

## Descubriendo amigos silenciosos: Potencial microbiano de la Laguna de Santa Catalina con bioprospección para la biorremediación

Nora Trejo, Liliana Galián, Nicolás Marchessi, Nicolás Gutiérrez, Gladys Corbalán, Pamela Pesuk, Elizabeth Orellana

Cátedra de microbiología- Facultad de ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

### Resumen

Se realizó el estudio preliminar del microecosistema de la laguna de Santa Catalina, perteneciente a la ribera sur de la Cuenca Matanza-Riachuelo ubicada en el predio de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Este humedal es fundamental para el equilibrio ecológico, no solo, porque recoge el agua de escorrentía, sino que es un punto de recarga de los acuíferos subterráneos mitigando las inundaciones circundantes. Este ecosistema es funcional gracias a los procesos biogeoquímicos realizados por la actividad microbiana autóctona, en los ciclos del carbono, nitrógeno y azufre; posibilitando un recurso para minimizar los efectos de la lluvia ácida, originada por las combustiones, que liberan compuestos volátiles azufrados. Muestras de lodo y agua recolectada de la misma fueron procesadas en la columna de Winogradsky, la cual permitió imitar el hábitat natural de la laguna. En el transcurso de 60 días se observó la secuencia del crecimiento de cuatro tipos microbianos muy distintos metabólicamente, pero interrelacionados en la cadena trófica del ciclo del azufre: fotoautótrofos, fotoheterótrofos, quimiolitioautótrofos y quimioorganoheterótrofos. Estos resultados permitieron evidenciar una microbiota rica que ofrece un microbioma interesante para los estudios de biorremediación. Esto estimula a reforzar las medidas de protección de la Laguna de Santa Catalina como recurso genético natural.

**Palabras claves:** Microorganismos oxidantes y reductores del azufre, Lluvia ácida, Humedal, Procesos biogeoquímicos.

### Introducción

Uno de los más graves problemas ambientales a nivel mundial desde hace décadas es la lluvia ácida, causada por la excesiva quema de combustibles fósiles. Esto provoca la contaminación de las fuentes naturales de agua dulce. La presencia de ácido sulfuroso y de ácido sulfúrico, liberados en el proceso de combustión, hace descender el pH hasta 3,5 – 4. La lluvia ácida corroe edificios y perjudica las plantas, es nociva en suelos tamponados y puede ser destructiva en suelos poco tamponados (Atlas y Bartha, 2002; Blázquez *et al.*, 2019; Curtis y Barnes, 1999).

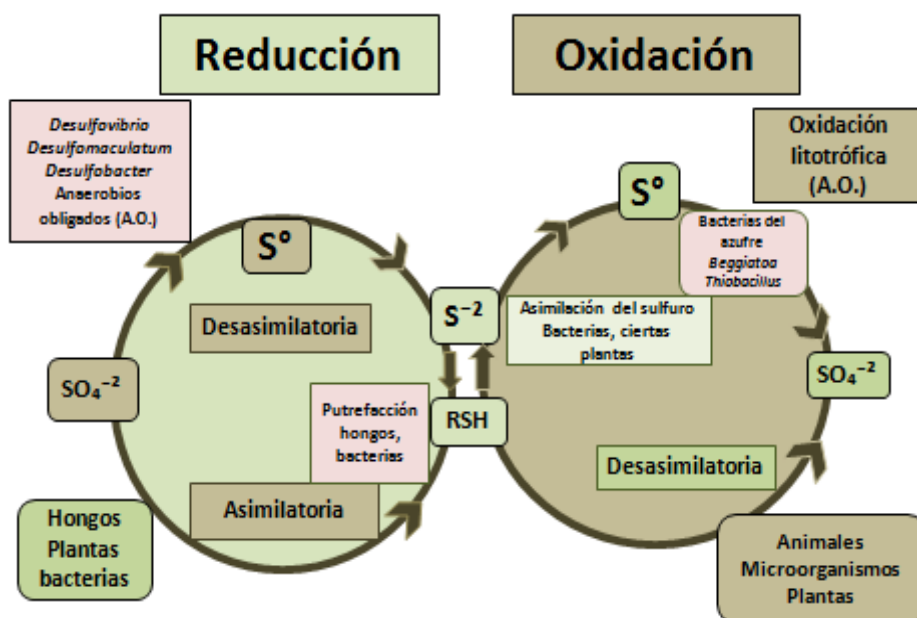
Por otro lado, se sabe que los humedales desempeñan un papel importante en el ciclo del agua, pues reciben, almacenan y la liberan a lo largo del tiempo, regulando los flujos y proporcionando la necesaria para sustentar la vida. No solo recogen el agua de escorrentía, sino que son punto de recarga de los acuíferos subterráneos. Estos

ecosistemas siguen siendo funcionales gracias a complejos procesos biogeoquímicos, por sus características hidrológicas y edáficas., Los suelos de los humedales, cuando están saturados, almacenan, transforman y exportan nutrientes, liberados principalmente por la actividad microbiana, en los ciclos del azufre, carbono y nitrógeno. (Blázquez *et al.*, 2019); (Convención de Ramsar sobre los Humedales 2018; Pacheco Aguilar *et al.*, 2012)

En el ciclo de la materia participan microorganismos con una gran diversidad metabólica permitiendo la transformación de la misma; esta actividad microbiana se manifiesta intensamente en las fases del ciclo del azufre, donde reacciones enzimáticas de oxido reducción modifican los compuestos azufrados. (Figura 1). Una característica marcada de este grupo funcional de microorganismos es que pertenecen a ambientes anaeróbicos acuáticos. (Atlas y Bartha, 2002; Madigan *et al.*, 1999).

