

# Captura mineral de CO<sub>2</sub> mediante carbonatación hidrotermal de dunita

Alma Casado Ortiz (1\*), Javier F. Reynes (2), María de Uribe-Zorita (1), Pedro Álvarez Lloret (1)

(1) Departamento de Geología, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 33005, Oviedo (España)

(2) Dpto. de Química Orgánica e Inorgánica, Facultad de Química, Universidad de Oviedo, Av. Julián Clavería, 8, 33006, Oviedo (España)

\* autor de correspondencia: [almacasadoortiz04@gmail.com](mailto:almacasadoortiz04@gmail.com)

**Palabras Clave:** Carbonatación mineral, Almacenamiento de Carbono (CCS), Dunita, Magnesita. **Keywords:** Mineral carbonation, Carbon Capture and Storage (CCS), Dunite, Magnesite.

## INTRODUCCIÓN

La carbonatación mineral destaca como una de las vías más prometedoras dentro de las tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS) para el secuestro permanente y seguro de CO<sub>2</sub> (Miller et al., 2019; Yadav y Mehra, 2021). En el presente estudio se evalúa la eficiencia de la carbonatación hidrotermal *ex situ* utilizando como materia prima dunita serpentinizada procedente de Cabo Ortegal (Galicia, España). Este trabajo examina la viabilidad técnica de emplear este recurso geológico como un método de reducción de las emisiones de carbono, mediante un enfoque experimental en el que se analiza la reactividad del material bajo distintas condiciones operativas para determinar su potencial de mineralización. La investigación se centra en evaluar la cinética de la reacción en función del tiempo de residencia de las muestras en reactores a presión y temperatura controlados, utilizando muestras activadas previamente mediante un pretratamiento térmico. Mediante una caracterización fisicoquímica detallada de los productos resultantes, se pretende: comparar la eficiencia del proceso entre los distintos tiempos de reacción, estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> secuestrado e identificar los factores que limitan la formación de carbonatos en el sistema.

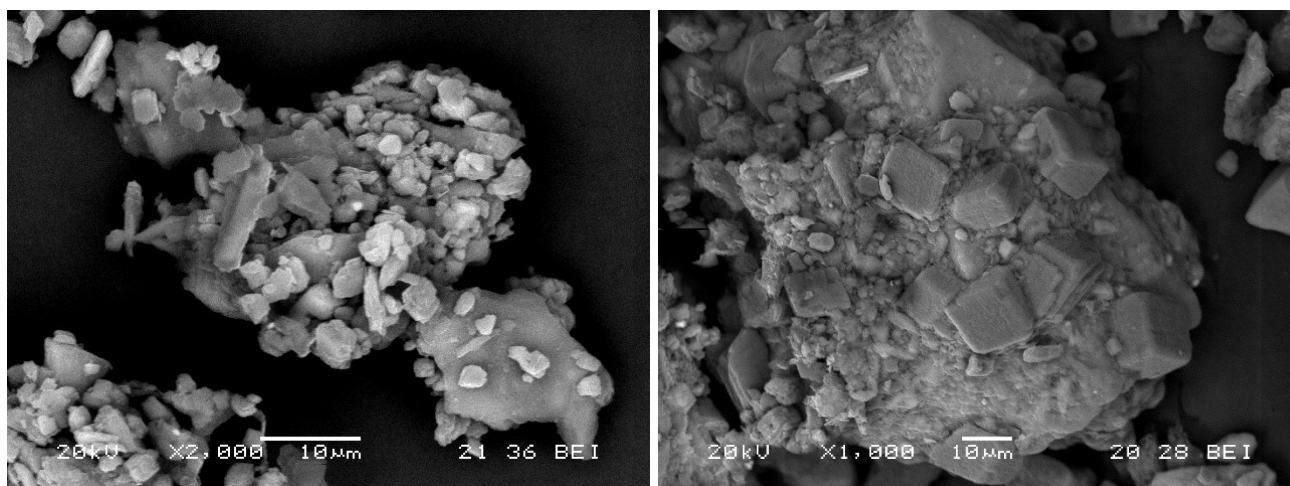
## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de dunita utilizadas en este estudio proceden del yacimiento de Cabo Ortegal, ubicado en el municipio de Cariño (Galicia, España). El material fue previamente tamizado para obtener una fracción inferior a 200 µm, la cual fue sometida a un pretratamiento térmico a 650 °C durante tres horas en un horno de mufla para favorecer su deshidroxilación y aumentar su reactividad. La experimentación mediante reacción hidrotermal se realizó en un reactor de acero inoxidable (Berghof BR-100) utilizando una suspensión de 3 g de muestra en 60 ml de agua Milli-Q (relación 50 g/l). Tras purgar el sistema, se aplicó una presión inicial de 10 bares de CO<sub>2</sub> y se mantuvo una temperatura de 150 °C bajo agitación constante a 200 rpm para garantizar la homogeneidad de la mezcla. El diseño experimental consistió en la variación del tiempo de reacción desde 1 hasta 90 días para estudiar la evolución de la cinética del proceso. Finalizado el experimento, los productos sólidos se filtraron a 0,2 µm y se secaron a 40 °C. La caracterización de las propiedades texturales y composicionales de las muestras tratadas se llevó a cabo mediante técnicas analíticas complementarias: FRX (composición elemental), DRX (identificación de fases minerales), ATR-FTIR (química molecular), SEM-EDX (morfología y análisis semicuantitativo), TGA-DSC (análisis térmico y cuantificación de carbonatos) e ICP-MS (concentración de cationes en la disolución de reacción).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la transformación de los silicatos magnésicos de la dunita en fases carbonatadas estables. El análisis de las muestras permitió identificar la magnesita (MgCO<sub>3</sub>) como el producto carbonatado principal de la reacción. Los resultados obtenidos mediante termogravimetría determinaron una correlación directa entre la duración del experimento y el rendimiento del proceso: a medida que aumenta el tiempo de reacción, la presencia de magnesita en la muestra es mayor, alcanzándose valores de carbonatación en torno al 10%. Estos datos confirman la capacidad de fijación del CO<sub>2</sub> en el material bajo las condiciones hidrotermales empleadas.

