

# Estudio de la microfracturación del basalto de Miraflores (Panamá)

Emilia García-Romero (1,2\*), Fátima Linares (3), Mariano Yenes (4), José Nespereira (4), Mercedes Suárez (4)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid (España)

(2) Instituto de Geociencias (UCM-CSIC). C/ Doctor Severo Ochoa 7, 28040 Madrid (España)

(3) Unidad de Microtomografía de Rayos X, Centro de Instrumentación Científica, Universidad de Granada. Paseo Profesor Juan Osorio s/n. 18071, Granada (España)

(4) Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, S/N, 37008 Salamanca (España)

\* corresponding author: [mromero@ucm.es](mailto:mromero@ucm.es)

**Palabras Clave:** Basalto, Microfracturas, Esmeclitas, Microscopía electrónica de barrido, Microtomografía de rayos-X. **Key Words:** Basalt, Microcracks, Smectites, Scanning electron microscopy, X-ray microtomography.

## INTRODUCCIÓN

El basalto es una roca frecuentemente utilizada en construcción, principalmente para la producción de áridos. Su utilización está relacionada con sus propiedades físicas, principalmente con su buena resistencia mecánica, dureza, durabilidad y estabilidad química, propiedades que dependen a su vez de su composición química y mineralógica, así como de su microestructura y del grado de alteración.

En este trabajo se estudia el basalto de Miraflores, el cual fue utilizado para la obtención de áridos y arenas para la fabricación de hormigón en la construcción del tercer grupo de esclusas del Canal de Panamá. Durante ese proceso de fabricación se observó un rápido proceso de deterioro del basalto, con pérdida de sus propiedades físicas, que dio lugar a la generación de enormes cantidades de finos y a la consecuente pérdida de importantes cantidades de material forzando, además, a la explotación de nuevas canteras y a la modificación de la planta de tratamiento. Todo ello tuvo como consecuencia la generación de elevados sobrecostes que aún hoy son motivo de disputa legal entre las partes implicadas. La causa de tal deterioro de un basalto aparentemente "sano" está relacionada con la presencia de esmeclitas en una densa red espacialmente interconectadas (Suárez et al., 2021). El objetivo de este trabajo es el estudio comparativo de la microfracturación del basalto de Miraflores en relación con el grado de alteración que presenta este basalto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se han estudiado tres muestras, representativas de los distintos grados de alteración del basalto de Miraflores (García-Romero & Suárez, 2021). La muestra con muy bajo grado de alteración (CES1A) corresponde a la cantera de Cerro Escobar, la de mayor alteración a la cantera de Sosa (SOS1A) y la intermedia a la cantera de Aguadulce (AHQ3B) (Fig. 1a). Las muestras fueron estudiadas mediante microscopía óptica polarizada (MOP), microscopía electrónica de barrido (SEM), y microtomografía de rayos-X (MTX).

