MEDIACIÓN MICROBIANA EN LA FORMACIÓN DE BARITA EN SISTEMAS LACUSTRES MIOCENOS DE LAS CUENCAS DEL DUERO Y DE MADRID

M.E. Sanz-Montero [1], M.A. García del Cura [2] y J.P. Rodríguez-Aranda [1]

[1] *Departamento de Petrología y Geoquímica. Fac. de CC. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid. mesanz@geo.ucm.es*

[2] *IGE (CSIC-UCM) y LPA Unidad Asociada CSIC-Universidad de Alicante.*

INTRODUCCIÓN

El ciclo biogeoquímico del Ba en el océano ha sido objeto de intensa investigación en las últimas décadas por su importancia como trazador de procesos químicos y de corrientes de circulación oceánicas. En consecuencia, la barita también ha sido profusamente analizada desde distintas perspectivas en el ámbito marino. Sin embargo, la génesis sedimentaria de este mineral aún no se comprende de plenamente y para su formación se contemplan tanto procesos biológicos como abiológicos (Smith et al., 2004). Contrasta la abundancia de referencias a la barita en medios marinos con la escasez de éstas en los ambientes lacustres, aunque las existentes reconocen la importancia de los procesos redox de Fe y Mn en el ciclo geoquímico del Ba, reconociendo una activa participación biológica en la química lacustre del Ba (Finlay et al., 1983).

En lo referente al registro geológico, el rastreo bibliográfico realizado por los autores no ha dado resultados que relacionen claramente la barita con procesos biológicos, y menos aún, si nos restringimos a los medios lacustres. Sí existen, no obstante, algunas referencias que ligan la celestina con procesos de sulfatorreducción bacteriana (Taberner et al., 2002) y con ambientes microbianos vinculados a la formación de dolomita (Sanz-Montero et al., 2005; Rodríguez-Aranda et al., 2005). La celestina y la barita se forman en condiciones geoquímicas equivalentes, y, según algunos autores constituyen una solución sólida siendo más factible la precipitación de barita por su menor solubilidad. La formación preferente de celestina sobre barita se da si la proporción de Sr en el medio es muy elevada (Felmy et al., 1993). Además la abundancia de Sr favorece el desarrollo de hábitos más elongados en los minerales (Sánchez-Pastor et al., 2005).

En este trabajo se describen las características de la barita que aparece asociada a carbonatos, principalmente dolomíticos, en el mioceno medio de las Cuenca de Madrid y del Duero y se discute su génesis en relación con procesos de sulfatorreducción y oxidación. Asimismo, se analiza su validez como bioindicador en los contextos sedimentarios lacustres analizados.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Los depósitos miocenos de la Cuenca de Madrid se integran en tres unidades tectosedimentarias mayores (Calvo et al., 1989): Unidad Inferior (Aragoniense), Media (Aragoniense-Vallesiense) y Superior (Vallesiense-Turoliense). La primera de ellas, se compone de depósitos característicos de sistemas de lagos cerrados evaporíticos, de naturaleza perenne. La Unidad Intermedia, contiene en las áreas centrales de la cuenca, depósitos carbonáticos, predominantemente dolomíticos, y yesíferos correspondientes a sistemas lacustres moderadamente salinos, muy someros. Durante la Unidad Superior, la sedimentación de facies, predominantemente calcáreas, se verificó en un sistema fluviolacustre.

Las baritas analizadas en la Cuenca de Madrid aparecen asociadas a dolomías en facies lacustres de centro de cuenca correspondientes a la Unidad Intermedia del Mioceno (Calvo et al., 2004).

Por otra parte, los materiales estudiados en la Cuenca del Duero afloran en los alrededores de Cuéllar (Segovia) y se sitúan en posiciones centrales de la Cuenca del Duero. Forman parte de la denominada Unidad Media del relleno neógeno de dicha cuenca, según García del Cura (1974), o Unidad Cuestas, según Alonso-Gavilán et al. (2004). Las litologías más abundantes de esta unidad son dolomías, margas y pseudomorfos carbonáticos de yeso lenticular. Este conjunto se depositó fundamentalmente durante el Aragoniense en un sistema de llanura lutítica-lago somero de salinidad moderada en el que alternaban periodos de inundación y períodos de exposición subaérea. En estos ambientes se daban condiciones propicias para la proliferación de tapices microbianos (Sanz Montero et al., 2005).

