



EPISTEMUS: Ciencia, Tecnología y Salud  
ISSN: 2007-8196  
Universidad de Sonora

Vázquez Gómez, Dora Elí; Carranza García, Daniel; Rojas Beltrán, Marco A.; Badillo Leyva, Jessica E.; Benítez Espinosa, Juan José  
Caracterización química, petrográfica y espectral de la Garnierita de República Dominicana  
EPISTEMUS: Ciencia, Tecnología y Salud, vol. 16, núm. 32, 10, 2022, Enero-Junio  
Universidad de Sonora

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.201>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=726276431010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

## Caracterización química, petrográfica y espectral de la Garnierita de República Dominicana

DORA ELÍ VÁZQUEZ GÓMEZ, DANIEL CARRANZA GARCÍA, MARCO A. ROJAS BELTRÁN, JESSICA E. BADILLO LEYVA, JUAN JOSÉ BENÍTEZ ESPINOSA.

### RESUMEN

*La garnierita es un silicato hidratado de magnesio y níquel, que se encuentra asociado a depósitos en la zona de intemperismo de rocas ultramáficas serpentinizadas. En el presente trabajo se presentan datos analíticos de una muestra a la que se le realizaron estudios petrográficos, Fluorescencia de Rayos X (FRX), Difracción de Rayos X (DRX) y espectrorradiometría. La muestra pertenece a las peridotitas serpentinizadas de la formación Loma Caribe, en la parte central de República Dominicana. Petrográficamente, se identifica sepiolita-falcondita y calcedonia. Los análisis de FRX muestran altos valores de Ni, Cu, Fe. Para la DRX se determina garnierita y cuarzo asociado. Espectrorradiometricamente, se obtienen minerales de stevensita, saponita, muscovita, glaucofana e illita magnésica. Con esta muestra también fue posible demostrar y presentar por primera vez la firma espectral que identifica el mineral garnierita de República Dominicana brindando nueva y más actualizada información sobre este mineral.*

**Palabras clave:** garnierita, República Dominicana, rocas ultramáficas, serpentinas

<sup>1</sup>Ingéniero geólogo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Área Ciencias de la Tierra, Programa de Ingeniería en Geología, Av. Doctor Manuel Nava 8, Zona Universitaria Poniente, San Luis Potosí, México, C. P. 78290. Tel + 52 (444) 826 23 00 Exts. 6048 y 6084.

<sup>2</sup>Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Área Ciencias de la Tierra, Programa de Ingeniería en Geología, Av. Doctor Manuel Nava 8, Zona Universitaria Poniente, San Luis Potosí, México, C. P. 78290. Tel + 52 (444) 826 23 00 Exts. 6048 y 6084.

<sup>3</sup>Ingéniero geólogo, Consultoría en Estudios Petrográficos. Calle Tauro No. 173, Fracc. Central, C.P. 78399, San Luis Potosí, México. Tel + 52 (444) 449 21 86.

<sup>4</sup>Ingéniero geólogo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Metalurgia, Programa de Maestría en Ingeniería de Minerales. Sierra Leona #550, Lomas 2<sup>o</sup> Sección C.P. 78350. San Luis Potosí, S.L.P. Tel: (444) 826 14 50.

**Autor de Correspondencia:** Dora Elí Vázquez Gómez, [vazquez\\_120995@outlook.com](mailto:vazquez_120995@outlook.com)

**Recibido:** 22 / 10 / 2021

**Aceptado:** 20 / 05 / 2022

**Publicado:** 23 / 05 / 2022

### Cómo citar este artículo:

Vázquez, D. E., Carranza García, D., Rojas Beltrán, M. A., Badillo Leyva, J. E., & Benítez Espinosa, J. J. (2022). Caracterización química, petrográfica y espectral de la Garnierita de República Dominicana. *EPISTEMUS*, 16(32). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.201>

## Chemical, Petrographic and Spectral Characterization of the Dominican Republic's Garnierita

### ABSTRACT

**Garnierite is a hydrated silicate of magnesium and nickel, which is associated with deposits in the weathering zone of serpentinized ultramafic rocks. In this work, analytical data (petrographic studies, X-R Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD) and spectroradiometry) are presented from a representative sample. The sample belongs to the serpentinized peridotites of Loma Caribe formation, in the central part of the Dominican Republic. Petrographically, sepiolite-falcondoite and chalcedony are identified. XRF analyses show high values of Ni, Cu, Fe. For XRD, garnierite and associated quartz are determined. Spectroradiometrically, stevensite, glaucophane, muscovite and magnesium illite are obtained. With this sample, it was also possible to demonstrate and present for the first time the spectral signature that identifies the garnierite mineral from Dominican Republic, providing new and more updated information on this mineral.**

