

Bioturbación en lagunas salinas (Lillo, Toledo): comparación con icnitas antiguas en rocas evaporíticas.

Bioturbation in saline ponds from Lillo (Toledo): comparison with trace fossils and rhizoliths in ancient evaporite rocks

M.E. Sanz-Montero¹, J.P. Rodríguez-Aranda¹, M.A. García del Cura^{2,3} y J.P. Calvo¹

1 Dpto. de Petrología y Geoquímica, Facultad de CC. Geológicas (UCM). C/ José Antonio Novais, 2. 28040-Madrid. mesanz@geo.ucm.es

2 Instituto de Geociencias. CSIC-UCM. Facultad de CC. Geológicas. C/ José Antonio Novais, 2. 28040-Madrid. agcura@geo.ucm.es

3 Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad Asociada Universidad de Alicante-CSIC.

Resumen: La presencia de seres vivos en los ambientes lacustres salinos se puede deducir por las estructuras de bioturbación que realizan en el sedimento. En las lagunas salinas manchegas de Lillo (Toledo) se ha distinguido un cortejo variado de dichas estructuras que se puede relacionar claramente con ambientes de sedimentación determinados. Entre las huellas de actividad de seres vivos observadas destacamos: las huellas de raíces de herbáceas, las huellas de raíces de arbustos, la bioturbación por larvas de dípteros (*Ephydriidae*), las excavaciones y perforaciones por abejas y coleópteros y las huellas de vertebrados. La comparación de las estructuras de bioturbación actuales con las icnitas (trazas fósiles y rizolitos) que se encuentran en las facies evaporíticas continentales del Terciario peninsular permite precisar su caracterización y su interpretación dentro de los diferentes ambientes sedimentarios. De hecho, las interpretaciones de las icnitas que se habían realizado previamente a su comparación directa con las estructuras de bioturbación actuales coinciden en gran medida con las de las huellas de seres vivos recientes. Por tanto, se puede considerar a las lagunas salinas manchegas como un buen análogo de los lagos salinos terciarios de la Península Ibérica para análisis sedimentológicos de icnitas.

Palabras clave: lago salino, rizolito, traza fósil, ambiente sedimentario, La Mancha.

Abstract: *The occurrence of living beings in saline lake environments can be deduced thanks to bioturbation structures present in sediment. A varied assemblage of bioturbation structures--which can be tied to specific sedimentary subenvironments--has been recognised in saline ponds of La Mancha (Lillo-Toledo). The main groups of traces of bioturbation include: traces of grass roots, traces of bush roots, burrows made by larvae of Diptera (Ephydriidae), and burrows and borings made by bees and beetles, as well as traces of vertebrates. Comparing recent bioturbation structures with ancient ichnites (trace fossils and rhizoliths) found in evaporite facies of the Tertiary continental geological record of Spain allows refining of their characterization and interpretation within different sedimentary subenvironments. In fact, interpretations of ichnites made prior to direct comparisons with recent bioturbation structures largely coincide with those of recent traces of living beings. Therefore, the salt ponds of La Mancha can be considered as a good analog for Tertiary saline lakes of the Iberian Peninsula and subsequently for sedimentological analysis of ichnites.*

Key words: *salt lake, ichnite, sedimentary subenvironmen, La Mancha, Spain.*

INTRODUCCIÓN

La presencia de seres vivos en los ambientes evaporíticos continentales se puede corroborar observando detenidamente los lagos salinos actuales (p.e. Hammer, 1986). Los animales, plantas y bacterias que se encuentran allí suelen mostrar adaptaciones para soportar altas salinidades, o bien, únicamente se hallan en el ambiente salino de manera casual y/o no permanecen en él mucho tiempo. Además de la observación directa, la presencia de los seres vivos se

puede inducir por el análisis de la bioturbación que realizan en el sedimento.

Las rocas evaporíticas antiguas no suelen incluir fósiles resultantes de la mineralización directa de seres vivos. De este modo, el estudio de las estructuras de bioturbación o icnitas presentes en las facies evaporíticas, cuya susceptibilidad de fosilización es mayor, puede aportar datos interesantes sobre las condiciones del ambiente sedimentario. Un caso especial está representado por los tapices bacterianos

mineralizados que se encuentran con cierta frecuencia en dichos medios de sedimentación.

