

Influencia de los microorganismos en la distribución mineral del 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, 23071, Jaén (España)

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

* corresponding author: jmillan@ujaen.es

Palabras Clave: Distribución mineral, Humedal, Bacteria. **Key Words:** Mineral distribution, Wetland, Bacteria.

INTRODUCCIÓN

La actividad microbiológica es uno de los factores determinantes de la estabilidad de los minerales en los sedimentos de humedales salinos ricos en materia orgánica. Esta comunicación pretende aportar datos de la influencia de estas comunidades en la distribución de minerales en los sedimentos de Laguna Honda (provincia de Jaén). 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. Medina et al. (2021, 2022) mostraron que la asociación mineral de los sedimentos está formada por cuarzo, carbonatos, illita y clorita y cantidades significativas de yeso, halita, sulfuros y feldespatos. Los sulfuros de Fe, Cu y Hg están homogéneamente repartidos en los sedimentos más ricos en materia orgánica, donde también es frecuente la presencia de aragonito. Jiménez-Millán et al. (2021) describieron agregados de oro en los sedimentos emergidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de las Comunidades de Microorganismos en los Sedimentos

Los principales *phyla* de bacterias encontrados en los sedimentos son *Proteobacteria* (hasta 25 %), *Plantomycetota* (hasta 18 %) y *Desulfobacterota* (hasta 14 %). También es importante la abundancia relativa de *Chloroflexi*, *Campilobacterota*, *Acidobacteriota*, *Sumerlaeota*, *Spirochaetota*, *Bacteroidota* y *Verrumicrobiota* (5-10 %). Otros *phyla* como *Nitrospirota*, *Gemmatimonadota*, *Dependentiae*, *Acetothermia* y *Zixibacteria* presentan abundancias relativas más bajas (2–5 %). Las *Proteobacterias* están representadas principalmente por *Gammaproteobacteria* (hasta un 21 %) con los géneros *Thioalkalispira-Sulfurivermis*, *Thiobalophilus* (Fam. *Thioalkalispiraceae*), *Candidatus_Thiobios* (Fam. *Chromatiaceae*) y *Thiobacillus* (Fam. *Hydrogenophilaceae*) como los grupos más abundantes en sedimentos emergidos o de poca profundidad. La Fam. *Vibrionaceae* (Genera *Salinivibrio* y *Vibrio*) es abundante en sedimentos más profundos (hasta un 10 %). En cuanto a *Plantomycetota*, la Fam. *AKAU_sediment_group* está muy bien representada en sedimentos profundos (18 %) mientras que la Fam. *Gimesiaceae* aparece en áreas emergidas (4 %). *Desulfatiglandaceae* (género *Desulfatiglandans*) se encuentra hasta en un 4 % en sedimentos profundos, mientras que *Desulfobacteraceae* (género *Desulfotignum*) se localiza hasta con un 5 % en sedimentos poco profundos. Los principales grupos del *phyla* *Desulfobacterota* encontrados son *Desulfosarcinaceae* (hasta 10 %), *Desulfobulbaceae* (hasta 3 %) y *Desulfurivibrionaceae* (género MSBL7 hasta 2 %), fundamentalmente en áreas emergidas. Microorganismos de los *phyla* *Chloroflexi* y *Campilobacterota* también se han reconocido como importantes comunidades bacterianas en los sedimentos del humedal. Los sedimentos más ricos en materia orgánica se caracterizan por la presencia de *C. Anaerolineae* (Fam. *Anaerolineaceae* hasta 4 %) y *Dehalococcoidia* (Orden MSBL5, hasta 5 % en áreas emergidas) del *phylum* *Chloroflexi*. El género *Sulfurovum* del *phyla* *Campilobacterota* es abundante en áreas emergidas cercanas a las plantas que rodean el humedal (9 %). Otros grupos significativos son el género *Aminicenantales* (*P. Acidobacteriota*), el género *Spirochaeta_2*

(*P. Spirochaetota*), algunos géneros de *P. Verrucomicrobiota* (*Candidatus_Omnitrophus*, DEV007 y *Luteolibacter*), *C. Thermodesulfobionia* (*P. Nitrospirota*) y *O. Zixibacteria* (*P. Zixibacteria*).