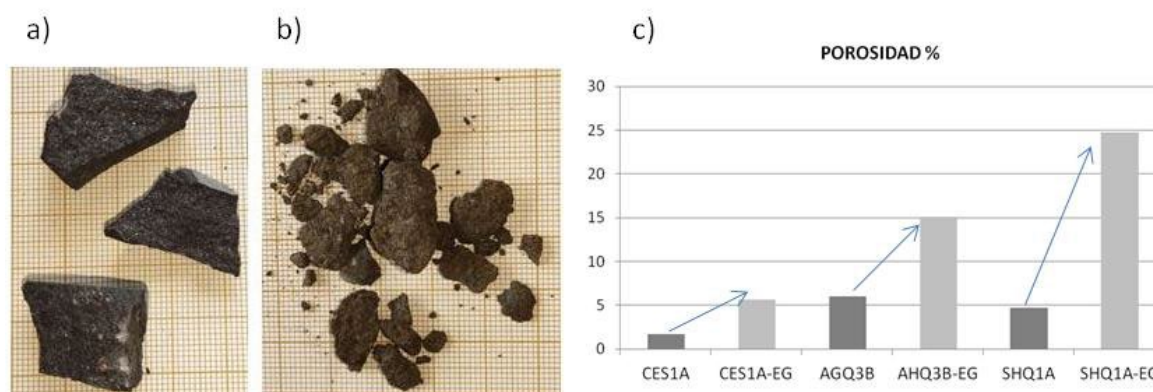
En el estudio mediante MTX, además de las muestras naturales se estudiaron muestras tratadas con etilenglicol, con tres ciclos de inmersión en el alcohol durante 8 horas y secado en estufa a 60°C durante otras 16 horas, denominándose las muestras así tratadas CES1A-EG, SOS1A-EG y AHQ3B-EG. La duración de los ciclos con etilenglicol se limitó a tres días ya que al cabo de este tiempo las muestras AHQ3B y SOS1A eran fácilmente deleznablez perdiendo sus propiedades mecánicas (Fig. 1b).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El denominado basalto de Miraflores, de acuerdo a la composición mineralógica y la textura observada mediante microscopía óptica es un microgabro. Está formado por plagioclasas (oligoclasa - bitownita), piroxenos (augita) y menores cantidades de olivino, titanomagnetita y apatito como minerales primarios, junto con pequeñas cantidades de vidrio. La clasificación por su composición química varía entre andesita basáltica y basalto de

naturaleza toleítica. Presenta un grado de alteración variable que se manifiesta por la presencia de esmectitas observables mediante SEM (beidellitas ricas en Fe) que aparecen sobre la superficie de los cristales de plagioclasa y piroxeno, en las alteraciones de los olivinos (idingsita) y del vidrio (palagonita) y rellenando la red de microfracturas (García-Romero & Suárez, 2021).

El estudio microestructural realizado mediante microtomografía de rayos-X posibilita la observación de la red tridimensional de microfracturas, si bien las nanofracturas observadas mediante SEM quedan por debajo del límite de detección del equipo utilizado. Los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos de MTX muestran el aumento de la porosidad de la roca con el aumento del grado de alteración de la misma, así como el incremento en cada par de muestras (natural y tratada con etilenglicol) con los tres ciclos de tratamiento (Fig. 1c). El aumento de la porosidad tras los ciclos es especialmente significativo en la muestra SOS1A-EG, la muestra con mayor grado de alteración. Las imágenes tridimensionales obtenidas por MTX permiten ver la alta conectividad de la red de microfracturas y la apertura de las mismas con el tratamiento.



**Fig 1.** a) Fragmentos de la muestra AHQ-3A, b) fragmentos de la muestra AHQ3B-EG, donde se aprecia el alto grado de fragmentación, redondeamiento y arenización, c) porosidad determinada mediante MTX.

## CONCLUSIONES

La porosidad de las rocas está relacionada con la alteración de las mismas. La presencia de las esmectitas como relleno de todas las micro y nanofracturas facilita el acceso del etilenglicol al interior de las muestras. El proceso de hinchamiento y contracción de las esmectitas con los tres ciclos de inmersión en etilenglicol y secado reproduce lo sucedido durante el acopio y manipulación de los áridos durante la fabricación del hormigón. Las esmectitas de la roca bajo el clima panameño, con importantes oscilaciones de humedad a lo largo del día, sufrieron procesos cíclicos de hinchamiento y contracción como los reproducidos en el laboratorio, dando lugar a la pérdida de las buenas propiedades mecánicas de la roca.

## REFERENCIAS

- García-Romero, E. & Suárez, M. (2021): The alteration of Miraflores Basalt (Panama): Mineralogical and textural evolution. *App. Clay Sci.*, **205**, 106036. DOI: 10.1016/j.clay.2021.106036.
- Suárez, M., García Romero, E., Baz, A., Pérez, R. (2021): Smectites: the key to the cost overruns in the construction of the third set of locks of the Panama Canal. *Engineer. Geol.*, **284**, 106036. DOI: 10.1016/j.enggeo.2021.106036.