**Key words:** Garnierite, Dominican Republic, ultramafic rocks, serpentinites



## Introducción

La garnierita adopta su nombre en honor a su descubridor Jules Garnier en Nueva Caledonia y actualmente es el nombre dado para denominar a los silicatos hidratados de níquel y magnesio [1]. Es un mineral de color verde que puede incluir dos o más minerales de: serpentina, talco, sepiolita, esmectita y clorita [2, 3]. Se forma a partir de la meteorización de rocas lateríticas ultramáficas y se presenta en muchos de los depósitos lateríticos del mundo. Las lateritas ricas en níquel, se desarrollaron sobre las peridotitas serpentinizadas de la Formación Loma Caribe, expuestas en la cordillera central de República Dominicana y están relacionadas con las ofiolitas que afloran a lo largo del margen norte de la placa del caribe [2]. La garnierita ha sido descrita desde el punto de vista mineralógico, composición química y petrografía [2, 3, 4]; sin embargo, en el caso de México, este tipo de minerales, son escasamente conocidos, por lo que describirlos y contar con una base de información local, facilita su conocimiento, y su aprendizaje. Además, en el caso de sus características espectrales, estas no han sido reportadas en las distintas bibliotecas espectrales, como la del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS; por sus siglas en inglés – *United States Geological Survey*) [5], o bien, del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL, por sus siglas en inglés -*Jet Propulsion Laboratory*) [6]. Por lo que este trabajo representa una importante contribución, en el conocimiento de las propiedades de este mineral.

La Formación Loma Caribe, son peridotitas que forman parte de un cinturón ofiolítico que aflora en la cordillera central de República Dominicana. El cuerpo de las peridotitas tiene un ancho entre 4-5 km, y se extiende por unos 95 km. Consiste principalmente de hazburgitas, dunitas y lherzolitas [7]. Estas peridotitas, se encuentran serpentinizadas, y han generado suelos lateríticos ricos en níquel [8]. La edad estimada de la meteorización (lateritización), comenzó a



principios del Mioceno, cuando las peridotitas serpentinizadas, fueron expuestas al intemperismo y erosión. Los depósitos de lateritas ricas en níquel, se clasifican de acuerdo como del tipo de sílice hidratado. La garnierita ocurre en los horizontes saprolíticos por debajo de una delgada capa de limonita [7].

## METODOLOGÍA

La muestra fue traída por un grupo de estudiantes de intercambio académico, del programa de Ingeniería en Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, que realizaron un viaje de estudios a República Dominicana. Durante este viaje, se tomaron muestras para enriquecer las colecciones de los laboratorios de mineralogía y petrografía de la carrera de Geología de la UASLP. Entre las muestras colectadas, está la garnierita, objeto de este trabajo. El siguiente paso, fue la recopilación de la información bibliográfica disponible para la garnierita de República Dominicana y se digitalizó la cartografía geológica. Posteriormente se realizó la descripción megascópica, y petrográfica. Se preparó una lámina delgada, para su estudio petrográfico; el equipo utilizado fue un microscopio petrográfico Olympus BX41, con objetivos 4x, 10x y 20x, platina giratoria. Para las determinaciones de Fluorescencia de Rayos X, se realizaron dos mediciones con un equipo portátil Thermo Scientific Niton XL2, el cual tiene capacidad de medición de hasta 33 elementos y opera con una excitación máxima de 45 kV/100 µA. Las determinaciones de la firma espectral fueron obtenidas por dos mediciones con un equipo de espectro-radiometría Halo TerraSpec. El rango de medición va de 350 nm a 2500 nm (rango UV-SWIR). La calibración es primero manual, con un blanco externo, para posteriormente, auto calibración de forma automática con un blanco interno. Para la Difracción de Rayos X, las muestras se prepararon a un tamaño de partícula menor a 400 mallas (-37 µm) y el polvo resultante