CARACTERÍSTICAS DE LA BARITA

El análisis de la barita se ha realizado mediante técnicas de difracción de rayos X y, fundamentalmente con microscopía electrónica de barrido (electrones secundarios y retrodispersados) y microsonda.

En las dos cuencas estudiadas la barita aparece asociada, en porcentajes inferiores al 5%, a determinados niveles dolomíticos que muestran cristales intrasedimentarios de yeso pseudo-morfizados en calcita. Asimismo, en estos niveles se encuentran cristales de calcita neoformados (Figs. 1 y 2) que se originaron temprana y parejamente a la disolución del yeso (Sanz Montero et al., 2005).

Los cristales de dolomita constituyen una trama muy abierta y porosa dentro de la cual se observan ocasionalmente cristales de barita que pueden aparecer como individuos dispersos (Fig. 1) o en grupos de varios individuos en los que ocasionalmente parecen adivinarse dis-

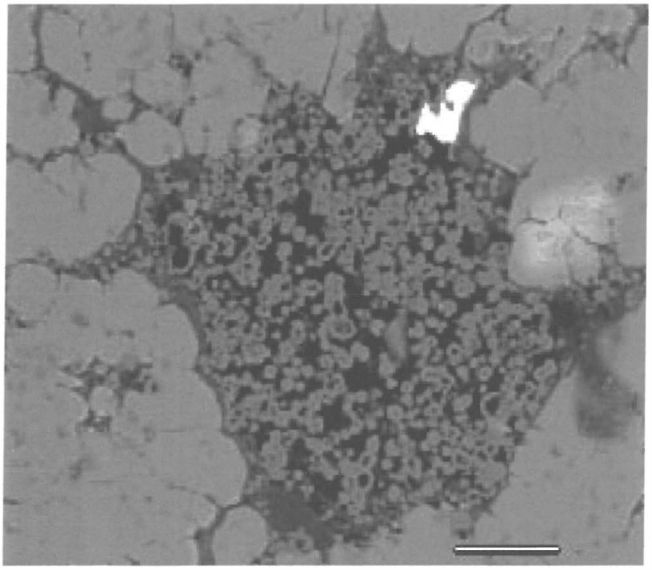

Figura 1: Fotomicrografía, MEB en modo de electrones retrodispersados. Cristal de barita (blanco) con rasgos de disolución, asociado a dolomita biogénica. El conjunto aparece rodeado de cristales de calcita secundaria. Escala gráfica 20 μm. Cuéllar (Cuenca del Duero).

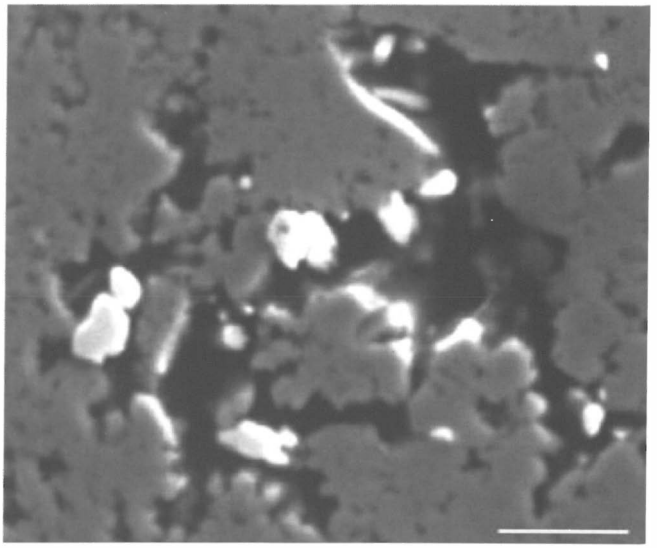

Figura 2: Fotomicrografía, MEB en modo de electrones retrodispersados, mostrando cristales de barita (blancos) parcialmente disueltos con la consiguiente porosidad, rodeados de calcita. Escala gráfica 12 μm. Rivas-Vaciamadrid (Cuenca de Madrid).

posiciones en roseta (Fig. 2). En los casos de intensa neoformación de cristales calcíticos, los cristales de barita y dolomita se pueden hallar embebidos en la calcita (Fig. 2). Frecuentemente se reconoce materia orgánica fósil diseminada en el conjunto de cristales (Fig. 3). Las determinaciones analíticas realizadas en algunas muestras indican un porcentaje mínimo de carbono orgánico total del 1%.

