

Caracterización geoquímica de las areniscas del Cretácico inferior de la cuenca del Maestrazgo, Cadena Ibérica Oriental: Nueva aportación al estudio de la procedencia

M.A. Caja¹, R. Marfil¹, M. Lago² y R. Salas³

¹ Dpto. de Petrología y Geoquímica, Univ. Complutense de Madrid, 28040 Madrid. mcaja@geo.ucm.es, marfil@geo.ucm.es

² Dpto. de Ciencias de la Tierra, Área de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias (Geológicas), Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza, mlago@unizar.es

³ Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Martí i Franquès, s/n, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona. ramonsalas@ub.edu

ABSTRACT

A geochemical characterization (major, trace and rare earth element abundances) of the Lower Cretaceous sandstones of the Maestrat Basin has been carried out, in order to discriminate samples from different formations and assess their provenance and weathering conditions. All the studied sandstones are arkoses and subarkoses characterized by a multi-elemental diagram showing enrichment in Rb, U, La, Nd, Zr and Y, and depletion in Ba, Nb, Sr, P and Ti, which is typical of calc-alkaline igneous rocks. This pattern suggests an input from igneous rocks directly from the source area or by recycling. The low chemical index alteration values do not reflect intense weathering conditions in the source region. Sandstones from the studied formations were discriminated using a Rb versus Y+Nb plot. This plot shows a progressive Rb enrichment and Y+Nb depletion toward the uppermost sandstones (Camarillas Fm). Rb versus K₂O indicates a good positive correlation, which is consistent with the observed K-feldspar abundance increase towards the Camarillas sandstones. The higher SREE and Y+Nb ratios in Mora Fm. sandstones suggest a slight difference in provenance, which can be explained by the contribution of Paleozoic shales and metasediments.

Key words: geochemistry, REE, provenance, sandstones, Iberian Range.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Maestrazgo está situada en la parte oriental de la Cadena Ibérica (Fig. 1). Durante el periodo de *rift* Jurásico superior-Cretácico inferior se diferenciaron varias subcuencas (Salas *et al.*, 2001). Este trabajo se centra en las tres más occidentales: Aliaga, Galve y Penyagolosa (Salas y Casas, 1993), situadas entre las provincias de Teruel y Castellón (Fig. 1). Estas subcuencas fueron rellenadas durante el Cretácico inferior (Valanginiense-Barremiense) por sedimentos procedentes del O y N-NO (Salas *et al.*, 2001) que se caracterizan por ser areniscas fluviales con intercalaciones de carbonatos lacustres (facies Weald) y que evolucionan hacia techo a carbonatos marinos (facies Urgon). Las formaciones estudiadas, de base a techo, son: *Fm Areniscas de Mora* (~140 m de espesor, Berriasiense terminal-Valanginiense) que sólo aflora en la subcuenca de Penyagolosa; *Fm Areniscas y Calizas de El Castellar* (~80-140 m de espesor, Valanginiense terminal-Hauteriviense medio); y *Fm Areniscas de Camarillas* (~125->250 m de espesor, Hauteriviense terminal-Barremiense).

El objetivo de este trabajo es caracterizar geoquímicamente las areniscas de la zona de estudio, comparando la

composición de las distintas formaciones, y además realizar una aproximación a su procedencia, evaluando las posibles áreas fuentes a partir de datos geoquímicos. Los análisis de 21 muestras de areniscas (roca total) se han realizado en los laboratorios ACTLABS de Canadá según la rutina "code4Lithoresearch", mediante ICP-MS.

ELEMENTOS MAYORES, MENORES Y TRAZA (REE)

Mediante la clasificación geoquímica de Herron (1988) las areniscas del Cretácico inferior se clasifican como arcosas y subarcosas (Fig. 2). Las areniscas de la *Fm El Castellar* son las que presentan una mayor dispersión y algunas muestras se proyectan próximas al límite con los campos de las grauvacas o de las cuarzoarenitas. Esta clasificación coincide con la obtenida mediante el estudio petrográfico realizado por Caja *et al.* (2001).

Las areniscas analizadas no muestran grandes variaciones entre los elementos mayores, excepto para la *Fm Mora* donde el contenido de TiO₂ presenta valores significativamente más altos (desde 0,90 a 0,99 %) que en las de *El Castellar* (0,11 a 0,70 %) y *Camarillas* (0,11 a 0,40 %).