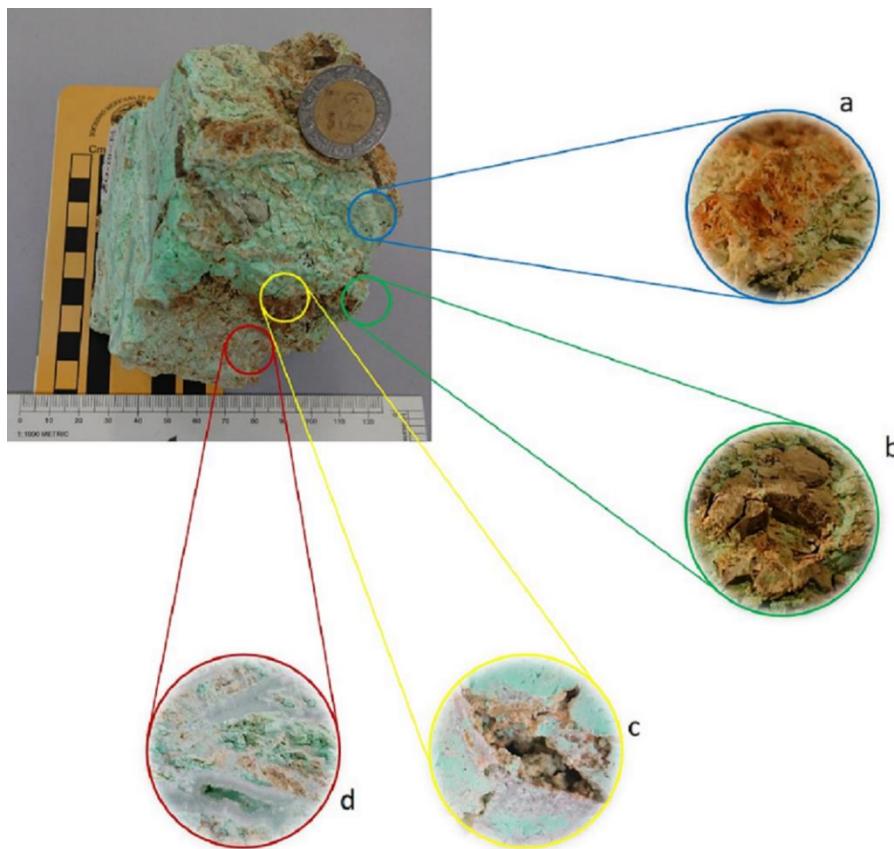


fue compactado sobre un portamuestra de vidrio (4 g), evitando orientaciones preferenciales. El equipo utilizado para este análisis fue un difractómetro de rayos X Bruker, modelo D8 Advance Davinci, operando bajo las siguientes condiciones: voltaje de 40 kV, intensidad de 35 mA,  $2\theta = 4^\circ$  a  $90^\circ$ , tamaño de paso de 0.02, velocidad de paso de 0.3 s con un tiempo total de prueba de 21 minutos. Los resultados obtenidos son representados en un espectro típico de DRX llamado difractograma, en el cual cada pico está asociado a un mineral detectado en la muestra.

## RESULTADOS

### Descripción megascópica

Muestra RD-18-02, de color verde con manchas en tonos beige-blanquecino, estructura masiva, pero deleznable, hábito pulverulento o polvoso, no presenta formas cristalinas, amorfo, con vetíleos de cuarzo de color blanquecino, en ocasiones se forman estructuras abiertas, con textura brechoide, y en forma de navajas; manchas de color café en algunas partes. La muestra tiene una baja dureza (< 3) y es muy deleznable (Figura 1).



