

Variabilidad de la firma hiperespectral en función del tratamiento de muestras petrológicas: implicaciones metodológicas

Carmen María Álvarez-Redondo (1*), Mercedes Suárez (2), Teresa Llorens González (3), Javier Martínez-Martínez (1)

(1) Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), 28760, Tres Cantos, Madrid, (España)

(2) Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, 37008, Salamanca (España)

(3) Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), 37001, Salamanca (España)

* corresponding author: cm.alvarez@igme.es

Palabras Clave: Firma hiperespectral, Muestras petrológicas. **Key Words:** Hyperspectral signature, Petrological samples.

INTRODUCCIÓN

El análisis hiperespectral es una técnica de laboratorio no destructiva que ha suscitado gran interés en las últimas décadas para caracterizar muestras petrológicas, basada en la reflectancia/absorbancia de cada mineral en el espectro de luz visible e infrarroja (400-12000 nm). Hay tres grandes campos de estudio en geología en los que se realizan trabajos de identificación mineral mediante espectroscopía VNIR-SWIR (400-2500 nm): suelos, exploración extraplanetaria y prospección y estudio de yacimientos minerales (Suárez, 2025). Sin embargo, la versatilidad y potencialidad de la técnica hace que se esté ampliando el rango de materiales geológicos y contextos en los que se aplica, siendo necesario analizar si el tipo de muestra o acabado afecta a su respuesta hiperespectral. El objetivo de este trabajo es el análisis de la firma hiperespectral de una misma muestra con diferentes tratamientos y acabados superficiales, analizando su variabilidad y evaluando la versatilidad de la técnica aplicada a estudios petrológicos.

METODOLOGÍA

Las muestras utilizadas corresponden a sienogranitos y monzogranitos con textura holocristalina inequigranular, procedentes de las canteras de Chapinería (Madrid), San Pablo de los Montes (Toledo) y Malamedona (Toledo). Estos granitoides se encuentran en diferentes estados de preparación; como son: lámina delgada, taco asociado a cada lámina delgada, pulverizados cuyas imágenes han sido adquiridas con y sin bolsa de muestreo, y muestras de mano con superficies rugosas (muestra natural) y lisas o con acabado “al corte”. Todas las imágenes han sido adquiridas con una cámara hiperespectral HySpex Neo SWIR-640, disponible en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), efectiva entre los 960 y los 2500 nm y con una resolución espectral de 4,38 nm, obteniendo 360 bandas y 640 píxeles por línea. El panel de referencia empleado (referencia blanca) es un SphereOptics SG 3168 con un 50% de reflectancia. El software de adquisición de imágenes es Breeze Hyperspectral Imaging, de Prediktera. Los espectros obtenidos han sido tratados con el filtro de Savitzky-Golay. El tratamiento posterior de las imágenes hiperespectrales fue procesado mediante scripts de Python.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha comparado la diferencia de respuesta hiperespectral entre (a) una lámina delgada y su taco de roca asociado; (b) una lámina delgada y el fondo empleado en la obtención de la imagen (folio); (c) una lámina delgada y una muestra equivalente (diferente del taco asociado a la lámina); (d) un taco asociado a lámina y el folio; (e) un pulverizado dentro y fuera de su bolsa de almacenaje; (f) un pulverizado y su taco asociado; (g) dos regiones de diferente tamaño dentro de una misma muestra de mano; (h) una superficie natural de una muestra y su equivalente en acabado “al corte” (Fig. 1).

