaron sitios de fácil acceso y cercanos a los ríos más representativos de cada uno de los cuatro municipios. En la Figura 1 se muestra la localización geográfica de los puntos donde se recolectaron cuatro rocas por sitio, con tamaños entre 2.5 y 7.0 cm en su parte más ancha (ver Figura 2), en el cuadro 1 se resume la ubicación geográfica de cada uno de los sitios muestreados.

Las rocas recolectadas se cortaron por la mitad utilizando una cortadora de baja velocidad a 150 rpm (IsoMet, BUEHLER) con disco de diamante para corte de precisión, la cual empleó agua destilada como agente lubricante. De cada roca, una mitad se fragmentó en partes más pequeñas para realizar la inspección petrográfica utilizando un microscopio metalográfico (Infinity 1, Nikon) y la otra mitad se pulverizó para su análisis por microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de rayos X de energía dispersiva (SEM-EDX).

La preparación de las muestras para la inspección petrográfica se realizó de la siguiente manera: primeramente, se utilizó una desbastadora a una velocidad de 200 rpm (Spectrum System 1000) equipada con lija de carburo de silicio (#1200) y posteriormente se utilizó una pulidora (Labopol-5, Struers) con paño de pulido impregnado con alúmina (1 µm). Ambos procedimientos fueron similares, iniciando en un punto de la muestra y girando a 90° cada 2 minutos hasta volver al punto inicial. Las mitades restantes se pulverizaron y se tamizaron utilizando una malla de acero inoxidable #250 y los polvos finos de cada roca se analizaron por triplicado mediante la técnica SEM-EDX (JEOL JSM-7600F).



Figura 1. Localización geográfica de los cuatro sitios donde se recolectaron las rocas estudiadas en este trabajo

Fuente: investigación directa.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Municipio	Sitio	Coordenadas
Cacahoatán	Ejido El Águila	15° 05' 31" N 92°11' 00" W
Huixtla	Río Huixtla (zona media)	15° 10' 45" N 92°25' 10" W
Tapachula	Río Coatán (Viva México)	14° 58' 33" N 92° 15' 16" W
Villa Comaltitlán	Río Despoblado (Benito Juárez)	15° 13' 27" N 92° 34' 49" W

Fuente: investigación directa



Figura 2. Fotografías de las rocas recolectadas en cuatro municipios del Soconusco

Fuente: investigación directa.

3. Resultados y discusión

La petrografía es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas derivadas de las rocas en estudio, clasificándolas según su textura y composición mineralógica (Donaire & Pascual, 2012). Este tipo de análisis revela una serie de características y/o propiedades evaluables en los cristales y la relación que existen entre ellos, lo que ayuda a determinar la composición de la roca centrándose en la naturaleza y origen de esta (SGM, 2024). En este trabajo, cada una de las rocas estudiadas se partieron por la mitad y se pulieron para obtener una superficie completamente plana para la inspección petrográfica por microscopía óptica; en la Figura 3 se muestran las imágenes representativas de este análisis.