Efecto de las Comunidades de Microorganismos en la Estabilidad Mineral

Las muestras estudiadas se caracterizan por una alta abundancia relativa de microorganismos generadores de metano de diversas comunidades bacterianas y de *Archaeas*. Muchos miembros de comunidades de *Archaeas*, como el orden *Methanomassiliicoccales*, son metanógenos presentes en ambientes anóxicos terrestres y acuáticos responsables de la producción de metano biogénico en la Tierra. Estas comunidades frecuentemente comparten ambientes salinos con otros microorganismos relacionados con la generación de metano (p.ej. *Anaerolineales*). En zonas sulfurosas, *Dehalococcoidia* y *Anaerolineae* juegan un papel importante al final del proceso de degradación de la materia orgánica. Estas bacterias fermentativas también pueden estar involucradas en otros procesos biogeoquímicos en los sedimentos, como la reducción indirecta de Fe^{3+} . Además, algunos de los organismos asociados a la producción de metano (p. ej., Fam. *Anaerolineaceae*) pueden actuar como puentes biogeoquímicos para las transformaciones de C y S en los sedimentos, estableciendo relaciones sintróficas con otros grupos de bacterias, como las bacterias reductoras del azufre (SRB) y bacterias oxidantes del azufre (SOB) que afectan al ciclo de otros elementos en los sedimentos (por ejemplo, Ca y Fe). En los sedimentos de Laguna Honda aparecen importantes comunidades de SRB y SOB. Los SRB están presentes en todas las muestras estudiadas, lo cual justifica la presencia de sulfuros de Fe, Cu, Mn y Hg en un buen número de las muestras (Medina et al. 2021). Así mismo, el efecto conjugado de las SRB y de las bacterias metanogénicas podría influir en la precipitación de aragonito asociado a sulfuros (Medina et al., 2022). El contenido en comunidades del *Phylum Desulfobacterota* se correlaciona positivamente con la cantidad de grupos metanogénicos de *Ciboroflexi*. Los miembros de la Fam. *Desulfatiglandaceae* (género *Desulfatiglandans*) son más abundantes en sedimentos profundos, mientras que los miembros de las familias *Desulfobacteraceae* (género *Desulfotignum*), *Desulfosarcinaceae*, *Desulfobulbaceae* y *Desulfurivibrionaceae* (género MSBL7) predominan en sedimentos menos profundos y áreas emergidas. Las SRB del *phylum Nitrospirota* (*C. Thermodesulfobionia*) también son abundantes en sedimentos someros, mientras que las comunidades del *phylum Zixibacteria* son menos abundantes y están homogéneamente distribuidas. Además, la presencia de sulfuros en los sedimentos de Laguna Honda también podría estar promovida por la existencia de bacterias magnetotácticas (géneros *Magnetovibrio* y *Candidatus_Omnitrophus*) que forman magnetosomas de magnetita (Fe_3O_4) o greigita (Fe_3S_4). Las comunidades SOB de Laguna Honda son más abundantes en los sedimentos emergidos o menos profundos. Las *Campilobacterias* solo aparecen en las muestras con mayor exposición aérea (género *Sulfurovum*), mientras que las SOB pertenecientes a *C. Gammaproteobacteria* están mejor representadas en sedimentos emergidos periódicamente con los géneros *Thiobacillus*, *Thioalkalispira-Sulfurivermis*, *Candidatus Thiobios* y otras bacterias S púrpura de la Fam. *Chromatiaceae*. Las SOB pueden impulsar la oxidación microbiana de sulfuros que promueven procesos de movilización de metales. Algunos de los géneros dominantes en SOB, como *Sulfurovum*, *Thiobacillus* y *Thioalkalispira*, pueden oxidar fases de sulfuro utilizando nitrato como aceptor de electrones aumentando la concentración de SO_4^{2-} y promoviendo la desnitrificación de aguas salinas. Las comunidades de *Chromatiaceae* predominan en los tapetes microbianos de color rosa pálido desarrollados en acumulaciones de algas que crecen en sedimentos arcillosos. *Candidatus Thiobios* participa en la fijación de carbono a través de la oxidación de azufre y promueven la oxidación del sulfuro producido por SRB en sedimentos anóxicos. Por último, la presencia de grupos bacterianos bajo estrés por metales pesados (*Luteolibacter*), capaces de transportar metales pesados (*Maricaulis*) y adaptados a ambientes hipersalinos (miembros de las familias *Vibrionaceae*, *Spirochaetaceae* y *AKAU356*) jugó un papel fundamental en el desarrollo de acumulaciones de metales (Au) en los sedimentos emergidos de la laguna (Jiménez-Millán et al., 2021).

REFERENCIAS

- Jiménez-Millán, J., Medina-Ruiz, A., Abad, I., Jiménez-Espinosa, R. (2021): Aggregation of gold nanoparticles from agricultural treatments in sediments of the saline wetland of Laguna Honda (South of Spain). 3rd European Mineralogical Conference, Cracow, Poland (EMC 2020).
- Medina-Ruiz, A., Jiménez-Millán, J., Abad, I., Jiménez-Espinosa, R. (2021): Authigenic sulphides as sinks for Cu and Hg in sediments from hypersaline wetlands contaminated by agricultural activities (Laguna Honda, S Spain). 3rd European Mineralogical Conference, Cracow, Poland (EMC 2020).
- Medina-Ruiz, A., Jiménez-Millán, J., Abad, I., Jiménez-Espinosa, R., Galvez, A., Grande, M.J. (2022): Formación de aragonito mediado por bacterias en el humedal salino de Laguna Honda (Jaén, España)., Macla **26**, 118-119.