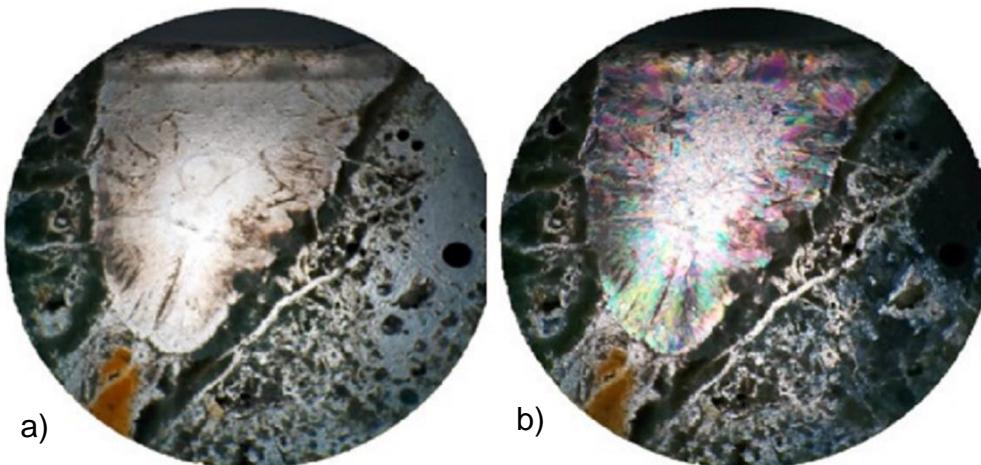
**Figura 1.** Muestra de mano de garnierita (RD-18-02). Donde resalta el color verde con tonalidades blancas, así como parches de limonita asociada a fracturas. En los acercamientos, se puede notar la presencia de cristales planares (a, b), que parecen ser micas; las manchas de color café, se deben a la presencia de óxidos (limonita). C) estructura abierta, con relleno de cristales de cuarzo de baja temperatura, y limonita secundaria asociada. D) Estructura de red, textura brechoide, formada por los hilos blanquecinos de la garnierita. Se aprecia que los cristales de garnierita están cortados por un boxwok intenso de calcedonia. Ubicación geográfica: 19Q 361898 2103068 UTM.

### Descripción petrográfica

La muestra presenta las siguientes características en luz natural: es opaca con partes translúcidas, de color pardo-verdoso, con bordes en tonos verdes más claros. Se encuentra intensamente fracturada, con hábito de red, presencia de vetillas incoloras, con bordes parcialmente oxidados de color café-ocre. Se observan algunos fragmentos líticos y fantasmas de



cristales de olivino (?). En luz polarizada el material opaco-translúcido, adquiere un color pardo-grisáceo, con tonos verdes (falcondita). Dada la opacidad, no se observan otras propiedades ópticas en la muestra. En el caso de las vetillas, se detecta la presencia de calcedonia-cuarzo de baja temperatura en la parte interna y sepiolita-falcondita, en la parte externa (Figura 2).



**Figura 2. Petrografía de la muestra RD-18-02. a) Nicols paralelos: se observa una fractura abierta, con relleno de óxidos (limonita color ocre), calcedonia en las partes internas, y material arcilloso, de color pardo-café, en los bordes de la estructura. La vetilla se encuentra hospedada en material translúcido, de color pardo-verdoso, es notoria la porosidad de la muestra. B) Nicols cruzados, donde se observa que los minerales (sepiolita-falcondita) adquieren un hábito acicular, con colores de interferencia de 3er orden, con alta birrefringencia. Las arcillas permanecen con color café. El material verdoso, de la roca encajonante se asocia a la sepiolita (?). Amplitud del campo visual 3.5 mm.**

### Fluorescencia de Rayos X

Se realizaron análisis de Fluorescencia de Rayos X a la muestra. Los resultados se sintetizan en la Tabla 1. Con el equipo utilizado se detectaron 15 elementos.

**Tabla 1. Resultados de XRF para la garnierita. Síntesis de una muestra analizada (RD-18-02). Se reportan las medidas estadísticas de máxima, mínima, el promedio, el error, así como el número de mediciones en donde sale el elemento analizado.**

No.	Elemento químico	Max (ppm)	Min (ppm)	Prom (ppm)	Error ( $\pm$ )	No. Med.
1	Ni	354300	254100	304200	4300	2
2	Cu	159000	127700	143350	3000	2
3	Fe	25000	24000	24500	2100	2
4	Mn	13600	10900	12250	2100	2
5	Co	8210	5416	6813	1386	2
6	U	3690	3119	3404	320	2
7	Pb	1717	1434	1575	289	2
8	Sr	1154	910	1032	92	2
9	As	810	613	711	225	2
10	Th	849	507	678	130	2
11	Pd	601	445	523	78.5	2
12	Ba	577	446	511	72.5	2
13	Te	205	182	193	41.5	2
14	Cs	113	92	102	14.5	2
15	Sb	72	62	67	16.5	2

Como se puede apreciar en la Tabla 1, los elementos que aparecen en las mediciones son Ni, Cu, Fe, Mn, Co, U, Pb, Sr, As, Th, Pd, Ba, Te, Cs, Sb. El elemento identificado con mayor abundancia es el Ni, correspondiendo a la composición de la garnierita; le sigue el Cu, elemento que se presenta en yacimientos de níquel, además de tener alto contenido de Fe y Mn. Los elementos restantes se encontraron en menor proporción, y se identificaron elementos radioactivos como U, Th y Cs.