En este trabajo se comparan estructuras de bioturbación actuales observadas en algunas lagunas salinas manchegas de Toledo, cubiertas con biofilms y tapices bacterianos, y con las icnitas (trazas fósiles y rizolitos) que se han descrito en los medios evaporíticos del Terciario, fundamentalmente de la Península Ibérica (Rodríguez-Aranda, 1997; Rodríguez-Aranda y Calvo, 1998).

CONTEXTO GENERAL DE LAS LAGUNAS

Las lagunas estudiadas son fundamentalmente las de El Longar, Altillo Chica o del Cerrillo y Altillo Grande, situadas al sur de la población de Lillo, latitud 39°7'N, longitud 3°34'O, (Fig. 1) y, en menor medida, la laguna de Peña Hueca, todas ellas situadas en la provincia de Toledo.

El complejo lagunar de Lillo ocupa una superficie de 407 ha y fue declarado reserva natural en 2006. Se trata de humedales salinos de carácter somero con láminas de agua que raramente superan los 50 cm. Su importancia biológica reside en la vegetación halófila que presentan, y en la fauna que las habita, con especies como pagazas reproductoras y grullas en paso. El clima de la zona es de tipo mediterráneo y se caracteriza por su aridez y continentalidad, con una temperatura media anual de 14.3° C, una precipitación media anual de 360 mm y valores de evapotranspiración muy superiores, lo cual condiciona en gran medida los niveles hídricos de las lagunas. Los meses de verano son muy secos lo que produce la desecación total de las lagunas más someras, que se pueden clasificar, por tanto, como lagos salinos efímeros. Las lagunas se encuentran a una altitud media de 683 m y ocupan depresiones naturales de fondo plano formadas durante el Cuaternario, dispuestas sobre materiales mayoritariamente lutíticos del Terciario.



FIGURA 1. Imagen de situación del complejo lagunar situado al S de la población de Lillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio y muestreo superficial de las lagunas se ha efectuado estacionalmente desde diciembre de 2009 y se ha centrado en la zona expuesta, que en el verano representa la superficie total de las lagunas del Altillo. Las muestras de sedimento han sido estudiadas con lupa binocular, difracción de rayos X, microscopía petrográfica y microscopía electrónica de barrido. Los análisis químicos de agua efectuados indican que se trata de salmueras sulfatado-magnésicas, siendo las concentraciones de Ca^{2+} y SO_4^{2-} (que oscilan entre 22.16-39.02 meq y 293-2964 meq, respectivamente) típicas de salmueras continentales saturadas en yeso. En consecuencia, el yeso es el principal precipitado y aparece junto a carbonatos, halita, celestita y diferentes sulfatos magnésicos. El pH en estas lagunas oscila entre 8-8.5 medido a una T que ha variado entre 13°C y 25°C.

En el Longar, que es la más productiva, existen tapices bacterianos compuestos por distintas comunidades que presentan zonación de colores. De acuerdo con Guerrero y De Wit (1989), la cohesiva lámina de color verde que se observa en superficie (2 cm) está formada por cianobacterias filamentosas de tipo *Oscillatoria* y *Anabaena*, y se dispone sobre bacterias purpúreas sulfúreas fotosintéticas. En las otras lagunas se desarrolla una fina capa verde de cianobacterias con *Oscillatoria* o *Anabaena* como especies dominantes. Bajo todas ellas, se encuentra el tapiz coloreado de negro que indican procesos de reducción. Debido a la naturaleza salina y la variabilidad estacional de la lámina de agua, los microorganismos se caracterizan como extremófilos.