Desde hace décadas, mucho investigadores han puesto interés en el estudio de la bacterias del azufre como bioprospección tecnológica de biorremediación para mitigar los efectos nocivos de la contaminación ambiental, provocada por la lluvia ácida y originada por los compuestos volátiles de azufre (Atlas y Bartha, 2002; Blázquez *et al.*, 2019)

Desde este punto de vista tecnológico, la bibliografía señala que para la eliminación biológica de sulfuros, las más apropiadas son las bacterias quimiolitotróficas oxidantes de azufre. Este grupo de bacterias son filogenéticamente muy diversas por ejemplo, *Thiobacillus*, *Sulfolobus*, *Thermothrix*, *Beggiatoa* y *Thiothrix*, y están ampliamente distribuidas en diferentes hábitats principalmente en los acuáticos (Pacheco Aguilar *et al.*, 2012; Rubiano Labrador *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Ciclo del azufre: géneros de bacterias que participan en la reducción y en la oxidación de compuestos azufrados. Modificado de Atlas y Bartha (2002) y Madigan *et al.* (1999)

El **objetivo** de nuestro trabajo, fue determinar la presencia de bacterias reductoras y oxidantes de azufre; en muestras de lodo y sedimento, perteneciente a la Laguna de Santa Catalina, ubicada en el predio de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

## Materiales y Métodos

**Toma de muestra:** Se recolectó tres muestras compuestas por lodo y agua de la Laguna "Santa Catalina" ubicada en el predio de la Universidad de Lomas de Zamora (Figura 2a). Para lo cual se utilizaron recipientes con tapa estériles de un litro de capacidad. Las muestras recolectadas en recipientes estériles de un litro de capacidad fueron remitidas inmediatamente al laboratorio para su procesamiento.

Para visualizar la presencia microbiana autóctona se utilizó el modelo artificial de micro ecosistema anaeróbico de la columna de Winogradsky (Figura 2b).

**Armado de la columna de Winogradsky:** En una probeta de un litro se colocó el lodo extraído de la laguna, previamente mezclado con restos vegetales, papel de filtro,  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{CaCO}_3$ , sustancias de enriquecimiento, que estimulan la actividad microbiana. Luego, se cubrió con arena y agua proveniente de la laguna, para inducir un gradiente de potencial redox con el propósito de imitar al ambiente anaeróbico de la laguna. La columna, así diseñada, se colocó frente a una ventana para que recibiera la luz del sol.

Se realizaron observaciones semanales durante 60 días, para seguimiento de las interacciones tróficas de los distintos grupos funcionales microbianos. Este procedimiento se llevó a cabo en otoño y primavera.



**Figura 1.** (a) Recolección de muestras en la Laguna Santa Catalina. (b) Columna de Winogradsky

## Resultados

La Figura 3 muestra a lo largo de la columna, como se desarrollan las diferentes capas de microorganismos, en el transcurso de 60 días:

**Cianobacterias y algas** (fotosintéticos oxigénicos), presentando un típico color verde (Figura 3a). En la columna de arena se observa una coloración marrón-rojiza debido al crecimiento de heterótrofos anaerobios no del azufre (Rodospiriláceas) (Figura 3b).

Las bacterias verdes del azufre son anaerobias estrictas, que llevan a cabo el metabolismo fotoautótrofo y fotoheterótrofos usando sulfuro y azufre como donadores de electrones. Cuando se oxida el sulfuro, el azufre elemental se deposita fuera de la célula, observando depósitos de azufre. Familia de las Clorobiáceas (Figura 3c).

Las bacterias rojas del azufre forman una franja por encima de las verdes. También son anaerobias, y algo menos sensibles al oxígeno y más sensibles al sulfuro que las Clorobiáceas. Comprenden la familia de las Cromatiáceas. Cuando oxidan el sulfuro, se deposita azufre elemental dentro de la célula (Figura 3d).

Se observan filamentos blancos –grisáceos de *Beggiatoa* y *Thiotrix* a lo largo del gradiente. Son microaerófilos y oxidan sulfuro (Figura 3e).

La zona de color negro intenso que se extiende hacia arriba desde el fondo de la columna denota la actividad de los reductores del sulfato como *Desulfovibrio*, *Desulfomaculatum*. El color negro se debe a los sulfuros metálicos, principalmente sulfuro ferroso (FeS) (Figura 3f).