Los cristales de barita se encuentran en todos los casos intensamente corroídos por los carbonatos, lo que da lugar a morfologías muy irregulares, no obstante, parecen caracterizarse por hábitos tabulares de tamaños no superiores a las 20 μm (Figs. 1 y 2). Los análisis elementales efectuados con microsonda indican que la barita contiene proporciones de Sr inferiores al 5% del mineral.

La textura de la dolomita asociada, se caracteriza por presentar una gran variedad de tamaños y morfologías cristalinas, destacándose la presencia de cristales esféricos con poros centrales (Fig. 1). De acuerdo con Sanz Montero et al. (2006), tales morfologías se generan por precipitación epicelular de dolomita sobre bacterias cocoides que plasmarían su morfología en el hueco que dejan al descomponerse posteriormente sus restos. Estos rasgos texturales de la dolomita, así como otros criterios sedimentarios y geoquímicos de las facies dolomíticas, han permitido interpretar que éstas se formaron con participación de bacterias dentro de tapices microbianos (Calvo et al, 2004, Sanz Montero et al., 2005, Sanz Montero et al., 2006).

DISCUSIÓN

En los ambientes continentales actuales se ha descrito la formación de barita como el resultado de la transformación de sulfuros a sulfatos en un ambiente con Ba (Senko et al., 2003). Dada la extremadamente baja solubilidad de dicho mineral, incluso concentraciones muy reducidas de Ba, permiten su formación (Felmy et al., 1993). Este proceso de oxidación se realiza de forma más efectiva en un ambiente reductor que en un medio oxidante mediante bacterias fotosintéticas anaeróbicas y anoxigénicas (Senko et al., 2003).

Nuestros datos indican que la formación de las baritas miocenas pudo verse favorecida por estos procesos microbianos, ya que se encuentra asociada con facies dolomíticas originadas en tapices microbianos (Sanz Montero et al., 2006). La formación de este tipo de dolomita en medios actuales se relaciona con procesos de sulfato reducción bacteriana en los que se utiliza el oxígeno del ión sulfato para metabolizar la materia orgánica presente en el medio (Vasconcelos y McKenzie, 1997). La presencia de óxidos de hierro pseudomorfizando pirita y restos de materia orgánica en las facies analizadas apoyaría la existencia de estas condiciones en los medios donde se formaron. Por otra parte, la génesis de la barita tendría lugar en condiciones de oxidación promovida por bacterias.

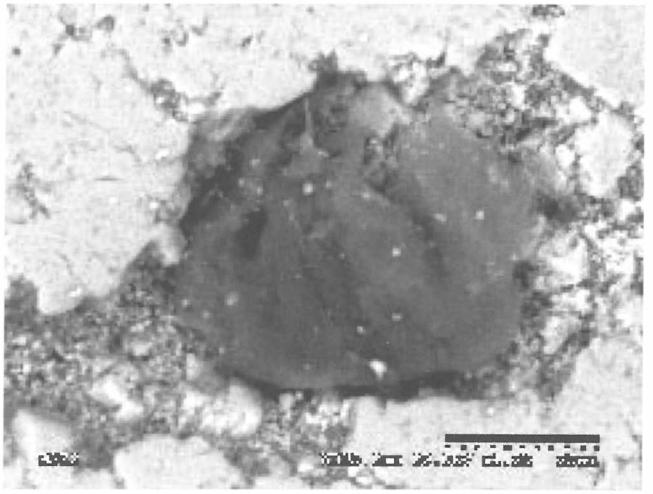

Figura 3: Fotomicrografía, MEB en modo de electrones retrodispersados. En el centro se observan restos de materia orgánica (negro), asociados a cristales de dolomita. Junto a ellos aparecen cristales de calcita secundaria con tonos más blancos. Escala gráfica 20 μm.