ESTRUCTURAS DE BIOTURBACIÓN

Los ambientes y subambientes de sedimentación considerados, donde se sitúan las estructuras de bioturbación, son los característicos de los medios salinos continentales, determinados p.e. por Eugster y Kelts (1983). Las estructuras de bioturbación actuales se han clasificado siguiendo los mismos criterios que se utilizaron para las icnitas observadas en las rocas evaporíticas terciarias (García-Ramos et al, 1989; Bromley, 1996). Así, los grupos mayores definidos son los siguientes:

- Sistemas de raíces (rizolitos) de diámetro milimétrico.
- Sistemas de raíces (rizolitos) de diámetro centimétrico.
- Huellas de excavación milimétricas con relleno activo.
- Huellas de excavación y perforaciones centimétricas.
- Trazas de actividad de vertebrados.

Se han distinguido, además, otras estructuras que, por hallarse todavía en una fase muy preliminar de

estudio, no incluimos en el presente trabajo. De cualquier modo, el estudio y clasificación de estructuras de bioturbación todavía se encuentra en su fase inicial.

Los **sistemas de raíces de diámetro milimétrico** se corresponden por un lado con plantas herbáceas adaptadas a alta salinidad, esencialmente *Salicornia*, que se encuentran en los subambientes de llanura lutítica salina y margen lacustre (Fig. 2). Además, se identifican *Phragmites*, *Aeluropo-Puccinellietum*, *Scirpetum*, *Lygeum spartum*, etc. (Cirujano, 1980) que se desarrollan principalmente en los subambientes de llanura lutítica seca y salina. La correspondencia con los sistemas de rizolitos pequeños descritos por Rodríguez-Aranda y Calvo (1998) es clara.



FIGURA 2. Vegetación herbácea en la llanura lutítica salina de la laguna de El Altillo Chica.

El estudio de los **sistemas de raíces de diámetro centimétrico** es complicado. Esta estructura de bioturbación se relaciona con vegetación arbustiva (p.e. *Tamarix*) y su visualización requeriría la excavación de calicatas de orden métrico que podrían alterar la dinámica de los ecosistemas lagunares, que se hallan protegidos por la ley. Análogamente a las icnitas similares del Terciario se encuentran en facies de llanura lutítica seca y lagunas salinas abandonadas o colmatadas.

Las **huellas de excavación milimétricas y relleno activo** constan de tubos que muestran comúnmente un relleno con morfología en menisco compuesto por lentículas de yeso. Se pueden caracterizar como trazas de alimentación y morada de larvas de dípteros (efídridas) (Sanz-Montero et al., 2011), que se alimentan en tapices cianobacterianos donde precipita yeso. Las larvas toleran altas salinidades compatibles con la precipitación de yeso en el ambiente de lago salino. Las trazas fósiles análogas a estas estructuras de bioturbación encontradas en el Terciario (Rodríguez-Aranda y Calvo, 1998) se han observado en facies de lagos salinos yesíferos y se han interpretado también

como huellas de actividad de larvas de dípteros, probablemente atribuibles a quironómidos.

En el grupo de **huellas de excavación y perforaciones centimétricas** se han incluido una serie de estructuras variadas con diferentes génesis que se hallan preferentemente en el subambiente de llanura lutítica salina, entre las que destacamos dos subtipos. Por un lado, se han observado estructuras de morada de abejas (*Megachilidae apidae*). Se trata de abejas solitarias pero forman grupos numerosos en los meses más cálidos. Sus huellas profundizan 2-5 cm en el sedimento (Fig. 3). Poseen morfologías tubulares con diámetros del orden de 1 cm inclinadas unos 70° respecto a la horizontal, reduciéndose la inclinación conforme profundizan, donde cristales de yeso y partículas detríticas se presentan aglutinadas por un cemento orgánico. La parte de los tubos que da al exterior muestra una protuberancia anular de colores típicamente anaranjados.

Por otro lado, se pueden encontrar perforaciones tubulares en un substrato lutítico cuyos milímetros superiores pueden estar endurecidos por precipitados salinos. Los diámetros suelen ser inferiores a 1 cm y las longitudes del orden de 2 cm. Estas últimas trazas se atribuyen tentativamente a coleópteros adaptados a ambientes salinos. Las icnitas similares que se presentan en rocas evaporíticas miocenas han sido atribuidas fundamentalmente a coleópteros por Rodríguez-Aranda y Calvo (1998) y se encuentran principalmente en facies de llanura lutítica; sin embargo, su tamaño es algo mayor, posiblemente porque las estructuras menores son más difíciles de visualizar y/o fosilizan peor.



