

# Geoquímica de elementos mayores y REE de las bauxitas kársticas de Fuentespalda (Teruel)

/ ALFONSO YUSTE (\*), BLANCA BAULUZ, MARÍA JOSÉ MAYAYO

Grupo Recursos Minerales. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009, Zaragoza (España)

## INTRODUCCIÓN

Las bauxitas de Fuentespalda (Teruel) constituyen uno de los depósitos de bauxitas kársticas más representativos de este tipo en el NE de España y pertenecen al tipo Mediterráneo de Bárdossy (1982). Consisten en bloques de dimensiones métricas y textura pisolítica incluidos en una matriz roja arcillosa. Están compuestas fundamentalmente por caolinita, gibbsita, goethita y hematites, acompañados por diásporo, boehmita, anatasa y rutilo, como minerales accesorios, mostrando una compleja secuencia de procesos mineralógicos (Yuste et al., 2013). La matriz arcillosa constituye la roca madre laterítica a partir de la cual se formaron las bauxitas pisolíticas, siendo la posterior reactivación del karst la responsable de la presente litoestructura de los depósitos (Yuste et al., 2014). En este trabajo presentamos la caracterización geoquímica de elementos mayores y elementos de las tierras raras (REE) de estos materiales con el objetivo de profundizar en los aspectos genéticos arriba indicados.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

Los materiales estudiados proceden de cuatro afloramientos localizados en el Macizo de la Nevera de Fuentespalda (Teruel), a 2 km al E de dicha localidad. Desde el punto de vista geológico, se encuentran en la zona de Enlace entre las Cordilleras Costero-Catalana e Ibérica, o zona del Maestrazgo. En esta zona los afloramientos son principalmente de edad Mesozoico, sobre todo Cretácico. Estructuralmente predominan las direcciones E-W con un importante desarrollo de pliegues y cabalgamientos afectando a esta cobertera mesozoica. El macizo de la Nevera, donde afloran los materiales estudiados, consiste en rocas jurásicas y

cretácicas con estructura anticlinal cabalgante con vergencia NW y eje de dirección aproximada N40E, rodeadas por materiales continentales terciarios (Molina y Salas, 1993). Las bauxitas son de edad Barremiense y rellenan cavidades kársticas, en algunos casos de morfología lenticular y concordante con la estratificación de las rocas encajantes, desarrolladas en calizas y calizas margosas del Oxfordiense superior-Kimmeridgiense. Las formas originales de las cavidades están modificadas por abundantes brechas, con cementos de calcita acicular radial (Molina y Salas, 1993). El paleokarst está fosilizado por la Fm. Arenas de Utrillas (Albiense-Cenomaniense inferior) y/o por calizas dolomitizadas del Cenomaniense (Molina y Salas, 1993).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se han estudiado 14 muestras bauxíticas, 1 procedente de las calizas encajantes y 1 correspondiente a los cementos de calcita acicular mencionados. Las muestras bauxíticas pueden agruparse en pisolíticas y arcillosas. Las muestras pisolíticas son mayoritariamente rojas, aunque las hay también blancas; las muestras arcillosas son rojas en todos los casos. Los análisis químicos de muestra global se llevaron a cabo por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) en Actlabs Laboratories (Canadá). Los límites de detección para los elementos mayores han sido de 0.01%, excepto para el S, MnO y TiO<sub>2</sub>, con límites de detección de 0.001%. Con respecto al Zr y los REE, los límites de detección (ppm) han sido los siguientes: Zr (1), Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb (0.01); La, Ce, Nd (0.05); Lu (0.002); Eu, Tm (0.005).

## RESULTADOS

El análisis mineralógico por difracción de rayos-X, llevado a cabo en trabajos

previos (Yuste et al., 2013; 2014), ha revelado que la caolinita es el mineral más abundante, excepto en las muestras donde hay gibbsita, en las que ésta suele ser más abundante, habiéndose detectado la gibbsita únicamente en algunas muestras pisolíticas y, entre éstas, más frecuentemente en las rojas. Con respecto a los otros hidróxidos de Al, la boehmita sólo aparece asociada a gibbsita, mientras que el diásporo se ha detectado en prácticamente todas las muestras. En relación con las fases de Fe, éstas son más abundantes en las muestras rojas y están prácticamente ausentes en las blancas. Los óxidos de Ti, rutilo y anatasa, aparecen como accesorios en todas las muestras. La muestra de caliza y la de calcita acicular contienen solamente calcita. En la fracción <2 µm, la caolinita es prácticamente el único filosilicato presente, salvo en las muestras arcillosas donde hay también illita.

