

Participación Microbiana en la Formación de Magnesita dentro de un Ambiente Lacustre Evaporítico: Mioceno de la Cuenca de Madrid

/ MARÍA ESTHER SANZ-MONTERO (1, 2, *), JUAN PABLO RODRÍGUEZ-ARANDA (1)

(1) Dpto. Petrología y Geoquímica. Facultad CC. Geológicas. Univ. Complutense. 28040-Madrid.

(2) Instituto de Geología Económica, UCM-CSIC. C/Antonio Novais, 2. 28040-Madrid.

INTRODUCCIÓN.

La existencia de depósitos sedimentarios de magnesita en el registro geológico no es un hecho frecuente, sin embargo, se puede distinguir un tipo característico de tales depósitos relacionado estrechamente con facies evaporíticas (Pohl, 1989). Dentro de España, las cuencas terciarias incluyen buenos ejemplos de magnesita intercalada en sucesiones evaporíticas lacustres, concretamente en la Cuenca del Ebro (Salvany y Ortí, 1994), en la Cuenca de Madrid (Ordóñez y García del Cura, 1994; Sanz Montero, 1996) y en la Cuenca de Calatayud (Sanz-Rubio et al, 2002).

La génesis de magnesita a baja temperatura dentro de los ambientes sedimentarios no es fácil de explicar desde un punto de vista puramente fisicoquímico (Harvie et al., 1984). No obstante, se ha descrito la formación de magnesita dentro de ambientes actuales de lago salino asociada con tapices bacterianos (p.e. Renaut, 1993) y se ha demostrado como las cianobacterias pueden producir biomineralizaciones en dicho mineral (Thompson y Ferris, 1990), así como las bacterias sulfatorreductoras (Wright, 1999). Aunque recientemente se ha sugerido que la actividad microbiana ha podido jugar un papel importante en la génesis de magnesita sedimentaria en la Cuenca de Calatayud (Sanz-Rubio et al., 2002), no se han precisado los rasgos texturales diagnósticos de las facies, ni el papel concreto que jugaron las bacterias.

Los depósitos con magnesita de la Cuenca de Madrid pertenecen a la Unidad Inferior del Mioceno y se han originado en sistemas de llanura lutítica-lago salino característicos de una cuenca de sedimentación endorreica (Calvo et al., 1996). En este trabajo se

aportan una serie de observaciones, principalmente texturales e isotópicas, que apoyan un origen primario de dicha magnesita y la participación microbiana en su génesis.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO.

Las facies magnésicas de la Cuenca de Madrid se presentan como niveles centimétricos tabulares, a veces con límites ondulados, de color blanco, crema o blanco-verdoso con vaga laminación interna. También pueden constituir niveles de margas ilíticas verde azuladas de espesor centimétrico a decimétrico. En ambos casos, se suelen observar manchas de óxidos de hierro resultantes de la oxidación de piritas. Por otro lado, los límites entre niveles pueden ser netos, o bien, transicionales e irregulares.

Dichas facies se encuentran en dos contextos sedimentarios diferenciados: (1) intercaladas con niveles tabulares o nódulares de anhidrita y glauberita, en afloramiento transformados a yeso secundario, así como con lutitas ilíticas, y (2) asociada con yesos primarios seleníticos, dolomita primaria, lutitas ilíticas y nódulos secundarios de yeso procedentes de anhidrita. En el primer caso, el contexto se corresponde con las facies marginales de un lago hipersalino de centro de cuenca (Sanz-Montero, 1996). El segundo caso representa también facies marginales, pero relacionadas con pequeños sistemas lacustres moderadamente salinos, adyacentes al lago hipersalino central (Sanz Montero et al., 2006).

METODOLOGÍA Y RESULTADOS.

Se ha realizado un estudio textural de detalle en las facies magnésicas utilizando microscopía óptica de transmisión, microscopía de fluorescencia y microscopía electrónica

de barrido. Asimismo, se han realizado análisis químicos con EDS y microsonda, y análisis isotópicos de C y O.

Las microfácies magnésicas siempre incluyen un cierto porcentaje de detríticos, tamaño arcilla o limo, fundamentalmente micas, ilita, cuarzo y feldespatos. Tanto en las fábricas de magnesita como en las de la dolomita primaria intercalada se encuentran invariablemente sulfuros de hierro (Fig. 1), que aparecen en mayor proporción en las facies magnésicas. Es frecuente, incluso, que los filosilicatos asociados a la magnesita se encuentren remplazados por pirita, como ha sido descrito por Sanz Montero et al. (2008) en otras unidades de carácter dolomítico.