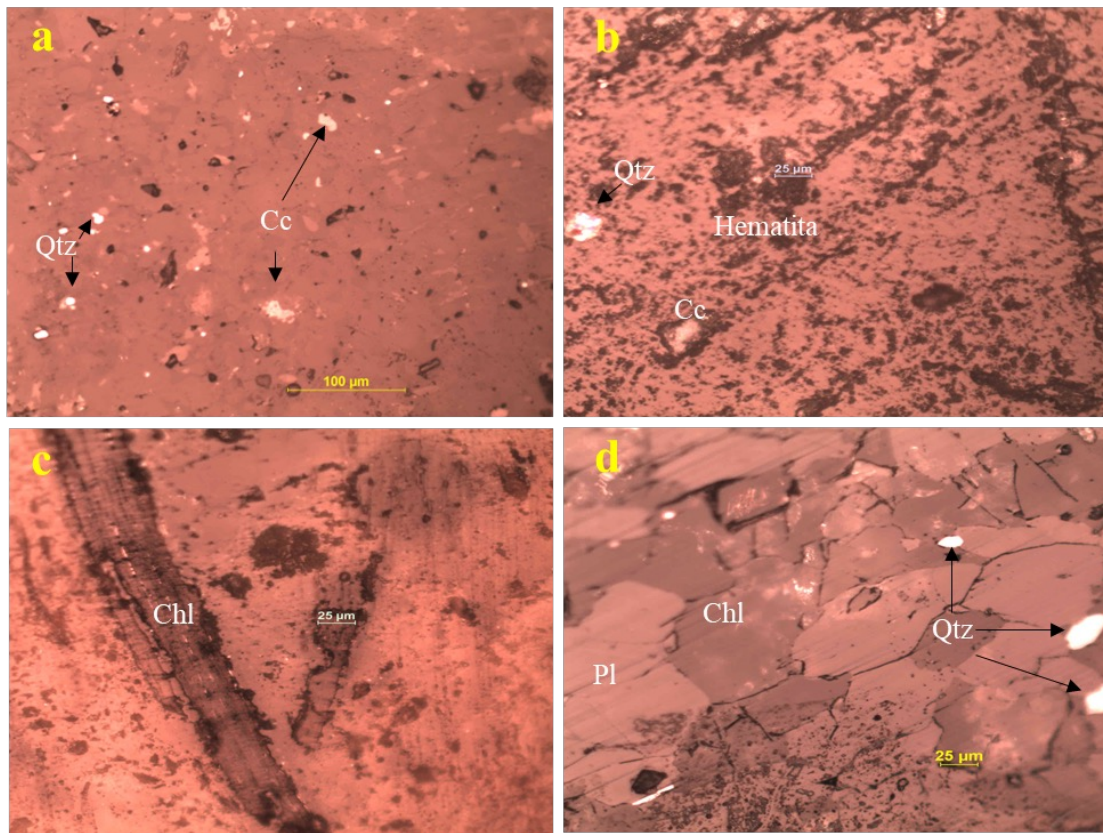


Figura 3. Petrografías de las rocas recolectadas en a) Cacahoatán, b) Huixtla, c) Tapachula, d) Villa Comaltitlán, con una magnificación de 20X

Fuente: investigación directa.

El análisis petrográfico reveló que las rocas estudiadas se componen de distintos minerales como cuarzo (SiO_2) y plagioclasa (albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) - anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)), las plagioclasas son minerales formadores de rocas, que se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas, las cuales se forman cuando el magma se enfría y se solidifica (SGM, 2020) y esto cobra sentido cuando se destaca que los sitios de muestreo se encuentran en una sección de la Sierra Madre de Chiapas donde se localiza el volcán Tacaná en el límite entre Guatemala y México; de hecho, cada uno de los sitios muestreados se localiza en un radio menor a 50 km del complejo volcánico Tacaná y es evidente que el origen de las rocas estudiadas está vinculado a la actividad volcánica durante la conformación de este sistema montañoso, lo que coincide adecuadamente con lo reportado previamente por Arce et al., (2014), García-Palomo et al., (2006), Macías et al., (2010), Mora et al., (2004) y Macías et al., (2000).

En la Figura 3a, que corresponde a una de las muestras de Cacahoatán se observa una superficie compacta con incrustaciones de cuarzos (Qtz), típicos en la plagioclasa (Pl), además se observan incrustaciones de calcita (Cc) y distintos minerales opacos, entre ellos la hematita (Fe_2O_3). Las rocas recolectadas en Huixtla (Figura 3b) presentan una textura con alta porosi-

dad, notablemente diferente a la muestra de Cacahoatán, presenta además incrustaciones de cuarzo (Qtz) y calcita (Cc) en una matriz de plagioclasa (Pl) y es notoria una mayor abundancia de mineral de hierro, principalmente la hematita (Fe_2O_3). En cuanto a la muestra de Tapachula, la abundancia de cuarzo (Qtz) es menor que en los sitios anteriores y se observa la presencia del mineral clorita (Chl) (chamosita $((\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8)$ - clinocloro $(\text{Mg}_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8)$), estos minerales son comunes en diferentes tipos de rocas ígneas por alteración de minerales ferromagnesianos de acuerdo con lo reportado por Pedro Pablo Gil-Crespo, (2024). La textura de las rocas de Villa Comaltitlán es bastante peculiar, mediante la inspección petrográfica se pudo observar una textura compacta tipo mosaico conformada por los límites de grano entre la plagioclasa (Pl) y la clorita (Chl), así como incrustaciones semicirculares de cuarzo (Qtz). Cabe mencionar que en todas las muestras se pueden observar algunas rayas características del proceso de desbaste.