FIGURA 1. Situación geológica de la cuenca del Maestrazgo y localización de las subcuencas estudiadas con indicación del espesor de los sedimentos del Cretácico inferior (modificado de Salas y Casas, 1993).

Se ha realizado una valoración del grado de meteorización que ha tenido lugar en el área fuente a través del índice de alteración química (CIA). Este índice refleja la alteración progresiva de las plagioclasas y feldespatos-K a minerales de la arcilla y está expresado por la ecuación: $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + K_2O + Na_2O)] \times 100$ en proporciones moleculares y donde CaO^* representa el Ca sólo de la fracción silicatada (Nesbitt y Young, 1982). Los valores medios obtenidos para las areniscas de Mora (58,21), El Castellar (51,43) y Camarillas (58,33) son bastante similares entre sí.

En el diagrama multielemental normalizado respecto al manto primitivo de Sun y McDonough (1989) se observa una pauta bastante similar entre las areniscas de las tres formaciones estudiadas (Figs. 3 y 4). Esta pauta se caracteriza por un empobrecimiento en Ba, Nb, Sr, P y Ti y enriquecimiento en U, La, Nd, Zr y Y. Las areniscas de la Fm Mora presentan mayor contenido para casi todos los elementos del espectro respecto a las formaciones El Castellar y Camarillas, excepto para el Rb, K y Sr.

En cuanto a los elementos traza, las areniscas de la Fm Mora presentan también valores más altos en la mayoría de ellos (Y, Zr, Nb, Sn, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, Th y U) en relación con las de El Castellar y Camarillas (Fig. 4). La representación en un diagrama binario del contenido en Rb frente al Y+Nb (Fig. 5) muestra que las areniscas de la Fm Mora presentan el mayor contenido en Y+Nb (38 a 44 ppm) y menor valor en Rb (25 a 58 ppm), las areniscas de la Fm El Castellar tienen valores algo menores en Y+Nb (9 a 36 ppm) y mayores en Rb (18 a 103 ppm) y las de la Fm Camarillas alcanzan valores de Y+Nb (7 a 29 ppm) comparables a los de El Castellar, pero más altos en Sr (47 a 168 ppm). De esta forma, el diagrama

binario Rb frente a Y+Nb permite una discriminación clara de las areniscas estudiadas, mediante una pauta de enriquecimiento en Rb desde la base (Fm Mora) hacia el techo (Fm Camarillas). Por otra parte, se ha observado que el Rb tiene una correlación positiva muy definida con el K_2O ($R = 0,94$), mientras que en el caso del Al_2O_3 , el contenido en Rb no guarda una relación clara ($R = 0,51$) y los datos se presentan de forma dispersa.

DISCUSIÓN

De todos los elementos analizados en las areniscas, las tierras raras (REE) son las más adecuados para determinar la procedencia, debido a su baja movilidad y dificultad consiguiente para fraccionarse durante la meteorización, transporte, selección física y diagénesis (McLennan, 1989). Sin embargo, como ha sido constatado por autores tales como Zimmermann y Bahlburg (2003), algo de movilidad de los REE puede ocurrir durante los procesos de alteración y diagénesis.

Por lo que respecta al grado de meteorización en el área fuente o durante el transporte, este no fue excesivamente intenso, ya que los valores medios de CIA en las areniscas (desde 51 a 58) están más próximos a los valores correspondientes para rocas inalteradas (40) que a los de sedimentos residuales (100) que hayan experimentado una severa meteorización (Nesbitt y Young, 1982).

Las pautas multielementales muestran una morfología similar a la de rocas ígneas calco-alcalinas debido al enriquecimiento en U, La, Nd, Zr y Y, lo que sugiere un aporte para todas las areniscas a partir de materiales ígneos, bien mediante contribución directa desde un área fuente granítica del Sistema Central o por reciclado de materiales previos.