Las microfábricas constan de cristales de micrita y microesparita de $MgCO_3$, en algunos casos con muy escasa proporción de calcita. Se distinguen microfácies de masivas a grumosas (Fig. 1), arborescentes y filamentosas. Estas últimas forman una trama muy abierta en la que abundan poros de tipo fenestral.

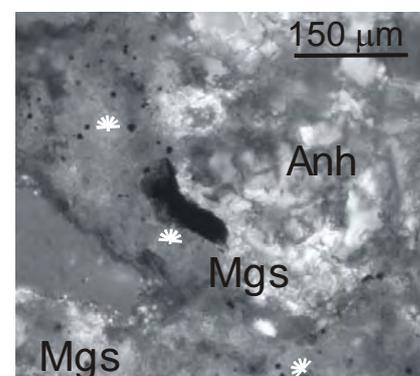


fig 1. Microfácies de magnesita (Mgs) asociada a anhidrita prismática (Anh). Diseminada en el carbonato se observa abundante pirita (símbolos blancos). Microscopio óptico, nicholes cruzados.

palabras clave: magnesita, mediación bacteriana, Mioceno, España

key words: magnesite, bacterial mediation, Miocene, Spain

Cuando la magnesita se encuentra incluida en macrocristales de yeso secundario, aparece dispuesta según una trama en zigzag que, posiblemente, se corresponde con los bordes cristalinos de las fases primarias reemplazadas.

Los cristales de magnesita son fluorescentes debido a que contienen materia orgánica, de hecho en las muestras de sondeo y en los afloramientos de excavaciones recientes se aprecia un marcado olor a hidrocarburos. En las observaciones con microscopía electrónica se reconocen agregados abiertos de cristales subidiomorfos, generalmente inferiores a 5 μm (Fig. 2). Éstos constan de subcristales que a menudo se disponen sobre superficies esféricas o tubulares ricas en carbono dando lugar a morfologías cristalinas muy variadas (*dumbbel*, esferoidales, etc.). En los bordes de algunos cristales se desarrollan entrantes y salientes limitados por caras cristalinas bien definidas (Fig. 2). Asimismo, son muy comunes las agrupaciones de cristales en forma de panal, roseta o hilera. Este tipo de morfologías y disposiciones se hallan también en las facies de dolomita asociadas (Sanz-Montero et al., 2006).

De acuerdo con los datos de Sanz-Montero et al. (2008), los isótopos de azufre de la pirita ($\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = -5.8\text{‰}$ y -39.4‰) son negativos, a diferencia de los de los yesos asociados (con un valor medio de $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ de 17.7‰), lo que indica fraccionamiento microbiano.

Los análisis químicos elementales de la magnesita detectan la presencia de pequeñas cantidades de Mn y Ca en sus cristales. Por otro lado, los análisis de isótopos de la magnesita muestran valores negativos para el carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -5.08\text{‰}$) y positivos para el oxígeno ($\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}} = 2.57\text{‰}$). Este último dato contrasta con los valores negativos de la dolomita asociada (Sanz-Montero et al., 2006).

INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES.

La magnesita de la Cuenca de Madrid tiene carácter primario ya que no se reconocen texturas de remplazamiento de otros carbonatos, el tamaño cristalino es micrítico o, a lo sumo, microesparítico y la estructura de los niveles es típica de facies deposicionales.

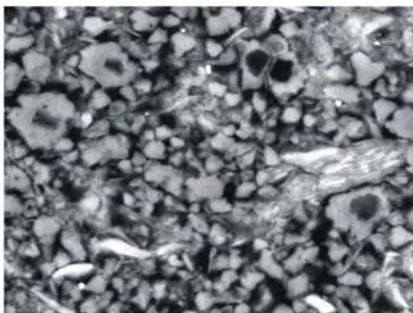


fig 2. Imagen SEM mostrando cristales de magnesita con diversas morfologías.

El color verdoso de los depósitos se relaciona con la presencia en el ambiente de hierro reducido. Además, la abundancia de materia orgánica y la presencia de pirita en las facies también apoyan la interpretación de un paleoambiente reductor. De acuerdo con Wright (1999), los procesos de descomposición de la materia orgánica por bacterias sulfatorreductoras son los responsables de la formación, tanto de dolomita como de magnesita.

