

# Atenuación de Pb en soluciones ácidas mediante precipitación epitaxial de anglesita sobre barita

Juan Morales Sánchez-Migallón (1\*), Juan Carlos Fernández Caliani (2), José Manuel Astilleros García-Monge (3,4) y Lourdes Fernández-Díaz (3,4)

(1) Departamento de Geología. Área de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca, Salamanca (España).

(2) Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Huelva, España.

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).

(4) Instituto de Geociencias (CSIC, UCM). C/ José Antonio Nováis 2, Madrid (España).

\* corresponding author: [juan.morales@usal.es](mailto:juan.morales@usal.es)

**Palabras Clave:** Crecimiento cristalino, Epitaxia, Inmovilización de plomo. **Key Words:** Crystal growth, Epitaxy, Lead removal

## INTRODUCCIÓN

La interacción de barita ( $\text{BaSO}_4$ ) con soluciones ácidas es habitual en algunos entornos ambientales, como el drenaje ácido de minas, o procesos industriales como las celdas electrolíticas de las refinerías de cobre. Así, por ejemplo, la presencia de barita con sobrecrecimientos de anglesita ( $\text{PbSO}_4$ ) es común en los residuos mineros abandonados de la Faja Pirítica Ibérica (Fernández-Landero et al., 2023), donde la barita se encuentra originalmente asociada a los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos y sus zonas de oxidación (Ruiz de Almodóvar et al., 2019). Por otro lado, algunas partículas de barita empleada como agente desmoldeante en la producción de ánodos de cobre suelen depositarse en el fondo de las cubas electrolíticas junto con otras impurezas (Hait et al., 2013), como cristales de anglesita que recubren a los de barita formando sobrecrecimientos similares a los observados en los residuos mineros. Este trabajo tiene por objetivo comprender las relaciones genéticas y cristalográficas entre estos sulfatos, pues resulta importante para atenuar la contaminación de plomo y optimizar el proceso electrorrefinación.