En cuanto al contenido de Rb frente a Y+Nb, se ha observado que esta relación permite discriminar las areniscas de las distintas formaciones estudiadas entre sí. El Rb es un elemento incompatible, pero móvil, por lo que es conveniente valorar su comportamiento respecto a otros elementos para estimar la posible actuación de diversos procesos (meteorización, transporte y diagénesis) no relacionados

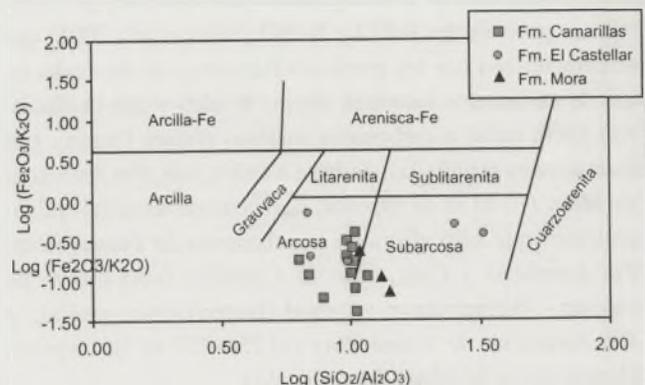


FIGURA 2. Clasificación geoquímica de Herron (1988) para las areniscas de las tres formaciones estudiadas.

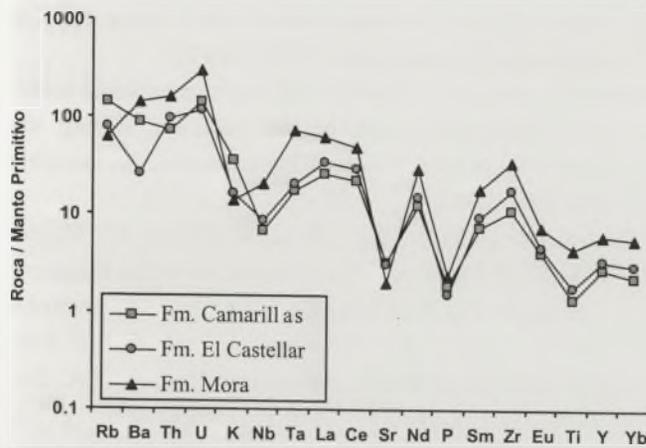


FIGURA 3. Diagrama multielemental normalizado respecto a un manto primitivo (Sun y McDonough, 1989) para el valor medio de las areniscas de las formaciones Mora (n=3), El Castellar (n=6) y Camarillas (n=12). Se han utilizado valores medios de los análisis por presentar pautas similares y ser representativos de cada formación.

con una variación en la composición geoquímica de las rocas del área fuente. De esta forma, el Rb presenta una buena correlación con el contenido en K_2O , lo que sugiere que el Rb está relacionado con los feldespatos-K, más que con las arcillas, ya que su relación con el Al_2O_3 no muestra una buena correlación (cfr. Bauluz *et al.*, 2000). Este hecho es consistente con el aumento modal de feldespato-K desde la Fm Mora a la de Camarillas (Caja *et al.*, 2001) aunque también podría estar relacionado con la matriz de illita. Por otro lado, el mayor contenido en las areniscas de la Fm Mora en Y+Nb, y en el resto de elementos REE, sugiere una ligera diferencia en su procedencia, respecto a las formacio-

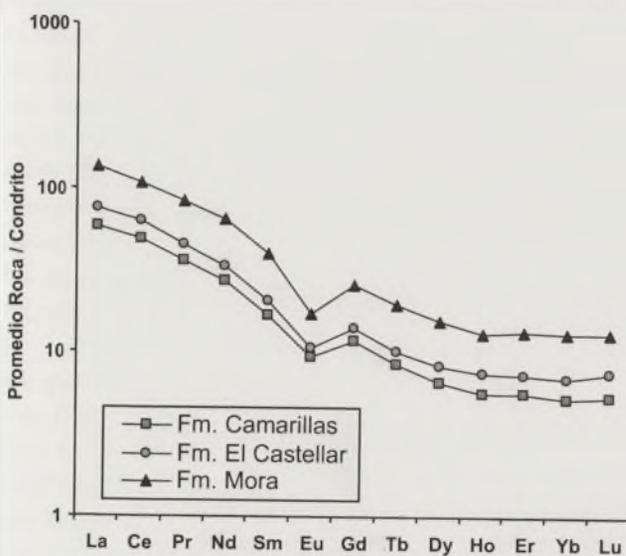


FIGURA 4: Diagrama de tierras raras (REE) normalizado respecto al condrito de Boynton (1984), para el valor medio de las areniscas de las formaciones Mora (n=3), El Castellar (n=6) y Camarillas (n=12).