Las texturas cristalinas observadas en la magnesita son específicas de los precipitados mediados por microbios, según han interpretado Sanz-Montero et al. (2006) para la dolomita primaria asociada. De este modo, los minerales se formarían como precipitados epicelulares en tapices bacterianos. Además, los valores isotópicos negativos del C también sugieren la participación de organismos en la precipitación de ambos minerales. Sin embargo, los valores isotópicos del O de la magnesita, más altos que los de la dolomita, revelan una mayor concentración de las salmueras para la primera.

Concluyendo, la magnesita estudiada se interpreta como el resultado de la mineralización de tapices microbianos, relacionada con procesos de sulfatorreducción bacteriana, en condiciones de mayor salinidad que la dolomita asociada.

AGRADECIMIENTOS.

Proyecto Univ. Complutense – Banco de Santander (PR34/07-15900).

REFERENCIAS.

Calvo, J.P., Alonso Zarza, A.M., García del Cura, M.A., Ordóñez, S., Rodríguez-Aranda, J.P., and Sanz-Montero, M.E. (1996): *Sedimentary evolution of lake systems*

through the Miocene of the Madrid Basin: paleoclimatic and paleohydrological constraints. En Friend, P.F., and Dabrio, C.J., eds., *Tertiary Basins of Spain. The Stratigraphic Record of Crustal Kinematics*, Cambridge University Press, 272–277.

Harvie, C.E, Möller, N., Weare, J.H. (1984): The prediction of mineral solubilities in natural waters: The Na-K-Mg-Ca-H-Cl-SO₄-OH-HCO₃⁻ CO₂-H₂O system to high ionic strengths at 25°C. *Chem. Geol.*, **74**, 309-320.

Ordóñez, S. & García del Cura, M.A. (1994): Deposition and diagenesis of sodium-calcium sulphate salts in the Tertiary saline lakes of the Madrid Basin, Spain. En "Sedimentology and Geochemistry of modern and ancient saline lakes", R.W. Renaut & W.M. Last, ed. *SEPM Spec. Publ.*, **50**, 229-238.

Pohl, W. (1989): Comparative geology of magnesite deposits and occurrences. En "Magnesite. Geology, Mineralogy, Geochemistry, Formation of Mg-carbonates", P. Möller, ed. Gebrüder Borntraeder, Berlín, 1-14.

Renaut, R.W. (1993): Morphology, distribution and preservation potential of the microbial mats in the Hydromagnesite-magnesite playas of the Cariboo Plateau, British Columbia, Canada. *Hydrobiol.*, **267**, 75-98.

Salvany, J.M. & Ortí, F. (1994): Miocene glauberite deposits of Alcanadre, Ebro Basin, Spain: Sedimentary and diagenetic processes. En "Sedimentology and Geochemistry of modern and ancient saline lakes", R.W. Renaut & W.M. Last, ed. *SEPM Spec. Publ.*, **50**, 203-216.

Sanz-Montero, M.E. (1996): *Sedimentología de las formaciones neógenas del Sur de la Cuenca de Madrid*. Monografías Ministerio de Fomento-50, CEDEX, 245 p.

Sanz-Montero, M.E., Rodríguez-Aranda, J.P., Calvo, J.P. (2006): Mediation of endoevaporitic microbial communities in early replacement of gypsum by dolomite: a case study from Miocene lake deposits of the Madrid Basin, Spain. *Jour. Sed. Research*, **76**, 1257-1266.

Sanz-Montero, M.E., Rodríguez-Aranda, J.P. y Pérez-Soba, C. (2008): Bioformación de sulfuros y carbonatos en ambientes de lago salino (Mioceno, Cuenca de Madrid): Implicaciones en la alteración de silicatos. *Geotemas* (en prensa).

Sanz-Rubio, E., Pozo, M., Rodríguez-Aranda, J.P., Calvo, J.P. (2002): Petrología y geoquímica isotópica de los depósitos de magnesita de la Cuenca de Calatayud (provincia de Zaragoza). *Interpretación paleoambiental*. *Rev. Soc. Geol. España*, **15**, 113-127.

Thompson, J.B. & Ferris, F.G. (1990): Cyanobacterial precipitation of gypsum, calcite, and magnesite from natural alkaline lake water. *Geol.*, **18**, 995-998.

Wright, D.T. (1999): The role of sulphate-reducing bacteria and cyanobacteria in dolomite formation in distal ephemeral lakes of Coorong Region, (South Australia). *Sed. Geol.*, **126**, 147-157.