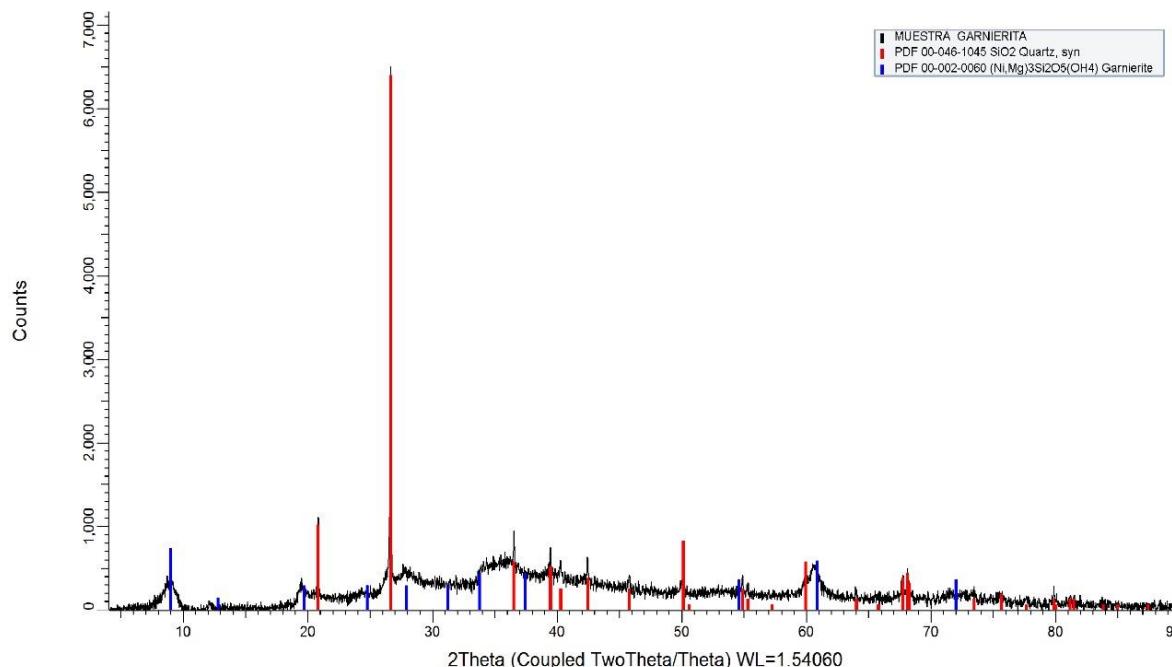
En las mediciones de FRX, el níquel y el cobre forman parte de la composición de la garnierita y son los elementos con el mayor contenido medido (Cu 159000 ppm y Ni 354300 ppm, en promedio). El hierro y el manganeso son comunes como parte de minerales derivados de



intemperismo. Es importante remarcar la presencia de cobre, níquel y manganeso, que pueden ser responsables de la coloración particular de la garnierita.