Por otra parte, la morfología y la composición química de las rocas pulverizadas se investigó mediante la técnica SEM-EDX y los resultados se muestran en la Figura 4 y Cuadro 2. Primeramente, la Figura 4 (a, c, e y g) muestra las imágenes obtenidas por SEM a una magnificación de 500X y en ellas se resalta la presencia de fragmentos de cuarzo (SiO_2) típicamente encontrados en la plagioclasa como uno de los principales componentes de las rocas ígneas. Además, los espectros EDX (Figura 4b, d, f y h) indicaron en orden de abundancia la presencia de $\text{O} > \text{Si} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{C} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Ti}$. En el Cuadro 2 se presenta la abundancia promedio de los elementos detectados en las muestras, en ella se observa que la abundancia de Si osciló en un rango de 19.1 – 27.0 wt%, Fe en el rango 2.0 – 17.4 wt%, y Al en el rango de 4.3 – 8.4 wt%. Para el caso de O, este fue el elemento con mayor abundancia entre 49.8 – 56.5 wt% y ello corresponde a su ubicuidad mineral en la formación de óxidos e hidróxidos (O^{2-} , HO^-).

Cabe destacar que los resultados del análisis EDX complementa lo observado mediante la inspección petrográfica. Por ejemplo, las muestras de roca de Cacahoatán y Huixtla contienen los mayores porcentajes de Fe (10.4 y 17.4 wt%, respectivamente) que coincide con la abundancia de la hematita (Fe_2O_3) detectado en las Figuras 3a-b. Además, en las muestras de Cacahoatán y Huixtla, así como en la de Tapachula, la notable abundancia de Si y Fe, así como Al, Na y Ca sugieren la predominancia de minerales del grupo de las plagioclasas, entre ellos la albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), lo cual coincide con lo reportado por (Estrada-Carmona et al., 2009) quienes detallaron que la abundancia de Si (como SiO_2), Al (Al_2O_3), Na (Na_2O) y Ca (CaO) se relacionan con la predominancia de las plagioclasas. En adición, el incremento en el porcentaje de Mg (5.3 wt%) para la muestra de Villa Comaltitlán confirma la presencia de minerales ferromagnesianos (del grupo de la clorita) como chamosita $((\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8)$ y/o clinocloro $(\text{Mg}_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8)$ (Pedro Pablo Gil-Crespo, 2024), lo cual concuerda adecuadamente con lo observado en la Figura 3d.