Las imágenes de SEM (Fig. 1) ilustran esta evolución de la reacción de carbonatación asociada a las fases minerales presentes en el material de partida. En las muestras correspondientes a tiempos más bajos de reacción se observan ausencia o escasa presencia de cristales de magnesita fácilmente identificables morfológicamente. Por el contrario, las muestras sometidas a mayores tiempos de reacción (30 y 90 días) presentan una clara mineralización de magnesita, cubriendo los granos de la dunita con agregados de cristales bien desarrollados con su hábito romboédrico característico. Esta formación de fases carbonatadas se complementa con los datos del análisis semicuantitativo obtenido mediante SEM-EDX, donde se detecta un incremento notable en la señal de carbono (C) y una presencia dominante de magnesio (Mg) en los nuevos cristales formados. La presencia de magnesita se evidencia en los espectros realizados sobre los cristales, la relación magnesio/carbono es coherente con su composición estequiométrica. Por otra parte, los resultados de ATR-FTIR muestran los grupos funcionales asociados a los modos de vibración característicos del  $\text{CO}_3^{2-}$  asociados a la formación de carbonatos.



**Fig 1.** Imágenes realizadas mediante microscopía electrónica de las muestras sometidas a reacción con 150 °C durante 14 días (izquierda) y 90 días (derecha).

En conclusión, la experimentación demuestra que la dunita de Cabo Ortegal posee un potencial real para el secuestro de  $\text{CO}_2$ . Aunque el rendimiento obtenido bajo las condiciones empleadas es moderado, se ha confirmado la formación de carbonatos estables que aumentan progresivamente con el tiempo. Estos resultados ofrecen una base sólida para entender los mecanismos de reacción en silicatos de magnesio naturales y sugieren que futuras investigaciones podrían optimizar el proceso para mejorar la eficiencia de la reacción, además de identificar posibles procesos de carbonatación o alteración mineral asociados a estos ambientes geológicos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través del proyecto PID2024-161146OB-C22.

## REFERENCIAS

- Miller, Q.R.S., Schaefer, H.T., Kaszuba, J., Gadikota, G., McGrail, B.P., Rosso, K.M. (2019): Quantitative Review of Olivine Carbonation Kinetics: Reactivity Trends, Mechanistic Insights, and Research Frontiers. *Environ. Sci. Technol. Lett.*, **6**(8). DOI: 10.1021/acs.estlett.9b00301.
- Yadav, S., Mehra, A. (2021): A review on ex situ mineral carbonation. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **28**(10), 12202-12231. DOI: 10.1007/s11356-020-12049-4.