

Mineralizaciones de tierras raras en las bauxitas kársticas de Cejo de la Grieta (Murcia)

Cristina Villanova-de-Benavent (1,2*), Àngel Tisora (1,2), Diego Domínguez-Carretero (1,2), Telm Bover Arnal (2,3), Oriol Vilanova (2), Idael F. Blanco-Quintero (4), David Benavente (4), Xavier Llovet (1,5), Joaquín A. Proenza (1,2)

(1) Grup MinResET, Mineral Resources for the Energy Transition, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona (España)

(2) Dept. Mineralogía, Petrología i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona (España)

(3) Institut de Recerca GEOMODELS, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona (España)

(4) Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, 03080 Alicante (España)

(5) Centres Científics i Tecnològics, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona (España)

* corresponding author: cvillanovadb@ub.edu

Palabras Clave: Metales críticos, Fosfatos, Carbonatos, Böhmita, Península Ibérica. **Keywords:** Critical metals, Phosphates, Carbonates, Böhmite, Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

Las bauxitas kársticas son, desde hace unos años, un objetivo emergente de estudio por su potencial como fuentes complementarias de algunas materias primas críticas o estratégicas para la transición energética y digital, como los elementos de las tierras raras (incluyendo el itrio), el galio, el escandio y el litio. La región del Mediterráneo alberga numerosos depósitos de bauxitas kársticas (p.ej., Bárdossy, 1982; Mondillo et al., 2021). En la Península Ibérica, se conocen varios dominios con bauxitas kársticas, entre los cuales (de este a oeste): i) las Sierras Marginales del pre-Pirineo catalán, ii) las Cadenas Costeras Catalanas, iii) el Cordillera Ibérica, iv) la zona de enlace entre éstas dos últimas, y la v) la Cordillera Bética (p.ej., Ordóñez et al., 1990; Molina et al., 1991; Yuste et al., 2015). En la Cordillera Bética, concretamente en el dominio Subbético de la Zona Externa, se encuentra el depósito de Cejo de la Grieta (Zarzadilla de Totana, Murcia). En Cejo de la Grieta, las bauxitas y brechas bauxíticas se encuentran en forma de relleno de cavidades, fisuras y fracturas en las calizas y dolomías marinas de la Fm. Gavilán (Jurásico medio), a las que se superponen los carbonatos pelágicos que conforman las calizas nodulares de la Fm. Ammonítico Rosso (Oxfordiense-Titoniense). El objetivo de esta contribución es la caracterización geoquímica y mineralógica (FUS-ICP/ICP-OES, DRX, SEM, EMP) de las bauxitas kársticas de Cejo de la Grieta, con especial énfasis en la identificación de las fases portadoras de REY.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras estudiadas se clasifican como bauxitas *sensu stricto* y bauxitas ricas en Fe, menas de Fe bauxíticas y bauxitas arcillosas. Son bauxitas consolidadas, dominadas por matrices pelitomórficas y microgranulares (principalmente, con granos redondeados submilimétricos a milimétricos, pero también clastos de bauxitas previas, ooides y pisoides, distribuidos de forma heterogénea), a las que se superponen unas texturas fluidales-coloformes que indican retrabajamiento de la bauxita (*sensu* Bárdossy, 1982). La mineralogía principal se compone, por orden de abundancia, de oxihidróxidos de Al (böhmita y gibbsita), caolinita, hematites, goethita, anatasa, rutilo, cuarzo y calcita.

Los contenidos en REY oscilan entre 161 y 678 ppm (comparables a la mayoría de bauxitas mediterráneas), entre los cuales las ligeras (98-504 ppm La-Nd) son más abundantes que las medianas (9-56 ppm Sm-Gd) y las pesadas (18-48 ppm Tb-Lu), y los contenidos en Y varían entre 37 y 70 ppm. Cabe destacar que las más ricas en REY son las bauxitas *sensu stricto* y las bauxitas ricas en Fe. El estudio mediante microscopía electrónica de barrido de láminas delgadas pulidas y concentrados de hidroseparación (hslab-barcelona.com) ha permitido identificar monacita (la más abundante, rica en tierras raras ligeras), xenotima-(Y) y carbonatos de REY (Fig. 1). Algunos granos de fosfatos son subhedrales a anhedrales, comúnmente miden hasta 50 µm, y tienen fracturas y/o bordes redondeados, por lo que se interpretan como relícticos. Otros granos de fosfatos y todos los de carbonatos, también de grano fino, son anhedrales y porosos, a veces en forma de agregados radiales (similares a los publicados en Domínguez-Carretero

et al., 2026; y referencias incluidas), a veces intercrecidos con oxihidróxidos de Al, que indicarían neoformación en el ambiente bauxítico. Finalmente, los análisis de microsonda electrónica muestran que los oxihidróxidos de Al contienen hasta 603 ppm Ce, 272 ppm La y hasta 337 ppm Y, lo más probable, en forma de cationes adsorbidos (Domínguez-Carretero et al., 2026; y referencias incluidas).

