

Formación de arcillas en lagunas sulfatadas efímeras (Lillo, Toledo)

/ ÓSCAR CABESTRERO (1), XABIER ARROYO REY (2), M. ÁNGELES GARCÍA DEL CURA (3), M. ESTHER SANZ MONTERO (1).

- (1) Dpto. de Petrología y Geoquímica, Facultad de CC. Geológicas (UCM). C/ José Antonio Nováis, 12. 28040, Madrid (España).
(2) CAI de Técnicas Geológicas. Facultad de CC. Geológicas (UCM). C/ José Antonio Nováis, 12. 28040, Madrid (España).
(3) IGEO, CSIC-UCM, C/ José Antonio Nováis, 12. 28040, Madrid (España).

INTRODUCCIÓN.

La laguna de 'El Altillo Grande' es un cuerpo de agua de alta salinidad, somero y efímero, englobado dentro de los humedales endorreicos de la Llanura Manchega (Fig. 1), que se tipifica como playa-lake.

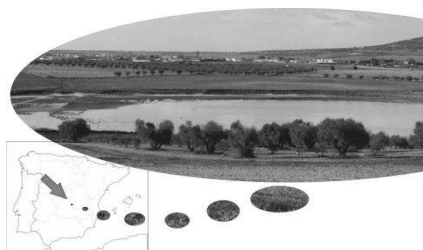


fig 1. Fotografía de la laguna junto con su situación en el mapa de la Península Ibérica (Coord.: 39°41'33.87", -3°18'2.01").

El sedimento está mayoritariamente formado por un cortejo de minerales autigénicos que están asociados frecuentemente a tapices microbianos adaptados a las condiciones extremas de las lagunas. La presencia de microbios propicia el desarrollo de estructuras sedimentarias distintivas y condiciona la formación de determinados minerales (Sanz-Montero et al., 2012; Cabestrero et al., 2013).

El objetivo es, por tanto, caracterizar las fases y paragénesis del sedimento, y ampliar la descripción mineralógica de los trabajos previos, haciendo hincapié en los filosilicatos. También se analizan los factores que favorecen la formación y distribución de las distintas fases.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se han realizado nueve campañas de campo en diversas estaciones desde julio de 2011, haciendo especial énfasis en la estación de invierno debido a que es en este periodo cuando la laguna tiene agua de forma más continua en el

tiempo. Se han recogido muestras en superficie de agua y de sedimento, así como, mediante sondeos de hasta 20 cm de profundidad.

Para el análisis de los aniones del agua se ha utilizado la técnica de electroforesis. Los cationes se han analizado por absorción atómica y los carbonatos y bicarbonatos por valoración.

Las muestras de sedimento se han analizado mediante difracción de rayos X (DRX), lupa binocular, y microscopía electrónica de barrido, en modo de electrones secundarios y con microanálisis por energías dispersivas.

El porcentaje de minerales se ha cuantificado con el software de SOCABIM, EVA, versión 12.0.0.0.

Para el estudio de arcillas se han recogido muestras representativas de sedimento, con contenidos de arcillas comprendidos entre el 15 y el 20% del total, tanto en la superficie como en sondeos. Se han llevado a cabo preparaciones estándar de agregados orientados: lavados con agua destilada y HCl para la eliminación de sulfatos y carbonatos y lavados con H₂O₂ para la destrucción de la materia orgánica. Se han realizado tres DRX por muestra (sin tratamiento, con etilenglicol y con tratamiento térmico tal y como se describe en Arroyo, 2010). A la vez, las muestras se han atacado más intensamente que lo indicado en tratamientos clásicos (Carroll y Starkey, 1971), esto es, durante cuatro días con HCl al 10% para la eliminación de las fases de baja cristalinidad que se forman autigénicamente, y poder obtener resultados más concluyentes.

RESULTADOS.