### Difracción de Rayos X

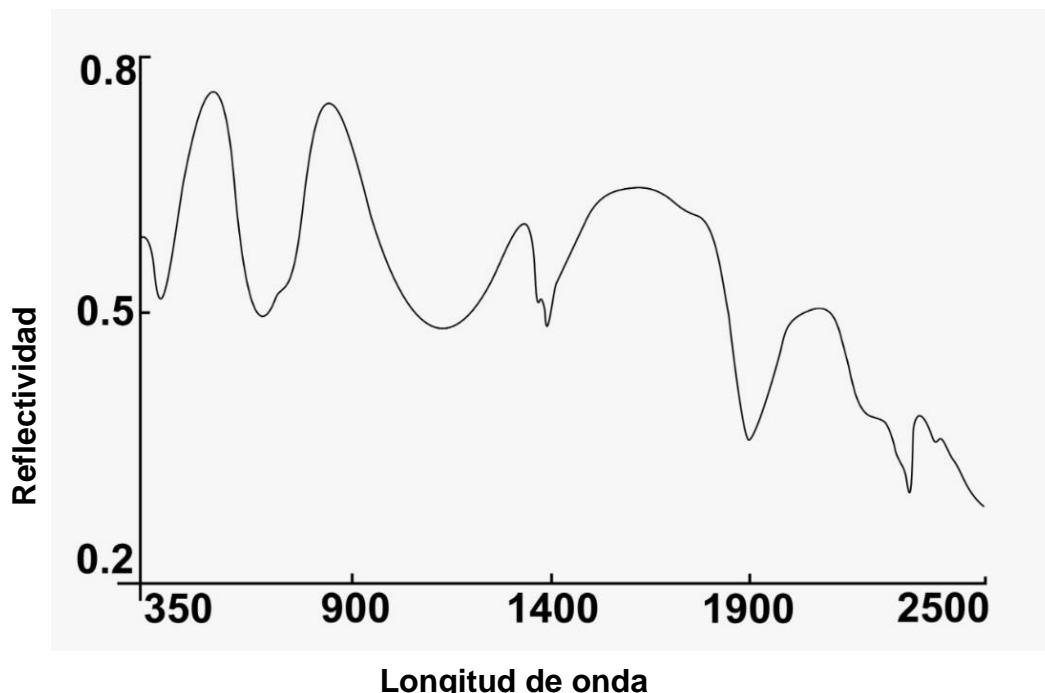
A través de la técnica de Difracción de Rayos X (DRX), se detectaron 2 minerales dentro de la muestra: cuarzo y garnierita. El cuarzo presenta un pico máximo a  $26.5^\circ$ , y otros picos  $20.9^\circ$  y  $50.1^\circ$ , además de otros picos con conteos menores. Lo importante del análisis de DRX es que, se identifica positivamente a la garnierita, la cual presenta picos en  $33.8^\circ$ ,  $37.3^\circ$  y  $60.9^\circ$  (Figura 3).



**Figura 3. Difractograma de la muestra RD-18-02. Se logran identificar 2 minerales: garnierita y cuarzo. Los picos de intensidad en la señal de conteo para el cuarzo están en un ángulo de difracción ( $2\theta$ ) de  $20.9$ ,  $26.5$ ,  $37.4$ ,  $39.1$ ,  $50.1$ , y  $60.9$ , y algunos otros picos de menor intensidad. Nótese que la señal del cuarzo es máxima en  $26.5$ . Para el caso de la garnierita, los picos en  $2\theta$ , están en  $9.0$ ,  $19.4$ ,  $24.8$ ,  $27.9$ ,  $31.2$ ,  $33.8$ ,  $37.4$ ,  $54.6$ ,  $60.9$  y  $72.0$ . Los cuales son consistentes con el reporte PDF que identifica positivamente a la garnierita.**

## Espectrorradiometría

Se determinó la firma espectral mediante spectrorradiometría, abarcando un rango de 350 hasta 2500 nm (UV-SWIR). En el eje de las X, se tiene la longitud de onda, en nanómetros, y en el eje Y, se tiene la reflectividad en décimas, que corresponde con el porcentaje (x100). En la firma espectral se observan tanto picos positivos, como picos negativos de reflectividad a lo largo de la curva (Figura 4). Con esta técnica, se detectó la presencia de stevensita, saponita, muscovita, glaucofana, magnesita e illita magnesica.



**FIGURA 4.** Firma espectral de la muestra RD-18-02. La firma espectral abarca el rango del espectro electromagnético de los 350 hasta 2500 nanómetros (UV-SWIR). En el eje de las X, se tiene la longitud de onda, en nanómetros, y en el eje Y, se tiene la reflectividad en décimas, que corresponde con porcentaje (X100). Se observan picos positivos de reflectividad a los 450 NM (0,75), 875 NM (0,73), 1310 NM (0.58 %), 1600 NM (0,61), 2100 NM (0,48) Y 2400 NM (0,37). Así como picos negativos en: 360 NM (0,52), 650 NM (0,5), 1190 NM (0,49), 1400 NM (0,49), 1890 NM (0,35) Y 2310 NM (0,3).