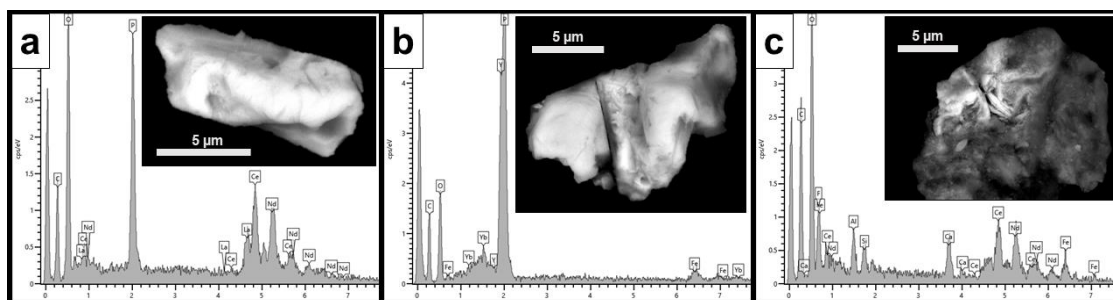


Fig 1. Imágenes de electrones retrodispersados (BSE) y espectros de dispersión de energías (EDS) de granos de minerales de REY de las bauxitas kársticas de Cejo de la Grieta: a) monacita-(Ce,Nd,La), b) xenotima-(Y), y c) carbonato de Ca, Ce y Nd.

Finalmente, la geoquímica de elementos inmóviles (Ti, Y, Zr, Hf) en la roca total muestra una signatura parecida a la del vulcanismo máfico emplazado en la Zona Externa en el Triásico-Jurásico medio (p.ej., Díaz-Alvarado et al., 2021), contemporáneo a la karstificación de la Fm. Gavilán, y sería coherente con las interpretaciones de Vera et al. (1987), que señalaban una contribución a la fuente del material bauxitizado de Cejo de la Grieta de cenizas u otro material volcánico.

REFLEXIONES FINALES

La gran variabilidad de minerales portadores de REY en las bauxitas kársticas de la región mediterránea, como los depósitos de Cejo de la Grieta, demuestran que es fundamental conocer la expresión mineralógica de estos metales críticos para establecer los recursos, los procesos de extracción de dichos metales y, en definitiva, la viabilidad de los proyectos de exploración y explotación sostenibles en ambientes bauxíticos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto europeo “Sustainable Mining of REE in Europe” (SuMREE, EU Horizon 2020, PCI2024-153518), y el proyecto español PID2023-147788OB-I00 (MINERBALA).

REFERENCIAS

- Bárdossy, G. (1982): Karst bauxites. *Developments in Economic Geology*, 1st ed., Elsevier, **14**, 441 p.
- Díaz-Alvarado, J., Pedrera, A., Azor, A., García-Senz, J., Díaz de Neira, J.A., Rodríguez-Fernández, L.R. (2021): Submarine basaltic magmatism in the Subbetic Basin (Southern Spain): Insights into melt-weakening processes during Mesozoic continental rifting. *Lithosphere*, **2021**(1), 5505884.
- Domínguez-Carretero, D., Aiglsperger, T., Villanova-de-Benavent, C., Torró, L., Pujol-Solà, N., Llovet, X., Bover-Arnal, T., Tisora, À., Domènech, C., Ramírez, A., Rodríguez, J., Dold, B., Proenza, J.A. (2026): The hyper-enriched rare earth elements karst bauxites of the Sierra de Bahoruco, SW Dominican Republic. *Econ. Geol.*, in press. DOI: 10.5382/econgeo.5214.
- Molina, J.M., Ruiz-Ortiz, P.A., Vera, J.A. (1991): Jurassic karst bauxites in the Subbetic. Betic Cordillera, Southern Spain. *Acta Geol. Hung.*, **34**, 163–178.
- Mondillo, N., Herrington, R., Boni, M. (2021): Bauxites. *Encyclopedia of Geology*, 2nd ed., Elsevier, 694–708.
- Ordóñez, S., Fort, R., Bustillo, M. (1990): Estudio de las tierras raras en las bauxitas kársticas del Noroeste de la Península Ibérica. *Estud. Geol.*, **46**(5-6), 373–384.
- Vera, J.A., Molina, J.M., Molina-Díaz, A., Ruiz-Ortiz, P.A. (1987): Bauxitas kársticas jurásicas en la zona subbética (Zaradilla de Totana, prov. de Murcia, sureste de España): Interpretación paleogeográfica. *Acta Geol. Hisp.*, **21**, 351–360.
- Yuste, A., Bauluz, B., Mayayo, M.J. (2015): Genesis and mineral transformations in Lower Cretaceous karst bauxites (NE Spain): Climatic influence and superimposed processes: Lower Cretaceous Karst Bauxites. *Geol. J.*, **50**, 839–857.