

Precipitación de sales en una laguna sulfatada magnésico-sódica (La Mancha, España): controles ambientales

/ ÓSCAR CABESTRERO (1), M. ÁNGELES GARCÍA DEL CURA (2), M. ESTHER SANZ MONTERO (1).

(1) Dpto. de Petrología y Geoquímica, Facultad de CC. Geológicas (UCM). C/ José Antonio Nováis, 2. 28040, Madrid (España).
(2) IGEO-UCM, C/ José Antonio Nováis, 2. 28040, Madrid (España).

INTRODUCCIÓN

Los humedales existentes en Castilla-La Mancha han sido objeto de numerosos estudios, debido principalmente a la notoriedad de sus ecosistemas; sin embargo, desde el punto de vista mineralógico, aún queda mucho por desvelar.

La laguna de 'El Altillo Grande' corresponde a un cuerpo de agua de alta salinidad, somero y endorreico, englobado dentro del endorreísmo salino de la Llanura Manchega. Se incluye en un grupo de lagunas de media a alta salinidad, que tienen un carácter marcadamente estacional en función de las precipitaciones. Tanto es así que en periodos de escasas precipitaciones, se secan o su extensión y profundidad disminuye casi por completo, por lo que se clasifica como una laguna de tipo playa-lake.

Esta laguna se encuentra situada, en la cuenca hidrográfica del Guadiana, a 4 kilómetros al sur del municipio de Lillo (fig 1), dentro de la provincia de Toledo.



fig 1. Posición de la laguna en imagen de satélite de Google Earth (Coord.: 39° 41' 33.87\", -3° 18' 2.01\").

Dado las condiciones extremas de salinidad, son pocos los seres que habitan en este tipo de lagos. La superficie de la laguna está formada por un sedimento cubierto por un fino tapiz

de microbios de acuerdo con lo estudiado por otros autores (Guerrero y De Wit, 1992; Sanz-Montero et al., 2012a y b).

En este trabajo se describen las fases minerales presentes en los sedimentos de esta laguna, su paragénesis, y se analizan los factores que favorecen la formación de las distintas fases.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han realizado siete campañas de campo en diversas estaciones desde julio de 2011, haciendo especial hincapié en la estación de invierno (cinco de las siete) debido a que es en este periodo cuando la laguna tiene agua de forma más o menos continua en el tiempo. Se han recogido muestras en superficie de agua y de sedimento.

La metodología utilizada para el análisis del agua ha sido: Los aniones se analizaron por electroforesis, los cationes por absorción atómica y los carbonatos y bicarbonatos por valoración.

Las muestras de sedimento se han analizado mediante Difracción de Rayos X (fig 2), lupa binocular, y microscopía electrónica de barrido en modo de electrones secundarios (se) y retrodispersados (bse) con microanálisis por energías dispersivas (EDS).

RESULTADOS

Hidroquímica

Según la clasificación iónica del agua de Piper-Hill-Langelier, la laguna es de tipo sulfatado con tendencia magnésico-sódica. Las concentraciones de Ca^{2+} y SO_4^{2-} (que oscilan entre 23,65 - 33,73 meq y 72,94 - 314,58 meq, respectivamente) son típicas de salmueras continentales saturadas en

yeso (Warren, 2006). Durante el muestreo, la conductividad se situó entre 17 y 47 mS/cm (salinidad entre 10 y 30g/L) y se han obtenido variaciones de pH entre 8 y 10. Los valores más altos de pH corresponden a periodos de mayor concentración de iones disueltos.

Estructuras sedimentarias y mineralogía

El sedimento de la laguna presenta un conjunto de estructuras sedimentarias que son características de los medios en los que proliferan los tapices microbianos y varían según las estaciones. Algunas de éstas han sido descritas por Sanz-Montero et al., 2012b. Las más comunes son las estructuras de tipo ripples multidireccionales (wrinkle), polígonos de desecación (mud cracks), estructuras asociadas con migración de gases y bioturbaciones.