FIGURA 3. Bioturbación por abejas en la laguna de El Altillo Chica.

En las **trazas de actividad de vertebrados** observadas en las lagunas se distinguen los siguientes tipos básicos: huellas de patas de aves, huellas de patas de mamíferos carnívoros con impresión de dedos, huellas de mamíferos con cascos o pezuñas (Fig. 4) y estructuras verticales de introducción de picos por aves

limícolas. Las huellas de patas se hallan, tanto sobre facies de llanura lutítica, como sobre facies de lago salino desecado (*salt pan*); las huellas de picos se visualizan comúnmente sobre sedimentos de llanura lutítica. Rodríguez-Aranda y Calvo (1998) han descrito casos de huellas de patas de vertebrados sobre facies de margen lacustre y lagos desecados. Salvo el caso concreto de las aves (pagaza piconegra, flamencos, avoceta, cigüeñela, etc.), las huellas de vertebrados se corresponden con animales que pasan poco tiempo en el ambiente lagunar en rocas evaporíticas del Mioceno de la Cuenca de Madrid..



FIGURA 4. Huellas de vertebrados sobre la superficie de una laguna desecada (*salt pan*).

CONCLUSIONES

Las lagunas salinas de La Mancha constituyen un buen análogo reciente para comparar e interpretar las estructuras de bioturbación presentes en las rocas evaporíticas continentales. Se han contrastado los modelos que se realizaron para las trazas fósiles y rizolitos observados en facies evaporíticas del Terciario de la Península Ibérica. De este modo, se ha concluido que la interpretación de las icnitas antiguas y su localización en los diferentes ambientes sedimentarios se corresponde en gran medida con las observaciones llevadas a cabo esencialmente en el complejo lagunar

de Lillo. En lo sucesivo se pretende ahondar en los procesos diagenéticos tempranos que actúan para la conservación de estas estructuras en el registro geológico.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto CGL2011-26781 (MICNN). Para la clasificación de los insectos hemos contado con la inestimable ayuda de los Dres. C. Ornos y R. Oteruelo.

REFERENCIAS

- Bromley, R.G. (1996): *Trace fossils. Biology and taphonomy*. Unwin Hyman, London, 280 p.
- Cirujano, (1980). Las lagunas manchegas y su vegetación. I. *Anales Real Jardín Botánico*, 37: 155-192.
- Eugster, H.P. y Kelts, K. (1983): Lacustrine chemical sediments. En: *Chemical sediments and geomorphology*. (A.S. Goudie y Pye, K., eds.). Academic press, London, 321-368.
- García-Ramos, J.C., Valenzuela, M. y Suárez de Centi, C. (1989): Sedimentología de huellas de actividad orgánica. En: *Sedimentología*. Vol. 2. (A. Arche, coord.). CSIC Nuevas tendencias, Madrid, 261-342.
- Guerrero, M.C. y De Wit, R. (1992): Microbial mats in the inland saline lakes of Spain. *Limnetica*, 8: 197-204.
- Hammer, U.T. (1986): *Saline lake ecosystems of the World*. Junk, Dordrecht, 616 p.
- Rodríguez-Aranda, J.P. (1997): Tipología y significado de bioturbaciones en facies evaporíticas continentales: Mioceno de la Cuenca de Madrid. *Rev. Soc. Geol. España*, 10: 355-369.
- Rodríguez-Aranda, J.P. y Calvo, J.P. (1998): Trace fossils and rhizoliths as a tool for sedimentological and palaeoenvironmental análisis of ancient continental evaporite successions. *Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, 140: 383-399.
- Sanz-Montero, M.E., García-del-Cura, M.A., Oteruelo, R., Ornos C., Calvo, J.P. y Rodríguez-Aranda, J.P. (2011): Bioturbation of gypsum-bearing microbial mats by shore flies (family Ephydriidae). Implications for interpreting ancient evaporitic successions. En: *Abstracts, 28th IAS Meeting of Sedimentology*, p. 380.