## DISCUSIÓN

A partir de los diferentes análisis realizados sobre la muestra de garnierita (RD-18-02), se detecta la presencia de distintos minerales a través de diferentes técnicas analíticas, como se observó por petrografía: sepiolita-falcondita-calcedonia; lo cual coincide con lo reportado en la literatura [3, 7]. Con FRX, se detecta la presencia de elementos como Ni, Cu, siendo los posibles responsables de la coloración verde en que se aprecia el mineral [8, 2, 4]; además de detectar Fe y Mn. Con respecto a la DRX, se prueba la existencia de garnierita, además de cuarzo. Y finalmente, a través de la firma espectral, se detecta la presencia de los minerales stevensita, saponita, muscovita, glaucofana, magnesita e illita magnésica, manifestando un enriquecimiento en magnesio, hierro y aluminio. Así como una asociación con minerales de intemperismo-alteración (saponita, illita magnésica) relacionados con serpentinitas, lo cual es concordante con la geología de la zona [7, 2]. Además, y como contribución de este trabajo, la firma espectral de la muestra, no coincide con alguna otra firma, de las principales bases de datos de firmas espectrales, tales como las de la biblioteca espectral del laboratorio de propulsión a chorro [6], ni en el servicio geológico estadounidense [5]. Siendo así esta firma espectral, la primera vez que se describe.

## RECONOCIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Ing. David Andrade, por los resultados de espectrorradiometría y FRX, además del Ing. Jorge Luis Centeno Herrera, quien gentilmente donó las muestras al laboratorio de petrografía del programa de Ingeniería en Geología de la UASLP, y en consecuencia proporcionar la muestra de garnierita de República Dominicana para este trabajo.

## Referencias

- J. de D. Varela, "La Estructura de las Garnieritas", Geología Colombiana, No. 13, pp. 29-40, 1984.
- [1] J. A. Proenza, J. F. Lewis, S. Galí, E. Tauler, M. Labrador, J. C. Melgarejo, F. Longo, and G. Bloise, "Garnierite Mineralization from Falcondo Ni-Laterite Deposit (Dominican Republic)", SEM, macla No. 9, pp. 197-198, Septiembre 2008.
- [2] E. García-Romero, M. Suárez-Barrios, E. Tauler, J. Proenza, J. F. Lewis and F. Longo, "Ni-Sepiolita en depósitos de Lateritas de República Dominicana: Variaciones Composicionales", SEM, macla No. 11, pp. 93-94, Septiembre 2009.
- R. N. Clark, G. A. Swayze, A. J. Gallagher, T. V. V. King, and W. M. Calvin, "Digital Spectral Library: version 1: 0.2 to 3.0 microns", The U. S. Geological Survey, U. S. Geological Survey Open Report 98-592, pp. 1340, 1993.
- [3] E. Tauler, J. A. Proenza, S. Galí, J. F. Lewis, M. Labrador, E. García-Romero, M. Suarez, F. Longo, and G. Bloise, "Ni-Sepiolite-falcondoite in garnierite mineralization from Falcondo Ni-laterite deposit, Dominican Republic", Clay Minerals, Vol. 44, pp. 435-454, 2009.
- [4] R. N. Clark, G. A. Swayze, A. J. Gallagher, T. V. V. King, and W. M. Calvin, "Digital Spectral Library: version 1: 0.2 to 3.0 microns", The U. S. Geological Survey, U. S. Geological Survey Open Report 98-592, pp. 1340, 1993.
- [5] C. I. Grove, S. J. Hook, and E. D. Paylor, "Laboratory reflectance spectra for 160 minerals 0.4 – 2.5 micrometers" JPL publication 92-2, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, 1992.
- [6] J. F. Lewis, G. Draper, J. A. Proenza, J. Espatilla, and J. Jimenez, "Ophiolite-related ultramafic rocks (serpentinites) in the Caribbean region: a review of their occurrence, composition, origin, emplacement and Ni-laterite soils formation" Geologica Acta, 4, pp. 237-263, 2006.
- [7] J. A. Proenza, F. Zaccarini, J. Lewis, F. Longo, and G. Garuti, "Chromite composition and platinum-group mineral assemblage of PGE-rich Loma Peguera chromitites, Loma Caribe peridotite, Dominican Republic", The Canadian Mineralogist, 45, 21, pp. 1-228, 2007.

### Cómo citar este artículo:

Vázquez, D. E., Carranza García, D., Rojas Beltrán, M. A., Badillo Leyva, J. E., & Benítez Espinosa, J. J. (2022). Caracterización química, petrográfica y espectral de la Garnierita de República Dominicana. *EPISTEMUS*, 16(32). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.201>