nes El Castellar y Camarillas. Esto podría ser debido a la participación de rocas no sólo graníticas, sino también rocas metamórficas de bajo grado, pizarras y areniscas, del Paleozoico de la Cordillera Ibérica que se caracterizan por su mayor contenido en estos elementos REE (cfr. Bauluz *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

La composición química de las areniscas estudiadas ha permitido establecer para todas ellas una pauta similar a la de rocas ígneas de tipo calco-alcalino. Esta tendencia sugiere un aporte a partir de materiales ígneos, bien de forma directa a partir de un área fuente granítica que habrían sufrido una meteorización no excesivamente intensa, o por reciclado de materiales previos. Las posibles áreas fuentes serían los granitos del Sistema Central, las cuales son consistentes con las principales paleocorrientes de aportes procedentes del O. Hay que destacar que las areniscas de la Fm Mora, presentan valores más altos en Y+Nb así como en el resto de los elementos REE, lo que sugiere una ligera diferencia en su procedencia con respecto a las otras dos formaciones. Esto se podría interpretar como debido a la participación por el N-NO de rocas metamórficas de bajo grado (fundamentalmente pizarras) del Paleozoico de la Cordillera Ibérica, las cuales presentan un mayor contenido en el total de los elementos REE.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante una beca FPU del MECyD y por los proyectos BTE2000-0574-C03-02 y BTE2002-4453-C02-01 de la DGICYT. Se agradece la ayuda prestada por el personal del laboratorio de preparación de muestras del Dpto. de Petrología y Geoquímica de la UCM y a E. Arranz como revisor.

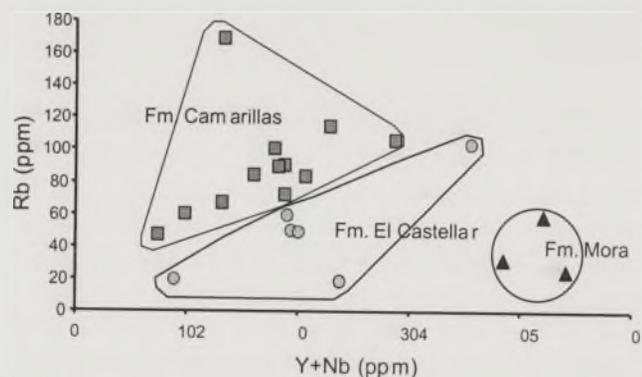


FIGURA 5. Diagrama binario Rb frente a (Y+Nb) dónde queda reflejada la discriminación de las areniscas estudiadas y la tendencia general de aumento en Rb hacia la formación superior (Camarillas) y la disminución en Y+Nb.

REFERENCIAS

- Bauluz, B., Mayayo, M.J., Fernández-Nieto, C. y Gonzalez, J.M. (2000): Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting. *Chemical Geology*, 168: 135-150.
- Boynton, W.V. (1984): Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. En: *Rare earth element geochemistry* (P. Henderson, Ed.), Elsevier, 63-114.
- Caja, M.A., Marfil, R., Salas, R. y Rossi, C. (2001): Composición y procedencia de los sedimentos detríticos del Cretácico inferior de las subcuencas occidentales de la cuenca del Maestrazgo. *Geotemas*, 3 (1): 97-100.
- Herron, M.M. (1988): Geochemical classification of terrigenous sands from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58: 820-829.
- McLennan, S.M. (1989): Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. En: *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements* (B.R. Lipin y G.A. McKay, Eds.), *Reviews in Mineralogy*, 21: 169-200.
- Nesbitt, H.W. y Young, G.M. (1982): Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299: 715-717.
- Salas, R. y Casas, A. (1993): Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy, and crustal evolution during the Alpine cycle of the eastern Iberian basin. *Tectonophysics*, 228: 33-55.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. y Alonso, A. (2001): Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cenozoic inversion (Iberian Chain). En: *Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins* (P.A. Ziegler, W. Cavazza, A.H.F. Robertson y S. Crasquin-Soleau, Eds.), *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, 186: 145-185.
- Sun S.S. y McDonough, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: *Magmatic in ocean basins* (A.D. Saunders y M.J. Norry, Eds.), Geological Society of London. Special Publication. 42: 313-345.
- Zimmermann, U. y Bahlburg, H. (2003): Provenance analysis and tectonic setting of the Ordovician clastic deposits in the southern Puna Basin, NW Argentina. *Sedimentology*, 50: 1079-1104.