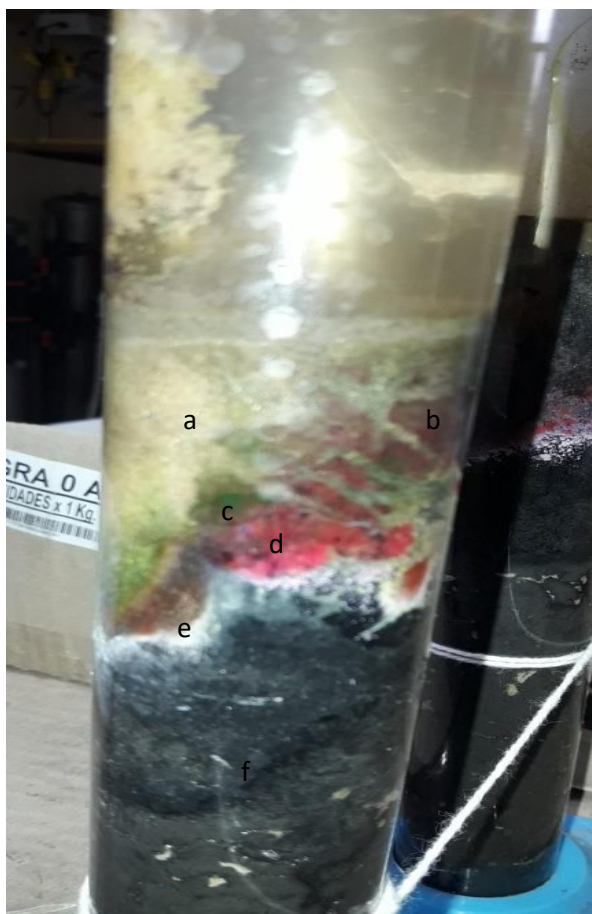
## Conclusiones

El estudio del microecosistema de la laguna de Santa Catalina, utilizando la columna de Winogradsky como modelo de imitación, permitió visualizar la existencia y funcionamiento de la microbiota autóctona. En esta columna anóxica de agua, expuesta a la luz, se manifestaron zonas colonizadas por distintos grupos microbianos involucrados en el ciclo de la materia orgánica en general y particularmente en la del azufre, semejante a lo que ocurre en forma natural.

Se pudo observar cuatro tipos microbianos muy distintos metabólicamente pero interrelacionados en la cadena trófica, fotoautótrofos, fotoheterótrofos, quimiolitautótrofos y quimioorganoheterótrofos

La presencia simultánea y sinérgica de estos grupos ofrecen potenciales recursos para la biodegradación y biorremediación de sustancias contaminantes, como por ejemplo las formas volátiles del azufre que ocasionan las lluvias ácidas.

Enfatizando lo enunciado en la Convención de Ramsar sobre los Humedales en 1918, concluimos que la Laguna de Santa Catalina ofrece un recurso natural fundamental por el microbioma contenido en su microbiota, que permite la resiliencia sostenible del ecosistema al cual pertenece. Ofrece asimismo una bioprospección para uso biotecnológico de biorremediación.



**Figura 3.** Columna de Winogradsky - 60 días desde la siembra

## Bibliografía

Atlas RM, Bartha R. (2002). *Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental* 4ª Edición. Madrid: Pearson Educación.

Blázquez E, Baeza JA, Gabriel D, Guisasola A. (2019). Treatment of real flue gas desulfurization wastewater in an autotrophic biocathode in view of elemental sulfur recovery: Microbial communities involved. *Science of Total Environment*. 657: 945–952. DOI:[10.1016/J.SCITOTENV.2018.12.037](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.12.037).

Blázquez E, Baeza JA, Gabriel D, Guisasola A. (2017). Evaluation of key parameters on simultaneous sulfate reduction and sulfide oxidation in an autotrophic biocathode. *Water Res*. 123:301. Doi: [10.1016/j.watres.2017.06.050](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.06.050). Epub 2017 Jun 20

Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas*. Gland (Suiza). Secretaría de la Convención de Ramsar. Recuperado de:

[https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/gwo\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/gwo_s.pdf)

Curtis H, Sue Barnes N. (1999) *Biología* 5ª edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana- 1999

Madigan MT, Martinko JM, Parker J. (1999). *Brock Biología de los Microorganismos*. 8va edición. Madrid: Prentice Hall Iberia.

Municipalidad de Lomas de Zamora.- Ordenanza Municipal 3861 y 3933/83 de la Vigente 2009- art.3. 19

Pacheco Aguilar JR, Maldonado Vega M, Peña JJ. (2012). Metabolismo del azufre de aislados bacterianos provenientes de un humedal artificial empleado para el tratamiento de efluentes de la industria curtidora. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 28(3): 195-201. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n3/v28n3a2.pdf>

Rubiano Labrador C., Hurtado Hurtado A., Salamanca JI. (2018). Búsqueda de bacterias oxidadoras de azufre para su potencial uso en la producción de biogás de alta pureza. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 9(2). 296-304.

Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756139> . 10- Sánchez de Prager M, Prager M, Naranjo R, Sanclemente O. (2012). El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. *Agroecología*. 7(1): 19-34. Recuperado de: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/170971>