En general, la composición química de elementos mayores refleja la composición mineralógica: bajo contenido en Fe en las muestras con escasos óxidos de Fe o sin ellos (muestras blancas), los contenidos más altos en Al en las muestras con gibbsita y boehmita, y los mayores contenidos en K y Ca en las muestras con illita y calcita, respectivamente. Al representar gráficamente los contenidos en TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> frente al contenido en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la única correlación significativa es la que exhiben Ti y Al (r=0.94).

La clasificación química de las bauxitas en el diagrama Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> de Aleva (1994) se muestra en la figura 1a. Las muestras arcillosas se clasifican como lateritas. Con respecto a las muestras pisolíticas, las rojas se proyectan tanto en el campo de las lateritas como en el de las bauxitas, mientras que las blancas se proyectan

**palabras clave:** Bauxitas kársticas, Cretácico inferior, Geoquímica, NE España

**key words:** Karstic bauxites, Lower Cretaceous, Geochemistry, NE Spain

en los campos de bauxita caolinítica y caolinita bauxítica. Las muestras que se proyectan en los campos de bauxita y bauxita caolinítica corresponden a aquellas que contienen gibbsita y boehmita. Los contenidos en elementos mayores (y Zr) de las muestras bauxíticas normalizados a la media de las muestras arcillosas (Fig. 1b) reflejan que éstas son más heterogéneas que las pisolíticas, así como un ligero enriquecimiento en Al, Ti y Zr en las muestras pisolíticas y un empobrecimiento en Fe en las blancas. En resumen, las muestras pisolíticas son más homogéneas químicamente.

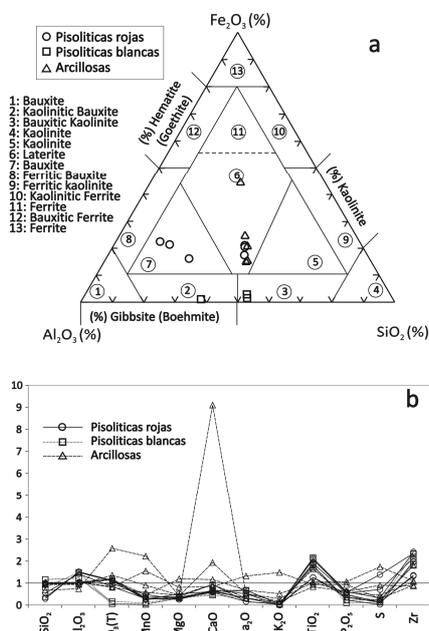


fig. 1 a: Clasificación química de Aleva (1994); b: contenidos en elementos mayores normalizados a la media de las muestras arcillosas.

El índice químico de alteración CIA (Nesbitt y Young, 1982) es un índice ampliamente empleado para valorar el grado de meteorización química. Los valores del CIA de las muestras bauxíticas muestran diferencias entre las muestras pisolíticas y las arcillosas. Las muestras arcillosas presentan valores algo más bajos y heterogéneos (96.27 - 99.56) que las pisolíticas, cuyos valores son muy homogéneos (99.68 - 99.91).

El valor medio del contenido en REE (ppm) de las muestras arcillosas es significativamente mayor (352.69) que el de las pisolíticas (106.25). En el caso de la muestra caliza y de la calcita acicular, su contenido es mucho más bajo (62.90 y 75.47, respectivamente). Por otra parte, los valores medios de las relaciones  $(La/Sm)_c$ ,  $(La/Yb)_c$  y  $(Gd/Yb)_c$ ,

también difieren de unos tipos de muestras a otros. En las muestras pisolíticas, estos valores son más bajos (3.34, 2.43 y 0.70, respectivamente) que en las arcillosas (5.91, 10.21 y 1.12). En el caso de la muestra caliza, los valores de  $(La/Sm)_c$ ,  $(La/Yb)_c$  y  $(Gd/Yb)_c$  son de 1.81, 6.26 y 2.58, respectivamente y en el caso de la calcita acicular de 3.89, 12.69 y 2.65.