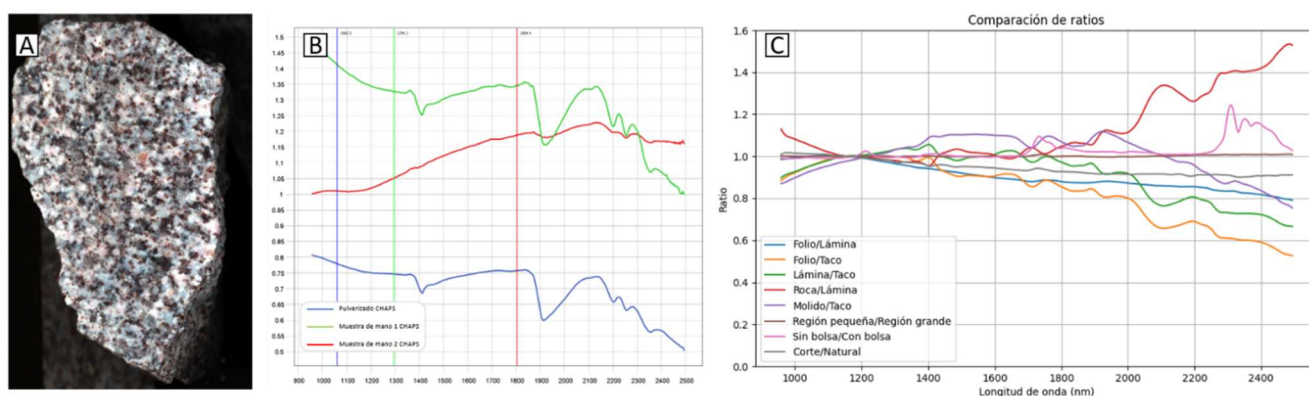


Fig 1. A. Imagen hiperespectral de una muestra de mano (acabado “al corte”); B. Dos firmas hiperespectrales de dos muestras de mano (acabado “al corte”) frente a la firma hiperespectral de su equivalente pulverizado; C. Todas las ratios obtenidas.

Los espectros (expresados en reflectancia) se han normalizado respecto a la reflectancia máxima y se ha obtenido la ratio resultante de dividir la reflectancia normalizada de un espectro respecto a otro en cada una de las bandas a lo largo de todo el rango de longitud de onda estudiado. Esta ratio toma como referencia el valor 1. Si la ratio, a lo largo de todas las bandas, es igual a 1, significa que la respuesta hiperespectral de las dos muestras comparadas es idéntica. Cuanto mayor sea la desviación respecto a 1, significa que la respuesta en esas bandas no es equivalente.

La mayor similitud espectral se ha obtenido al estudiar dos regiones con diferentes áreas de estudio dentro de una misma muestra (Fig. 1C); mientras que la variabilidad más alta se encuentra entre la respuesta hiperespectral de una muestra de mano y su lámina delgada. Este resultado pone en duda la viabilidad de estudiar láminas delgadas con esta técnica, ya que la técnica está basada en la reflectancia y las láminas delgadas tienen un alto grado de transparencia, de modo que la firma hiperespectral resultante está fuertemente contaminada por la respuesta del fondo empleado para apoyar la lámina. Las muestras pulverizadas atenúan y difuminan la respuesta hiperespectral frente a la resultante de la muestra de mano (Fig. 1B), ya que las muestras estudiadas son poliminerálicas y sus respuestas espectrales van a depender en gran medida del tamaño de grano y de la composición en la región estudiada. También cabe destacar que los pulverizados estudiados dentro de una bolsa de plástico añaden ruido en las bandas de alta longitud de onda (2200-2500 nm). El acabado superficial de las muestras también condiciona la respuesta hiperespectral. La reflectancia global aumenta para superficies lisas respecto a superficies rugosas, manteniendo la forma general de la firma hiperespectral. Esto se debe al efecto de reflexión difusa que produce la superficie rugosa (Rost et al., 2018).

CONCLUSIONES

El acabado superficial o tratamiento de las muestras petrológicas modifica fuertemente la respuesta hiperespectral de la roca. La forma óptima son superficies lisas con baja rugosidad, mientras que la opción más desfavorable es el estudio de láminas delgadas. El estudio de muestras pulverizadas es viable, aunque se debe preparar una muestra prensada fuera de la bolsa de plástico.

Carmen María Álvarez Redondo ha contado con un contrato financiado por el PIE 202530E208. El equipo HySpex Neo VNIR-3000N y SWIR-640 ha sido adquirido con fondos UE-Next Generation: Mecanismo de Recuperación y Resiliencia mediante el proyecto C17.17, expediente CN064/2.

REFERENCIAS

- Rost, E., Hecker, C., Schodlok, M.C., van der Meer, F.D. (2018): Rock Sample Surface Preparation Influences Thermal Infrared Spectra. *Minerals*, **8** (11), 475.
- Suárez, M. (2025): Aplicación de la espectroscopía VNIR-SWIR a la prospección y explotación de yacimientos minerales. *Macla*, **28**, 1-3.