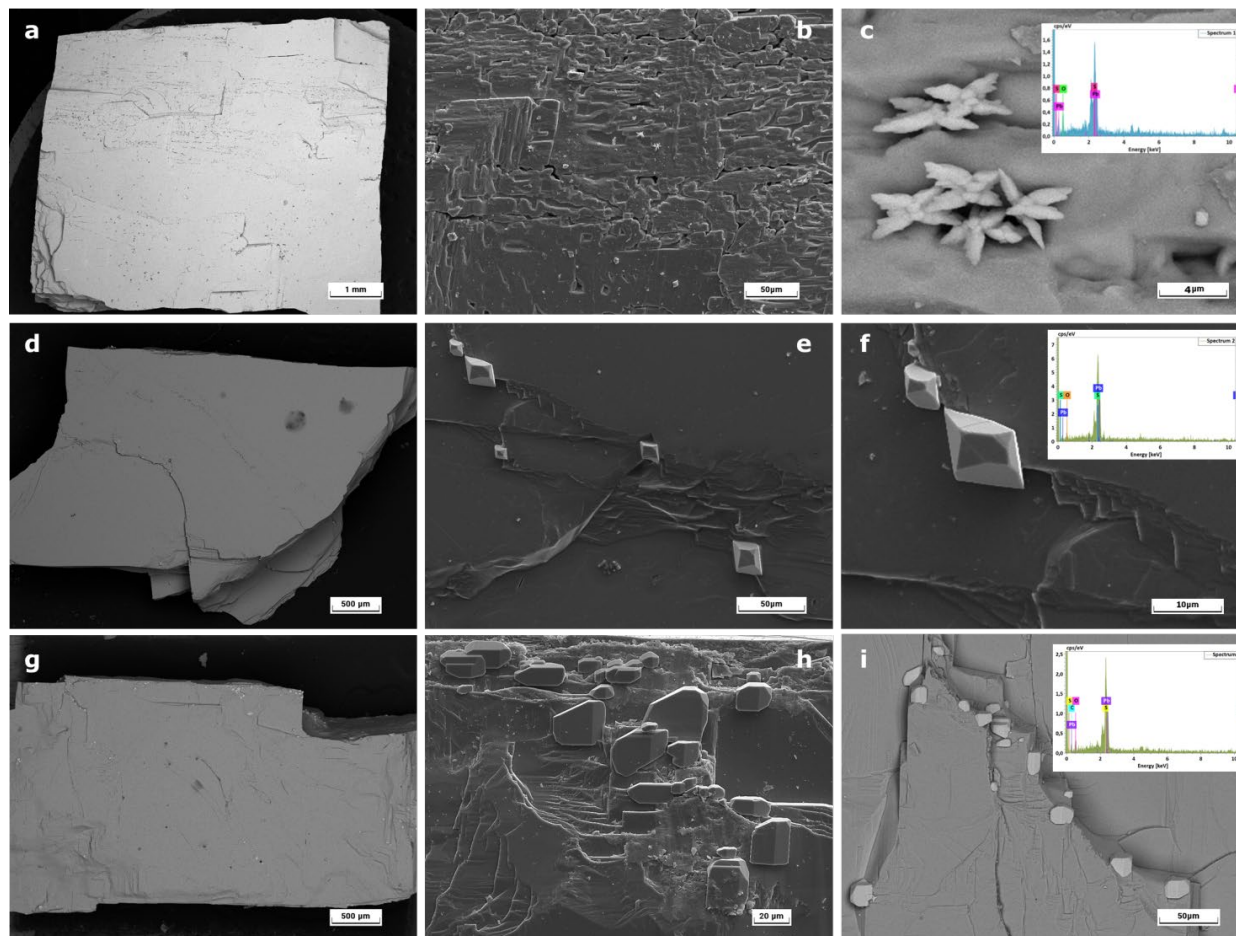
## METODOLOGÍA

Con el fin de estudiar la influencia de la barita para promover la precipitación epitaxial de anglesita y reducir la concentración de plomo en solución, se llevaron a cabo varios experimentos de interacción entre superficies cristalinas de barita natural y dos tipos de soluciones acuosas diferentes: (1) disoluciones 0.5M de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , y (2) lixiviados generados a partir de los residuos mineros de la Faja Pirítica. Los lixiviados se obtuvieron mediante agitación mecánica durante 24h de una suspensión residuo-agua (1:10). El pH de todas las soluciones antes de iniciar el proceso de interacción fue aproximadamente 1.5. Tras un proceso de filtración, estas soluciones ácidas se pusieron en contacto con fragmentos de barita recién exfoliados, orientando los cristales según su morfología macroscópica. La caracterización morfológica y química de las muestras se realizó mediante microscopía electrónica de barrido, operando a 20 kV con un TESCAN Vega 4, equipado con 2 detectores EDX de Bruker. Las muestras se recubrieron con una capa de oro para asegurar una buena conductividad ante el haz de electrones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras 10 días de interacción, se observó el sobrecrecimiento de cristales de una nueva fase sobre las superficies de barita (Figura 1). Las imágenes de electrones retrodispersados indican que los cristales sobrecrecidos tienen una composición más densa que la barita (Fig. 1 a, c, d, g, i). Los análisis EDX (recuadro en Fig. 1 c, f, i) revelan claramente la presencia de plomo y azufre, sugiriendo la formación de anglesita. La morfología de los cristales varió según las condiciones experimentales, observándose una morfología esquelética (Hopper) cuando se empleó una disolución de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Esta morfología se debe a la alta sobresaturación con respecto a anglesita, como resultado de la intensa disolución de barita y la elevada disponibilidad de Pb. En este caso, los cristales de anglesita sobrecrecidos no mostraron una orientación clara con respecto al sustrato de barita. En las soluciones obtenidas por lixiviación (Fig. 1 d-i), todos los cristales de anglesita que crecen sobre barita presentan una morfología poliédrica, mejor desarrollada y compacta, y están orientados con respecto a la barita, a pesar de concentrarse en

los bordes cristalinos. Hay que destacar que la disolución de la superficie de barita es menos pronunciada que la observada en el experimento con  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .



**Figura 1.** Imágenes de microscopía electrónica de barrido de los diferentes experimentos realizados. Las figuras a-c corresponden a la cara 100 de barita tras 10 días de interacción con una disolución de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  [0.5M]. Las imágenes d-f y g-i muestran las caras cristalinas 100 y 210 de barita, respectivamente, tras su exposición al lixiviado ácido generado a partir del residuo minero.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian la cristalización epitaxial de anglesita sobre barita, explicando así los sobrecrecimientos observados en los residuos mineros y en los lodos anódicos de las refinerías de cobre. La composición de la solución lixiviada influye en la morfología cristalina, favoreciendo la formación de cristales idiomorfos. No obstante, para comparar la eficacia de este método con otros estudios previos, habrá que monitorizar la composición química de la solución acuosa en todos los procesos.

## REFERENCIAS

- Almodóvar, G. R., Yesares, L., Sáez, R., Toscano, M., González, F., & Pons, J. M. (2019). Massive sulfide ores in the Iberian Pyrite Belt: Mineralogical and textural evolution. *Minerals*, **9**(11), 653.
- Fernández-Landero, S., Fernández-Caliani, J. C., Giráldez, M. I., Morales, E., Barba-Brioso, C., & González, I. (2023). Soil contaminated with hazardous waste materials at Rio Tinto Mine (Spain) is a persistent secondary source of acid and heavy metals to the environment. *Minerals*, **13**(4), 456.
- Hait, J., Jana, R. K., & Sanyal, S. K. (2009). Processing of copper electrorefining anode slime: a review. *Min. Process. Extr. Metall.*, **118**(4), 240.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos P18-TP-3503 de la Junta de Andalucía, y PID2021-125467NB-I00 del Ministerio de Ciencia e Innovación. Los autores agradecen el trabajo del personal de los Servicios Generales de la Universidad de Salamanca (NUCLEUS, Difracción de Rayos X) y la Universidad Complutense de Madrid (Unidad de Técnicas Geológicas).