

Formación de aragonito mediada por bacterias en el humedal salino de Laguna Honda (Jaén, España)

Antonio Medina Ruiz (1*), Juan Jiménez-Millán (1), Isabel Abad (1), Rosario Jiménez-Espinosa (1), Antonio Gálvez (2), María José Grande (2)

(1) Departamento de Geología y CEACTEMA. Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén (España)

(2) Departamento de Ciencias de la Salud, Área de Microbiología. Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén (España)

* corresponding author: medina@ujaen.es

Palabras Clave: Aragonito, Humedal, Bacteria, Ciclo Biogeoquímico. **Key Words:** Aragonite, Wetland, Bacteria, Biogeochemical Cycle.

INTRODUCCIÓN

Los humedales hipersalinos tienen una importante influencia geoquímica en la evolución de los recursos hídricos, la dinámica ecológica y las actividades económicas de la zona en la que se ubican. Las condiciones de salinidad, Eh, pH y actividad microbiológica determinan la neoformación y transformación de minerales esenciales en la regulación de los ciclos biogeoquímicos. Concretamente, el equilibrio de las fases carbonatadas en ambientes hipersalinos ricos en materia orgánica depende de factores físico-químicos tales como las condiciones de salinidad, razón Ca/Mg, temperatura, Eh, pH y materia orgánica (Solotchina et al., 2015) y de la actividad microbiológica del medio, determinando el proceso de precipitación autigénica de los polimorfos de carbonato cálcico (calcita o aragonito) (Ben Dor et al., 2021) o de fases ricas en Mg, como la dolomita.

Esta comunicación revela la cristalización de aragonito en los sedimentos de Laguna Honda (provincia de Jaén) y analiza la influencia de la comunidad bacteriana de los sedimentos como factor esencial que regula el proceso biogeoquímico de precipitación de carbonato.

Laguna Honda es un sistema morfogenético kárstico por disolución de evaporitas desarrollado en arcillas, margas, yesos triásicos y masas aisladas de carbonatos. La alimentación hídrica es de tipo mixto, con aguas subterráneas y superficiales. Se trata de una laguna endorreica con una superficie inundada de 8,5 ha y una cuenca hidrográfica de 96,2 ha situada entre olivares. La zona más profunda se ubica en su extremo S-SW, con 2,5 m y las zonas N y E de la laguna forman una zona deltaica que suele quedar expuesta en los periodos de estiaje. La mineralización de sus aguas puede alcanzar concentraciones hipersalinas (70 g/l en aguas bajas) y sus aguas son cloruradas sulfatadas magnésicas cálcicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Físico-química de los Sedimentos

Las muestras de sedimento del interior de la laguna mostraron un pH entre 7,33 y 8,54, un Eh entre -12,6 mV y -80,9 mV, conductividad entre 10,48 mS/cm y 15,67 mS/cm y valores de salinidad entre 1,60 g/l y 1,95 g/l. En los resultados obtenidos en la orilla (sedimento que puede quedar expuesto al aire en verano) el pH alcanza un máximo de 8,01 y mínimos de 6,33, Eh entre 14,1 mV y -51,0 mV, conductividad entre 11,40 mS/cm y 17,36 mS/cm y salinidad entre 1,60 g/l y 2,49 g/l.

Mineralogía y Diversidad Microbiana de los Sedimentos

La asociación mineral de los sedimentos está formada por cuarzo, carbonatos, illita y clorita y cantidades significativas de yeso, halita y feldspatos. El carbonato más frecuente es la calcita, pero también se ha identificado dolomita en prácticamente todas las muestras. Igualmente es destacable la presencia de aragonito en sedimentos ricos en materia orgánica formando agregados esféricos de estructura interna radial cercanos a framboides de pirita (Fig. 1).

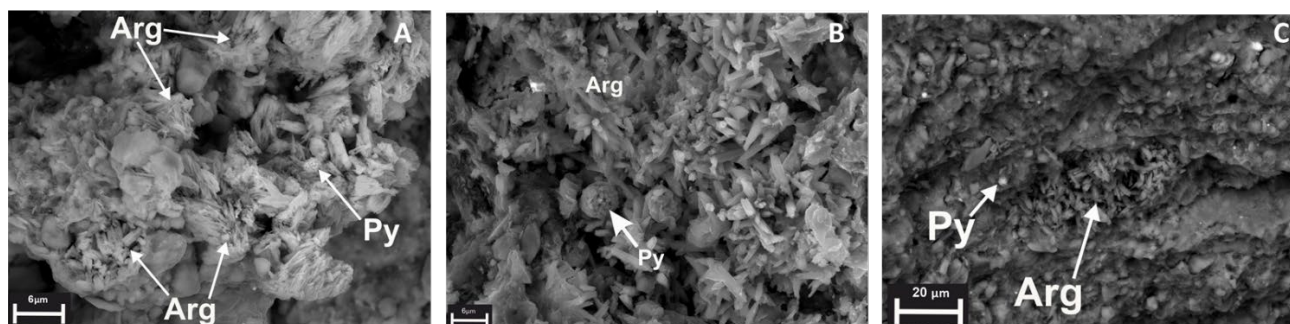


Fig 1. Imágenes de microscopía electrónica de barrido de cristales de aragonito (Arg) y pirita (Py).