Los minerales salinos presentes en el sedimento son yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), halita (NaCl), starkeyita ($MgSO_4 \cdot 4H_2O$), hexahidrita ($MgSO_4 \cdot 6H_2O$), bloedita ($Na_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$), thenardita (Na_2SO_4) y celestina ($SrSO_4$). Otros componentes minerales son: calcita, cuarzo, feldspatos y filosilicatos.

El yeso, que es el precipitado dominante, aparece en todas las muestras formando cristales lenticulares (idiomorfos), de tamaño comprendido entre 5 y 200 μm . También se presenta en agregados de cristales idiomorfos con disposición concéntrica (en forma de roseta) y relacionados con bioturbaciones.

Rellenando las grietas de retracción y recubriendo la superficie de los polígonos de desecación que se forman en el estío, aparecen cristales de bloedita y starkeyita de hasta 10 μm . Estos se disponen entre las lenticulas de

palabras clave: Lagunas, Lillo, tapices, cianobacterias, sulfatos.

key words: Playa-lake, Lillo, biofilms, microbes, sulfates.

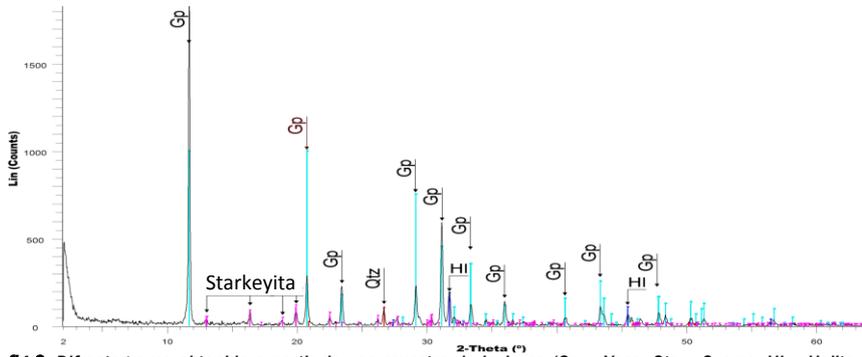


fig 2. Difractograma obtenido a partir de una muestra de invierno (Gp - Yeso, Qtz - Cuarzo, HI - Halita y Starkeyita).

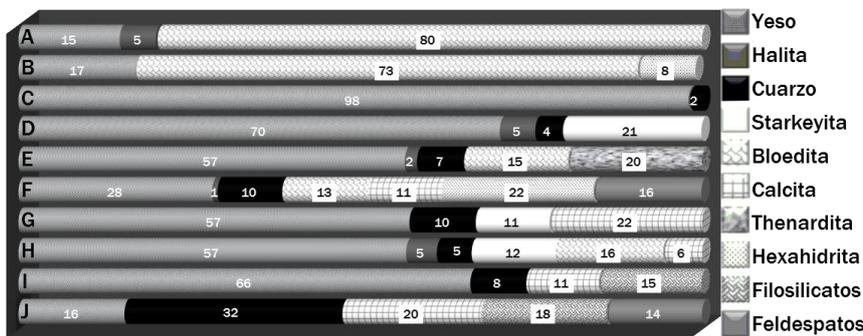


fig 3. Resultados semicuantitativos de Difracción de Rayos X. Las muestras A, B, C y D son de Julio de 2011. La muestra E es de Enero de 2012. F, G y H son de Marzo de 2012. I y J son de Diciembre de 2012.

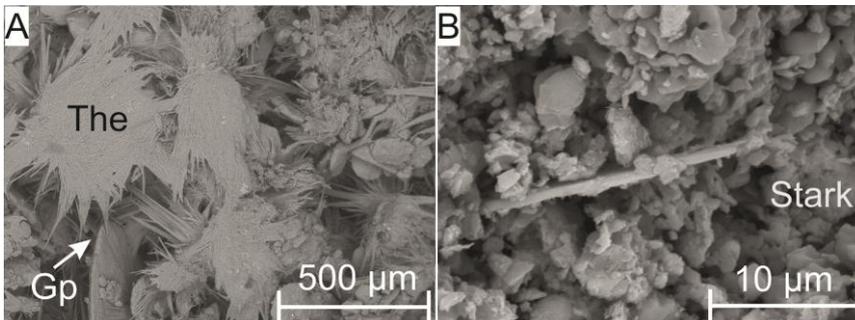


fig 4. Imágenes de SEM-SE de cristales de sulfato sódico (The - Thenardita) y cálcico (Gp - Yeso), en invierno (A); y cristales de sulfato magnésico (Stark - Starkeyita) englobando un filamento, en verano (B).

yeso (fig 4) Los primeros forman agregados de cristales con desarrollo dendrítico, mientras que los segundos constituyen agregados laminares.