Hidroquímica

Según la clasificación iónica del agua de Piper-Hill-Langelier, la laguna es de tipo sulfatado con tendencia magnésica-sódica. Las concentraciones de Ca²⁺ y SO₄²⁻ (que oscilan entre 23,65–35,43 meq y 69,06–314,58 meq, respectivamente) son típicas de salmueras continentales saturadas en yeso. El elevado aporte de otros iones en el agua, tales como Mg²⁺, Na⁺ y Cl⁻; que varían entre 41,07–300,40 meq para el magnesio, entre 21,75–247,95 meq para el sodio y entre 11,96–202,76 meq para el cloro; contribuye en la complejidad de las fases minerales encontradas. Durante el muestreo, la conductividad se situó entre 4 y 47 mS/cm (salinidad entre 2 y 30g/L) y se han obtenido variaciones de pH entre 8 y 10. Los valores más altos de conductividad y pH corresponden a periodos de mayor concentración de iones disueltos.

Mineralogía

Los precipitados evaporíticos de la laguna son un conjunto de sulfatos cálcicos, sódicos y magnésicos, en muchos casos formados por más de un catión (Cabestrero et al., 2013).

Junto a algunos de los minerales evaporíticos más abundantes y frecuentes como hexahidrita, starkeyita, bloedita y thenardita, se han detectado otros que se consideran precursores de los anteriores (los rangos de concentración de estos minerales en el sedimento se muestran en la Tabla 1).

Los filosilicatos detríticos presentes en la laguna son biotita, moscovita-illita, clorita, pirofillita y caolinita. Como minerales autigénicos aparecen sepiolita, palygorskita e interestratificados ordenados, de tipo R1-R3 de illita/esmectita (Fig. 2), aunque no se descarta la existencia de

palabras clave: Lagunas, Minerales Autigénicos, Tapices, Bacterianos, Arcillas Magnésicas.

key words: Saline Lakes, Authigenic Minerals, Biofilms, Microbial, Mg-Clays.

Mineral	Loewite (2-3%) [P]	Konyaite (3-44%) [P]	Blödite (2-73%)	
Fórmula	$\text{Na}_{12}\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_{13}\cdot 15\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Mineral	Epsomite [P] (8-36%)	Hexahydrite (5-83%)	Pentahydrite [P] (2-5%)	Starkeyite (4-42%)
Fórmula	$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Mineral	Mirabilite (3%) [P]		Thenardite (1-20%)	
Fórmula	$\text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$		Na_2SO_4	

Tabla 1. Fórmula y porcentaje de sulfatos obtenidos de la DRX de polvo en muestra total. Están ordenados en filas por su contenido catiónico. El indicativo [P] se refiere a los minerales precursores.

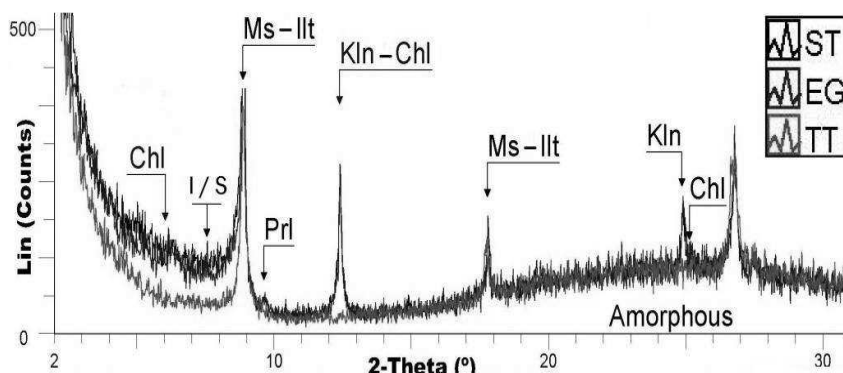


Fig 2. Diffractogramas superpuestos: ST - sin tratamiento, EG - etilenglicol y TT - tratamiento térmico.