Para la formación de barita en las condiciones propuestas se requiere una fuente de sulfatos que se encontraría representada por los yesos intrasedimentarios asociados con las facies. La disolución de estos yesos aportaría, a su vez, los iones Sr que integran junto al Ba la estructura de la barita. Rodríguez Aranda et al. (2005), propusieron una fuente similar de iones para la formación de celestina asociada con dolomitas microbianas en la Unidad Inferior de la Cuenca de Madrid. En ese caso, el elevado contenido en Sr de los precursores yesíferos favoreció la precipitación de celestina sobre la de barita.

Por otra parte, la fuente de Ba en los lagos miocenos podría encontrarse en la descomposición de la materia orgánica tal y como se ha propuesto para la formación de barita en medios marinos (Stamatakis y Hein, 1993). Esta materia orgánica derivaría de la acumulación en el fondo del lago de bacterias y plankton. En este sentido cabe reseñar que algunos protozoos, muy abundantes en medios lacustres, son capaces de precipitar intracelularmente cantidades significativas de barita (Finlay et al., 1983).

De este modo, para generar barita, se necesitaría, en primer lugar, la descomposición de la materia orgánica, posiblemente por bacterias sulfatorreductoras, que liberaría Ba al medio y facilitaría la precipitación de dolomita. En segundo lugar, se produciría la oxidación de los sulfuros originados en la fase anterior a sulfatos, y se alcanzaría la sobresaturación en sulfato de bario.

Dichos procesos redox alternarían a lo largo del tiempo en la misma zona del tapiz microbiano y se incluirían dentro de la sedimentación y diagénesis temprana de las facies dolomíticas. Esto implica que la presencia de dolomita y la barita reflejan distintos microambientes dentro del tapiz microbiano en el que se formaron y permiten que ambas fases sean consideradas como biominerales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro de las actividades del Proyecto PR45/05-14165, con financiación de la Universidad Complutense de Madrid y la Comunidad Autónoma de Madrid.

REFERENCIAS

Alonso-Gavilán, G., Armenteros, I., Carballeira, J., Corrochano, A. Huerta, P. y Rodríguez, J.M., 2004. Cuenca del Duero. En Vera et al. Eds. «Geología de España».. SGE-IGME. Madrid. 550-556.

Calvo, J.P., García del Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E. y Pozo, M., 2004. Abstract Book, 23nd IAS Meeting of Sedimentology, 76.

Calvo, J.P., Ordóñez, S., García del Cura, M.A., Hoyos, M., Alonso-Zarza, A.M., Sanz, E. y Rodríguez Aranda, J.P., 1989. Acta Geológica Hispánica, 24, 281-298.

Felmy, A.R., Dhanpat R., y Moore, D.A., 1993. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 4345-4363.

Finlay, B.J., Netherington, N.B. y Davison, W., 1983. Geochimica et Cosmochimica Acta, 47, 1325-1329.

García del Cura, M.A., 1974. Estudios Geológicos, 30, 579-597.

Rodríguez-Aranda, J.P., Sanz-Montero, M.E., Ayllón-Quevedo, F. y Souza-Egipsy, V., 2005. Macla, 3, 171-172.

Sánchez-Pastor, N., Pina, C.M. y Fernández-Díaz, L., 2005. Macla, 3, 189-190.

Sanz Montero, M.E., Rodríguez-Aranda, J.P. y García del Cura, M.A., 2005. Macla, 3, 193-195.

Sanz-Montero, M.E., Rodríguez-Aranda, J.P. y Calvo, J.P., 2005. Geophysical Research Abstracts, v. 7, 06837.

Sanz Montero M.E., García del Cura, M.A. y Rodríguez Aranda, J.P., 2006. Geotemas, 7 (en rev.).

Senko, J.M., Campbell, B.S., Henriksen, J.R., Elsahed, M.S., Dewers, T.A. y Krumholz, L.R., 2004. Geochimica et Cosmochimica Acta, 68, 773-780.

Smith, E., Hamilton-Taylor, J., Davison, W., Fullwood, N.J. y McGrath, M., 2004. Chemical Geology, 207, 81-89.

Stamatakis y Hein . Economic Geology, 88, 91-103.

Taberner, C., Marshall, J.D., Hendry, J.P., Pierre, C. y Thirwall, M.F., 2002. Sedimentology, 49, 171-190.

Vasconcelos, C. y McKenzie, J.A., 1997. Journal Sedimentary Research, 67, 378-390.