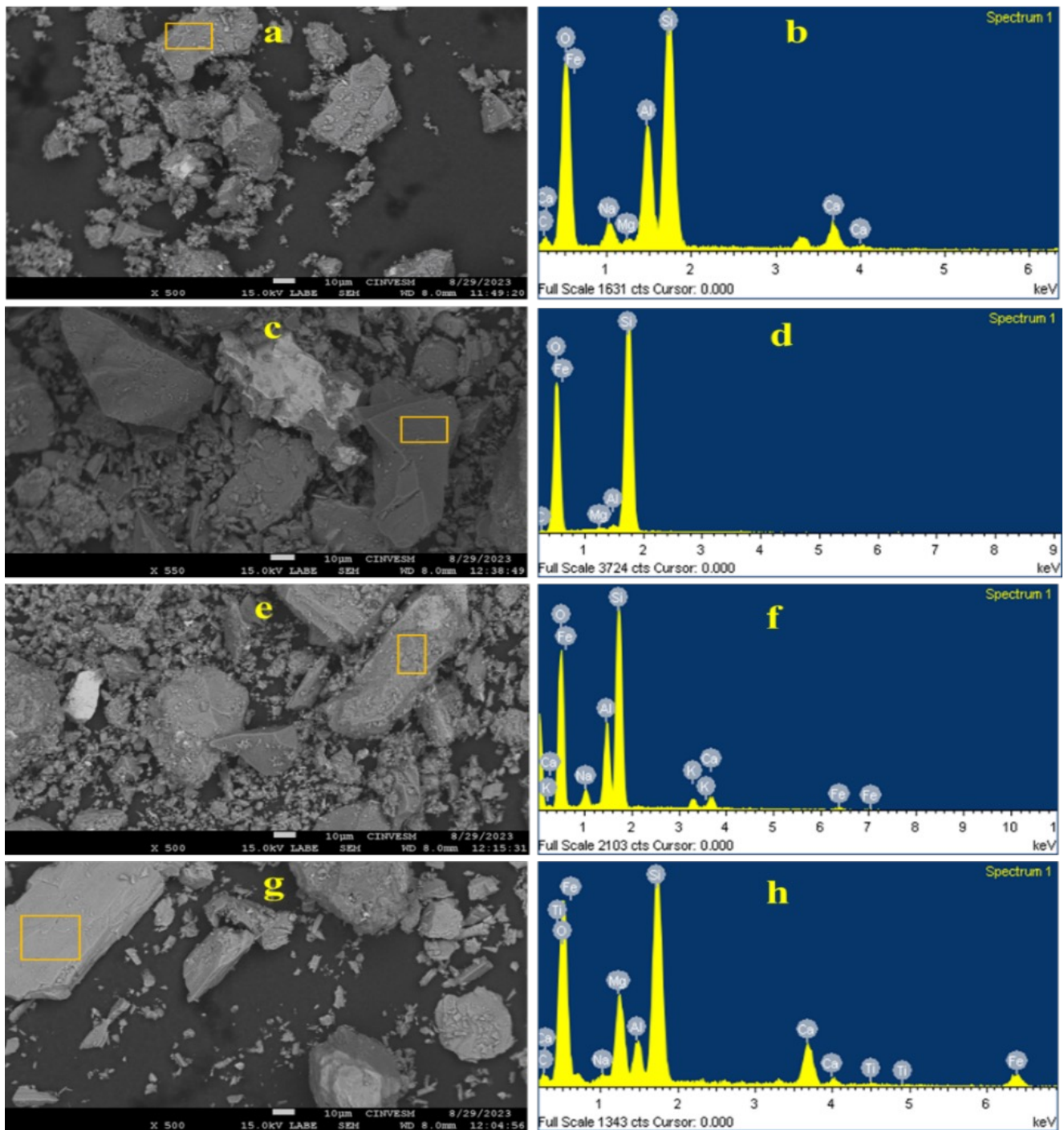


Figura 4. Imágenes SEM y espectros EDX de las rocas trituradas pertenecientes a (a-b) Cacahoatán, (c-d) Huixtla, (e-f) Tapachula y (g-h) Villa Comaltitlán

Fuente: investigación directa.

Cuadro 2. Composición química de las muestras analizadas mediante la técnica EDX (los valores se expresan como promedios de % en masa, n = 3)

Sitio	Al	C	Ca	Fe	K	Mg	Na	O	Si	Ti
Cacahoatán	8.4	8.3	3.3	10.4	0.4	0.6	1.7	49.8	16.1	1.1
Huixtla	4.3	2.1	1.5	17.4	0	0.3	1.8	52.3	20.2	0
Tapachula	8.0	0	2.4	2.0	1.9	0	2.1	56.5	27.0	0
Villa Comaltitlán	4.6	4.1	4.4	5.3	0	5.3	2.3	54.3	19.1	0.5

Fuente: investigación directa.

Finalmente, es importante destacar que los resultados de este trabajo son una primera aproximación en el estudio de la composición química de las rocas del Soconusco. Como se declaró al inicio del documento, el objetivo de este estudio fue aportar conocimiento acerca de composición de diversas rocas recolectadas en cuatro municipios del Soconusco. Cabe mencionar que el número de sitios muestreados, así como el número de rocas analizadas es una de las principales limitaciones de este trabajo en comparación con la amplia extensión de la región de estudio. Por ello, en estudios posteriores se sugiere realizar un muestreo más extenso y con mayores alcances, donde pueden incluirse otras técnicas de caracterización como la difracción de rayos X (DRX) y la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) para realizar una descripción aún más detallada de la composición mineral de las rocas del Soconusco.

4. Conclusiones

Las muestras analizadas en este trabajo son rocas ígneas cuyo origen está vinculado con la actividad del complejo volcánico Tacaná en la región Soconusco al sur sureste de México. En su mayoría, las rocas recolectadas en Cacahoatán, Huixtla y Tapachula se componen de minerales del grupo de las plagioclasas, como la albita y la anortita, mientras que las rocas de Villa Comaltitlán presentaron notables agregaciones de minerales de la clorita como la chamosita. El análisis EDX complementó lo observado en el análisis petrográfico y reveló que los elementos más abundantes en las rocas estudiadas fueron O, Si, Fe y Al. Finalmente, este trabajo contribuye al conocimiento de la composición mineral de las rocas en el Soconusco, Chiapas.

