

Monacitas en bauxitas kársticas

Àngel Tisora (1*), Cristina Villanova-de-Benavent (1), Diego Domínguez-Carretero (1), Oriol Vilanova-Pagès (1), Lisard Torró (2), Thomas Aiglsperger (3), Xavier Llovet (4), Joaquín A. Proenza (1)

(1) Grup MinResET, Mineral Resources for the Energy Transition, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (Espanya)

(2) Geological Engineering Program, Faculty of Sciences and Engineering, Pontifical Catholic University of Peru, 15088, Lima (Perú)

(3) Department of Civil Engineering and Natural Resources, Division of Geosciences and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, 97187, Luleå (Suecia)

(4) Centres Científics i Tecnològics, Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (Espanya)

* corresponding author: atisora1506@ub.edu

Palabras Clave: Monacita, Bauxitas kársticas, República Dominicana, Península Ibérica, ETR. **Keywords:** Monazite, Karst bauxites, Dominican Republic, Iberian Peninsula, REY.

INTRODUCCIÓN

Los elementos de tierras raras e itrio (REY) se consideran materias primas críticas debido a su creciente demanda en aplicaciones de alta tecnología y energía verde, combinada con una oferta altamente concentrada y su centralidad en la denominada nueva geopolítica de los recursos minerales (IEA, 2026). Entre los tipos de depósitos no convencionales explorados como fuentes alternativas de REY, las bauxitas kársticas han atraído una atención creciente porque pueden albergar contenidos notables de REY, que en algunas regiones pueden superar las 1500 ppm (Radusinović et al., 2017; Villanova-de-Benavent et al., 2023 y referencias incluidas en estos trabajos). En estos depósitos, las REY se distribuyen entre una variedad de fases mineralógicas, incluyendo oxihidróxidos de aluminio (Domínguez-Carretero et al., 2026), fosfatos detríticos, y fosfatos y carbonatos autigénicos (Villanova-de-Benavent et al., 2023). Entre todas las fases fosfatadas identificadas en las bauxitas kársticas a nivel mundial, la monacita [(Ce,La,Nd)PO₄] representa la fase mineral de REY más abundante (Villanova-de-Benavent et al., 2023). En esta contribución, presentamos nuevos datos texturales y composicionales (obtenidos mediante microsonda electrónica) de monacitas procedentes de bauxitas kársticas. Los resultados obtenidos son comparados con monacitas descritas en otros depósitos convencionales de REY, como son los asociados a carbonatitas y los sedimentarios de tipo placer.

Los granos de monacita estudiados provienen de depósitos de bauxita kárstica localizados en la Sierra de Bahoruco (SO de la República Dominicana) y en el este de la Península Ibérica. En la Sierra de Bahoruco, las bauxitas se presentan mayoritariamente como cuerpos discontinuos que rellenan depresiones kársticas dentro de unidades carbonatadas del Eoceno-Oligoceno. Por otro lado, las bauxitas kársticas del E de la Península Ibérica, concretamente pertenecientes a la Zona Subbética, la Zona de Enlace, las Sierras Marginales y las Cadenas Costaneras Catalanas, se alojan dentro de sucesiones carbonatadas Mesozoicas (p.e., Reinhardt et al., 2018 y referencias incluidas en este trabajo). Ambas regiones, a pesar de su distinta edad y contexto paleogeográfico de formación, contienen numerosas monacitas con diferencias texturales y composicionales. Es esencial comprender su composición para evaluar el potencial de las bauxitas kársticas como menas de REY y para orientar las estrategias de procesamiento metalúrgico adecuadas. La identificación de monacitas se ha llevado a cabo tanto en granos encontrados en láminas delgadas como en concentrados de minerales densos obtenidos mediante hidroseparación (<https://www.hslab-barcelona.com/>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los granos de monacita de los depósitos estudiados se presentan mayoritariamente como cristales euhedrales a subhedrales (10–75 µm), con contornos frecuentemente fracturados y superficies con marcas de abrasión, lo que sugiere un origen detrítico y cierto grado de transporte (Fig. 1A). Estos granos relicícos de monacita, en algunas ocasiones, aparecen asociados a granos de circón. Sin embargo, en ambas regiones estudiadas, también se han identificado granos irregulares y agregados, por debajo de 20 µm (Fig. 1B), con texturas análogas a las monacitas autigénicas descritas en Radusinović et al. (2017), formadas durante el proceso de bauxitización.