La thenardita precipita alrededor de poros de la superficie del sedimento. Se ha observado que su formación ocurre cuando los contenidos de sulfato y sodio del agua son mayores. Tiene hábito acicular y forma agregados fibrosorradiales de tamaños que superan 1 milímetro (fig 4).

La halita aparece en pequeñas proporciones (fig 3) en cualquier época formando recubrimientos de cristales alotriomorfos y, en ocasiones, subidiomorfos parcialmente redisueltos. Su tamaño alcanza hasta 30 µm.

Se reconocen cristales idiomorfos de celestina de hasta 30 µm, algo corroidos, generalmente asociados a cristales lenticulares de yeso.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los minerales como el cuarzo, feldespatos y filossilicatos provienen de aportes detríticos, y son más abundantes en las zonas que reciben mayores aportes de escorrentía.

El resto de fases corresponden a minerales autígenicos que se forman a medida que el agua se evapora y aumenta la concentración de iones. Así, el yeso precipita en primer lugar bajo lámina de agua (fig 3 G-I). A medida que el sedimento comienza a secarse se forman grietas de desecación que

afectan a los tapices cianobacterianos, que recubren la laguna. A favor de estas grietas se produciría el ascenso de fluidos cargados de iones a partir de los que precipitan los sulfatos magnésicos (fig 3 F-H). El ascenso se produce por bombeo evaporítico y/o por la presión hidráulica de los fluidos que se encuentran confinados bajo el tapiz. Al secarse más aún la superficie del sedimento, la porosidad aumenta, permitiendo el ascenso de más fluidos que forman estructuras de escape de gases. En torno a éstas precipitan las últimas fases, sulfatadas sódicas (fig 3 A-B), que son las que presentan los mayores grados de solubilidad.

Estos resultados, por tanto, indican que existe una relación espacio-temporal de la mineralogía con factores ambientales como la evaporación; una hidroquímica dominada, en origen, por las rocas aflorantes en la cuenca de drenaje, y las estructuras sedimentarias. En la formación de las estructuras sedimentarias intervienen los microorganismos, que, de este modo, influyen también en la precipitación de minerales, y que varían, a su vez, con las condiciones imperantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto CGL2011-26781 (M° de Ciencia e Innovación) y O.C. ha contado con una beca FPI BES-2012-054282.

REFERENCIAS

- Guerrero, M.C. Y Wit, R. (1992): *Microbial mats in the inland saline lakes of Spain*. *Limnética*, **8**, 197-204.
- Sanz Montero, M.E., García del Cura, M.A., Calvo, J.P. & Rodríguez Aranda, J.P. (2011): *Formation of celestite in microbial mats from saline lakes of Central Spain (Toledo)*. *Mineralogical biosignatures in sulfate evaporite environments*. IAS Meeting Of Sedimentology, Zaragoza, Julio 2011.
- Sanz Montero, M.E., García del Cura, M.A., Rodríguez Aranda, J.P. & Calvo, J.P. (2012a): *Bioturbación en las lagunas salinas (Lillo, Toledo): comparación con icnitas antiguas en rocas evaporíticas*. Congreso Geológico de España, Oviedo, Julio 2012. 4p.
- Sanz Montero, M.E., García del Cura, M.A., Rodríguez Aranda, J.P. & Calvo, J.P. (2012b): *Tapices microbianos y estructuras sedimentarias asociadas en sistemas deposicionales evaporíticos de la Mancha: un enfoque actualista*. Congreso Geológico de España, Oviedo, Julio 2012. 4p.
- Warren, J.K. 2006. *Evaporites; Sediments, Sources and Hydrocarbons*: Springer Verlag, Berlín. 1035p.