Los patrones de distribución de los REE (Fig. 2) también presentan diferencias en función de las muestras. Los correspondientes a la muestra de caliza y a la de calcita acicular son muy similares entre ellos, con fraccionamiento de los LREE y HREE y clara anomalía negativa en Eu (0.67 y 0.63, respectivamente). En el caso de las muestras bauxíticas, el fraccionamiento de los LREE es mayor que el de los HREE. La diferencia más significativa entre las muestras pisolíticas y las arcillosas, además del mayor contenido en REE en estas últimas, es la anomalía positiva en Ce que muestran algunas de las muestras pisolíticas.

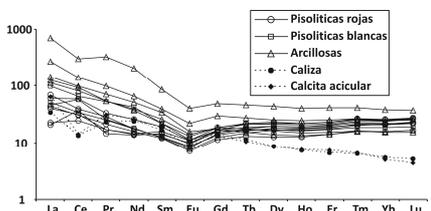


fig. 2. Distribución de los REE (normalizados al condrito) en las muestras estudiadas.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El carácter más heterogéneo, desde el punto de vista la composición química de elementos mayores, de las muestras arcillosas y su clasificación como lateritas (Fig. 1a) parece confirmar el carácter laterítico de las muestras arcillosas como material de partida para la formación de las muestras pisolíticas. La alta correlación entre Ti y Al, indica que estos elementos pueden ser considerados como inmóviles durante el proceso de bauxitización (MacLean, 1990), junto con Zr, el otro elemento que muestra un ligero enriquecimiento en las muestras pisolíticas (Fig. 1b). El carácter más homogéneo de estas últimas sería debido al proceso de bauxitización, que implicaría una mayor meteorización, como apuntan los valores de CIA obtenidos. El blanqueado de algunas muestras pisolíticas es debido a la pérdida de Fe y estaría relacionado con una recristalización

posterior de caolinita, proceso que favorece la eliminación de Fe de su estructura (Yuste et al., 2014).

Los datos correspondientes a los contenidos en REE, las relaciones  $(La/Sm)_c$ ,  $(La/Yb)_c$  y  $(Gd/Yb)_c$ , y los patrones de distribución de los REE también marcan diferencias entre las muestras arcillosas y pisolíticas. Estas diferencias estarían igualmente relacionadas con el proceso de bauxitización que transformaría los materiales de partida lateríticos en las actuales bauxitas pisolíticas. Las diferencias observadas con la muestra caliza y con la calcita acicular son consistentes con la falta de relación genética entre el encajante y los depósitos bauxíticos.

### AGRADECIMIENTOS

La investigación ha sido financiada por el MECD (CGL2009-07574), el Gobierno de Aragón y Fondos Europeos de Desarrollo Regional ("Grupos Consolidados") y la Universidad de Zaragoza (UZ2012-CIE-05). Los autores desean agradecer la colaboración del Servicio General de Apoyo a la Investigación-SAI de la UZ.

### REFERENCIAS

Bárdossy, G. (1982): *Karst Bauxites. Developm. in Econ. Geol.*, **14**, Elsevier, 441 pp.  
 MacLean, W.H. (1990): *Mass change calculations in altered rock series. Mineral Deposita*, **25**, 44-49.  
 Molina, J.M. & Salas, R. (1993): *Bauxitas kársticas del Cretácico inferior en Fuentespalda (provincia de Teruel): Estratigrafía, origen y paleogeografía. Cuad. Geol. Ib.*, **17**, 207-230.  
 Yuste, A., Bauluz, B., Mayayo, M.J. (2013): *Mineralogía y texturas de las bauxitas kársticas de Fuentespalda (Maestrazgo, Teruel). Macla*, **17**, 117-118.  
 Yuste, A., Bauluz, B., Mayayo, M.J. (2014): *Genesis and mineral transformations in Lower Cretaceous karst bauxites (NE Spain): Climatic influence and superimposed processes. Geological Journal* (aceptado)