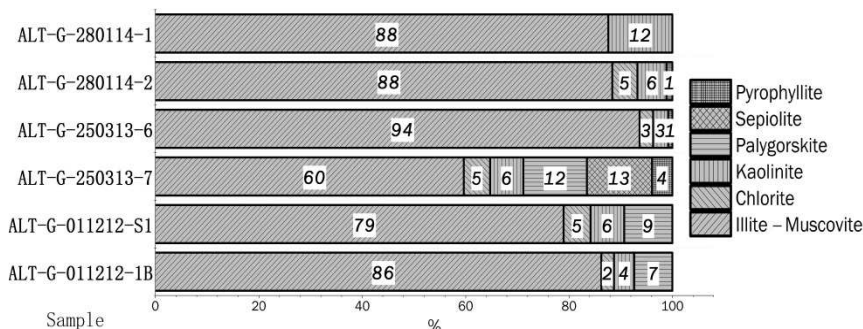


Fig 3. Resultados cuantitativos de la DRX de los agregados orientados.

caolinita neoformada, si bien, son necesarios más estudios para determinar si este mineral es en su totalidad detrítico, que es lo que se presupone, dadas las condiciones físico-químicas del medio y las características del entorno.

La sepiolita y la palygorskita han sido detectadas en varias muestras (Fig. 3), destacando la presencia de palygorskita y sepiolita en una muestra de sondeo, en donde la concentración de ambas es del 25% del total de los filosilicatos.

Se observa un aumento de la proporción de palygorskita, sepiolita e interestratificados illita/esmectita en profundidad. Otra pauta reseñable es la variación temporal, coincidiendo el aumento de las arcillas con el desarrollo de los tapices microbianos (primavera). Así mismo, destaca una cierta afinidad

de dichas arcillas con los sulfatos magnésicos. Los minerales arcillosos presentan morfología irregular y tamaños que oscilan entre 1 y 4 µm. Se encuentran embebidos en los polímeros producidos por las cianobacterias y diatomeas.

Se ha observado un aumento de la proporción de pirofillita y clorita (detríticas) en el borde sur de la laguna, que es la zona más próxima a afloramientos de rocas metamórficas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En la laguna se ha observado que los sulfatos cálcicos precipitan primero, seguidos de los magnésicos y los sódicos.

Los resultados apuntan a que las arcillas magnésicas presentes en la laguna son

neoformadas y se encuentran asociadas fundamentalmente a los sulfatos de magnesio.

La morfología irregular de los cristales de los filosilicatos y la aparición de fases amorfas (Fig. 2) indican que se están formando arcillas autigénicas en la laguna. Esto se ha corroborado con el tratamiento prolongado en HCl que provoca la desaparición de fases de baja cristalinidad (interestratificados y amorfos).

Estos resultados indican que existe una relación espacio-temporal de la mineralogía con factores ambientales como la evaporación, una hidroquímica dominada por las rocas aflorantes en la cuenca de drenaje y la formación de biofilms, que podrían influir de algún modo en la formación de las arcillas.

Las condiciones ambientales que se han determinado para esta laguna permiten refinar los parámetros de formación de las arcillas ricas en magnesio que son muy abundantes en el registro geológico lacustre (Calvo et al., 2009).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto CGL 2011-26781 y la beca FPI BES 2012-054282 del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

Arroyo, X. (2010): Evolución de las esmectitas e interestratificados I/S en la serie carbonatada del Cretácico Superior del Bloque Alavés. Implicaciones sobre el mecanismo de illitización durante la diagénesis. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco, 252 p.

Cabestrero, Ó., García del Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E. (2013): Precipitación de sales en una laguna sulfatada magnésico-sódica (Lillo, Toledo): controles ambientales. *Macla* **17**, 27-28.

Calvo, J.P., Blanc-Valleron, M.M., Rodríguez-Aranda, J.P., Rouchy, J.M. y Sanz-Montero, M.E. (2009): Authigenic Clay Minerals in Continental Evaporitic Environments, Palaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits, Blackwell Publishing Ltd., 129-151.

Carroll, D., Starkey, H.C. (1971). Reactivity of clay minerals with acids and alkalis. *Clays and Clay Minerals*, **19**, 321-333.

Sanz-Montero, M.E., García del Cura, M.A., Rodríguez Aranda, J.P. y Calvo, J.P. (2012): Tapices microbianos y estructuras sedimentarias asociadas en sistemas deposicionales evaporíticos de La Mancha: Un enfoque actualista. *Geotemas*, **13**, 167-170.