Los microorganismos pueden jugar un papel importante en la disponibilidad de elementos en los sedimentos y, por tanto, en la estabilidad de minerales que determinan la fijación o solubilidad de dichos elementos. Los sedimentos depositados en Laguna Honda presentan una comunidad bacteriana de composición diversa. Las muestras estudiadas se caracterizan por una alta abundancia relativa de microorganismos generadores de metano de *Archaea* y comunidades bacterianas del phylum *Cloroflexi* (clases *Anaerolineae* y *Debalococcoidia*) implicadas en la biodegradación de la materia orgánica. Algunos de estos organismos (por ejemplo, familia *Anaerolineaceae*) pueden actuar como conectores biogeoquímicos que relacionan las transformaciones del C y del S en los sedimentos, estableciendo relaciones sintróficas con otros grupos de bacterias, como las bacterias sulfo y sulfato reductoras (SRB) y las bacterias oxidantes de sulfuros (SOB) que afectan al ciclo de otros elementos de los sedimentos (por ejemplo, Ca y Fe). En los sedimentos de Laguna Honda aparecen comunidades importantes de SRB y SOB. Las SRB están presentes en todas las muestras estudiadas y se han podido distinguir los géneros *Desulfatiglans*, *Desulfotignum*, MSBL7 y *Zixibacteria*, así como otros miembros de las familias *Desulfosarcinaceae* y *Desulfobulbaceae*. Así mismo, también aparecen bacterias formadoras de magnetosomas de magnetita o greigita de los géneros *Magnetovibrio* y *Candidatus_Omnitrophus*. Por el contrario, las SOB están ausentes en los sedimentos de mayor profundidad y los géneros mejor representados, especialmente en las muestras de mayor exposición aérea, son *Sulfurovum*, *Thiobacillus*, *Thioalkalispira-Sulfurivermis*, *Candidatus_Thiobios* y otras bacterias púrpuras del S de la familia *Chromatiaceae*.

Precipitación de Aragonito

La actuación de las SRB en microambientes reductores ricos en materia orgánica puede tener un papel fundamental en la nucleación y crecimiento de cristales de aragonito. La asociación de agregados de aragonito y framboides de pirita (Fig. 1) revela procesos de reducción de sulfato mediados por la comunidad bacteriana que, al mismo tiempo, suponen una fuente de producción de carbonato a través de la oxidación del carbono de la materia orgánica. Esto se une al incremento relativo de la concentración de carbonato y bicarbonato por la precipitación de sulfuros, que disminuye la concentración de sulfato. La acumulación de bicarbonato en los poros de los sedimentos favorece la reacción con el Ca disponible que no es empleado en la formación de sulfatos para precipitar los cristales de aragonito. Los agregados esférulíticos de aragonito (Fig. 1A-C) son muy similares a los descritos en el Gran Lago Salado por Ge et al. (2021), indicativos de que los mecanismos de formación de este tipo de aragonito están relacionados con procesos de agregación de nanocristales en los lagos salinos.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos de investigación: FEDER UJA 2020 Ref. 1380934; PAIDI 2020 Ref. PY20 00990; IEG-2021.

REFERENCIAS

- Ge, Y., Della Porta, G., Pederson, C. L., Lokier, S. W., Hoffmann, R., Immenhauser, A. (2021): Botryoidal and Spherulitic Aragonite in Carbonates Associated with Microbial Mats: Precipitation or Diagenetic Replacement Product? *Front. Earth Sci.*, **9**, 1-22. DOI: 10.3389/feart.2021.698952.
- Ben Dor, Y., Flax, T., Levitan, I., Enzel, Y., Brauer, A., Erel, Y. (2021): The paleohydrological implications of aragonite precipitation under contrasting climates in the endorheic Dead Sea and its precursors revealed by experimental investigations. *Chem. Geol.*, **576**, 120261.
- Solotchina, E. P., Sklyarov, E. v., Strakhovenko, V. D., Solotchin, P. A., Sklyarova, O. A. (2015): Mineralogy and crystal chemistry of carbonates in modern sediments of shallow lakes of Olkhon area (Baikal region). *Dokl. Earth Sci.*, **461**, 394-400. DOI: 10.1134/S1028334X15040157.