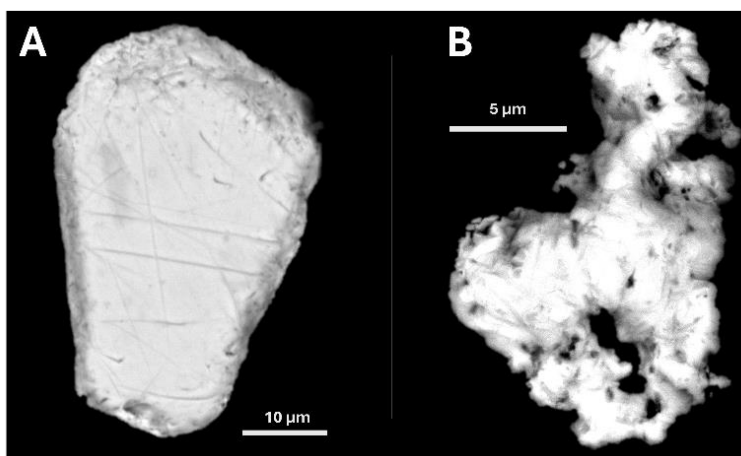


Fig 1. Imágenes obtenidas con BSE de granos de monacitas de la Sierra de Bahoruco. A) detrítica B) autigénica.

Desde el punto de vista geoquímico, la mayoría de las monacitas relícticas se agrupan dentro del dominio de la monacita-(Ce), aunque las muestras de la Península Ibérica muestran una mayor dispersión composicional y un enriquecimiento relativo en Nd (mediana de 0,172 apfu), a diferencia de las de la República Dominicana (0,143 apfu). Por lo que respecta al torio, todos los depósitos estudiados presentan contenidos variables de ThO₂, con valores medianos de 1,67 % en peso en el caso de las monacitas ibéricas, y de 4,41 % en peso en el caso de las dominicanas. En comparación con otros tipos de depósitos, las monacitas descritas en carbonatitas contienen valores pobres de ThO₂ (<1 % en peso; Zi et al, 2024), mientras que las descritas como detríticas en depósitos tipo placer presentan valores promedio de 6,8 % en peso. En las bauxitas estudiadas, las monacitas son el principal portador de Th en el sistema, con contenidos medianos de roca total de 32 ppm de Th en la Península Ibérica y 28 ppm en República Dominicana. Esto conlleva a que un buen control de la distribución de este elemento en depósitos bauxíticos mediante espectroscopía de rayos gamma, podría ser de utilidad para localizar zonas con mayor concentración de monacitas.

CONSIDERACIONES FINALES

En las bauxitas kársticas estudiadas, las monacitas representan una de las fases principales portadoras de tierras raras ligeras (Ce, La, Nd) y pueden tener texturas indicativas de un origen detrítico, o de una formación in situ durante el proceso de bauxitización. En ambas regiones, las zonas prospectivamente más ricas en monacitas podrían ser halladas mediante espectroscopía de rayos gamma, pues la monacita es la principal fase de Th en estas bauxitas.

REFERENCIAS

- 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.*, en prensa, DOI: 10.5382/econgeo.5214.
- IEA (2026): Rare Earth Elements, Pathways to secure and diversified supply chains. Paris, 1-104.
- Radusinović, S., Jelenković, R., Pačevski, A., Simić, V., Božović, D., Holclajtner-Antunović, I., Životić, D. (2017): Content and mode of occurrences of rare earth elements in the Zagrad karstic bauxite deposit (Nikšić area, Montenegro). *Ore Geol. Rev.*, **80**, 406-428.
- Reinhardt, N., Proenza, J.A., Villanova-de-Benavent, C., Aiglsperger, T., Bover-Arnal, T., Torró, L., Salas, R., Dziggel, A. (2018): Geochemistry and mineralogy of rare earth elements (REE) in bauxitic ores of the Catalan Coastal Range, NE Spain. *Minerals*, **8**, 562.
- Villanova-de-Benavent, C., Proenza, J.A., Torró, L., Aiglsperger, T., Domènech, C., Domínguez-Carretero, D., Llovet, X., Suñer, P., Ramírez, A., Rodríguez, J. (2023): REE ultra-rich karst bauxite deposits in the Pedernales Peninsula, Dominican Republic: Mineralogy of REE phosphates and carbonates. *Ore Geol. Rev.*, **157**, 105422.
- Zi, J.W., Muhling, J.R., Rasmussen, B. (2024): Geochemistry of low-temperature (< 350° C) metamorphic and hydrothermal monazite. *Earth-Sci. Rev.*, **249**, 104668.