Bibliografía

- Arce, J. L., Walker, J., & Keppie, J. D. (2014). Petrology of two contrasting Mexican volcanoes, the Chiapanecan (El Chichón) and Central American (Tacaná) volcanic belts: the result of rift-versus subduction-related volcanism. *International Geology Review*, 56(4), 501–524. <https://doi.org/10.1080/00206814.2013.879375>
- Castro Dorado, A. (2015). Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas. *Ediciones Parainfo, SA., 1°*.
- Donaire, T., & Pascual, E. (2012). Talleres Propiedades básicas de petrografía óptica aplicadas a la

- clasificación y estudio de las rocas ígneas classification and study of igneous rocks. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 2012, 188–197.
- Estrada-Carmona, J., Weber, B., Hecht, L., & Martens, U. (2009). P-T-t trajectory of metamorphic rocks from the central Chiapas Massif Complex: The Custepec Unit, Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(1).
- García-Palomo, A., Macías, J. L., Arce, J. L., Mora, J. C., Saucedo, R., Espíndola, J. M., Escobar, R., & Layer, P. (2006). Geological evolution of the Tacaná Volcanic Complex, México-Guatemala. *Special Paper of the Geological Society of America*, 412(412). [https://doi.org/10.1130/2006.2412\(03\)](https://doi.org/10.1130/2006.2412(03))
- Macías, J. L., Arce, J. L., García-Palomo, A., Mora, J. C., Layer, P. W., & Espíndola, J. M. (2010). Late-Pleistocene flank collapse triggered by dome growth at Tacaná volcano, México-Guatemala, and its relationship to the regional stress regime. *Bulletin of Volcanology*, 72(1). <https://doi.org/10.1007/s00445-009-0303-9>
- Macías, J. L., Espíndola, J. M., García-Palomo, A., Scott, K. M., Hughes, S., & Mora, J. C. (2000). Late Holocene Peléan-style eruption at Tacaná volcano, México and Guatemala: Past, present, and future hazards. *Bulletin of the Geological Society of America*, 112(8). [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2000\)112<1234:LHPEAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2000)112<1234:LHPEAT>2.0.CO;2)
- Mora, J. C., Macías, J. L., García-Palomo, A., Arce, J. L., Espíndola, J. M., Manetti, P., Vaselli, O., & Sánchez, J. M. (2004). Petrology and geochemistry of the Tacaná Volcanic Complex, México-Guatemala: Evidence for the last 40 000 yr of activity. *Geofísica Internacional*, 43(3). <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.2004.43.3.963>
- Pedro Pablo Gil-Crespo. (2024). *Atlas de Mineralogía Óptica, Clorita*. <https://www.ehu.es/mineralogiaoptica/clorita.html>
- Puy-Alquiza María Jesús, Miranda-Avilés Raúl, Salazar-Hernández Carmen, Vega-González Marina, C.-J. J. A. (2013). Characterization Petrophysical of the Losero Formation in the Historical Architecture of the Guanajuato city, Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(2), 191–205. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72236-4](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72236-4)
- SGM, S. G. M. (2020). *Rocas ígneas*. Servicio Geológico Mexicano. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html>
- SGM, S. G. M. (2024). *Petrografía*. Servicio Geológico Mexicano. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>
- Weber, B., Hecht, L., Molina-Garza, R., & Köhler, H. (2002). El descubrimiento de basamento metasedimentario en el macizo de Chiapas: la “unidad la sepultura. *GEOS*, 22(1).

Roles de los coautores en el proceso de investigación que condujo al presente documento.

Zamora Martínez, López Velázquez y Cruz Andrade. Responsables del cuidado del proceso de investigación, su metodología y la experimentación

El Profesor López Velázquez. Responsable de la validación de los resultados, seguimiento del proceso de la investigación, su supervisión y manuscrito original.

El Profesor Hoil Canul. Administrador del proyecto, análisis formal de los datos y resultados, su-

pervisión del proceso de investigación, redacción, revisión y edición del documento final.
El Profesor Maldonado López. Adquisición de fondos para la investigación, análisis formal de datos y resultados, su supervisión, redacción, revisión y edición del documento final.