



Azufre, ¿amigo o enemigo?

Lucero García Tovar* **iD**, Diana Percino-Flores **iD**, María del Carmen Girón Pérez **iD**

Posgrado en Ciencias (Microbiología), Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

*Email: lucero.tovar118@gmail.com

21 de julio de 2024

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.12789291>

Editado por: Jesús Muñoz-Rojas (Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México).

Revisado por: Estephanie Luna Pérez (Pasante de la Maestría en Ciencias [Microbiología], Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).

Apoyo en la maqueta: Luz del Carmen Cortés Reyes (Estudiante de Bioquímica Clínica, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México).

Colección de ESMOS

Resumen

Dentro del ecosistema que nos rodea, transcurren diversos ciclos biogeoquímicos que funcionan como un circuito donde un nutriente se mueve entre los componentes biótico y abiótico de los ecosistemas [1]. El azufre es esencial para la vida, ya que forma parte de las proteínas y es

uno de los diez elementos químicos más abundantes de toda la corteza terrestre [3]. El azufre está presente en los ecosistemas en diferentes formas químicas, por ejemplo, en la corteza terrestre podemos encontrarlo en las formas de sulfuros metálicos (piritas), sulfatos de calcio y magnesio, mientras que en los sedimentos oceánicos como sulfatos inorgánicos y sulfuro de dimetilo, en el suelo y el agua podemos encontrar sulfatos y sulfitos, en el aire encontramos dióxido de azufre (SO_2) o como contaminantes del agua encontramos sulfuro de hidrógeno y sus formas ionizadas (HS^- , S^{2-}) [2, 3] todos estos componentes pueden ser tratados y obtenidos con la ayuda de bacterias reductoras de azufre. Las bacterias reductoras de azufre (como *Desulfoviobrio* o *Desulfobacterium*) en participación con otras bacterias anaeróbicas fermentadoras, participan en la reducción de sulfatos utilizando correctos donadores de electrones dependiendo del costo energético que conlleva su adquisición [2].

Cuando el azufre está presente en la corteza terrestre, principalmente en la geósfera, forma grandes depósitos volcánicos o se queda almacenado en forma de minerales de sulfato en los sedimentos. Con la erosión, se disuelve en el agua del suelo y toma la forma de ion sulfato (SO_4^{2-}), siendo absorbido fácilmente por las raíces de las plantas. La mayor parte del azufre en la atmósfera existe formando SO_2 (dióxido de azufre) al combinarse con el oxígeno. La naturaleza recicla azufre cuando un animal o planta muere y otros animales se alimentan de ellos continuando el ciclo [3]. Eventos naturales como la actividad volcánica y la descomposición de las plantas, emiten SO_2 a la atmósfera.

Sin embargo, los ciclos biogeoquímicos se han visto afectados por la actividad industrial, con eliminación de residuos contaminantes, la quema de gas natural y otros combustibles fósiles han aumentado el porcentaje de SO_2 en la atmósfera, constituyendo un 80% de toda la contaminación por azufre, principalmente en las grandes ciudades, provocando problemas de olores provenientes de masas de agua superficiales contaminadas, lluvia ácida, corrosión de estructuras de acero y hormigón, lixiviación y migración de metales pesados y componentes ácidos de los sedimentos, etc [5]. El exceso de azufre en la atmósfera, en forma de SO_2 , también resultará en cambios severos en la hidrósfera y, algunos organismos, como el plancton y los invertebrados, pueden verse gravemente afectados [2, 3].

Para contrarrestar el impacto que tiene el desequilibrio de azufre en el medio ambiente, recientemente se han desarrollado alternativas biotecnológicas basadas en la estimulación de la fijación del SO_2 con el uso de microorganismos oxidantes de azufre [2]. La intervención de diferentes bacterias quimioautótrofas, como especies del género *Acidithiobacillus*, oxidan el H_2S o el azufre elemental (S) y forman sulfatos, que pueden ser aprovechados por las plantas [3].

Las bacterias oxidantes de azufre son quimiolitotróficas, las cuales obtienen energía directamente de las reacciones de oxidación, donde el oxígeno, los sulfatos o sulfitos sirven como aceptores finales de electrones, entre las que encontramos a *Thiobacillus*, *Sulfolobus*, *Thermothrix*, *Beggiatoa* y *Thiothrix*, también conocidas como bacterias oxidantes de azufre incoloras; son la mejor opción biotecnológica para la biorremediación, particularmente por su mayor tasa de oxidación de sulfuros, sus bajos requisitos nutricionales y su extremadamente alta afinidad por los sulfuros y el oxígeno [4]. Estas propiedades les permiten competir con éxito con la oxidación química de sulfuros tanto en el entorno natural como en biorreactores con un suministro limitado de oxígeno.

Una aplicación relevante del uso de microorganismos para la eliminación de azufre se encuentra en la industria automotriz, con la biotransformación de los residuos de aceites de lubricación que cambian su composición química después de cumplir su vida útil dentro del motor, concentrando altos niveles de azufre y metales pesados. Para contrarrestar este efecto se plantea el manejo de microorganismos capaces de metabolizar dicho azufre, dando como productos finales la formación de biomasa bacteriana y H_2O [6], disminuyendo el impacto que podría causar los desechos al medio ambiente.

Por todo lo anteriormente descrito, es importante resaltar la importancia de estimular la investigación, creación e implementación de diversas técnicas de biorremediación que contrarresten los efectos nocivos que causa el desequilibrio en los ciclos biogeoquímicos, como es el caso del ciclo del azufre. De igual forma, es necesario impulsar la concientización de la población ante este fenómeno, para que sean partícipes del cambio social que se necesita, mientras más personas se sumen a pequeños cambios para disminuir las emisiones de azufre a la atmósfera, más rápido

podremos sanar la amistad perdida entre nosotros y el equilibrio del azufre en la tierra.

Palabras clave: Azufre, biogeoquímicos; quimioautótrofas; quimiolitotróficas; biorremediación.

<https://sites.google.com/view/esmosbuap/esmos-2024/esmos-98>

Referencias

- [1]. Escolástico-León C, Vallespi-Claramunt T. Ecología II: comunidades y ecosistemas. España. UNED. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=BzRIAgAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- [2]. Pokorna D, Zabranska, J. Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology. Biotechnology Advances, 33(6), 1246–1259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.02.007>
- [3]. Rodrigues APL. De la geosfera a la biosfera: circulación de materia en la naturaleza. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 8 (Núm. Extraordinario), 495–499, 2011. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/920/92022427018.pdf>
- [4]. Blasco Pla R, Castillo Rodríguez F. Acerca de la biotecnología ambiental. Arbor, 190 (768): a157. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4011>
- [5]. Tortora G, Funke BR, Case CL. Introducción a la microbiología. 12 ed. Editorial Médica Panamericana.
- [6]. Gutiérrez Mora DA, Pérez Bejarano JV. Evaluación del tratamiento biológico para la disminución de azufre y metales pesados en aceites lubricantes usados de motor diésel, como posible alternativa para la industria automotriz. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de América. Bogotá. Colombia. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7382/1/6131051-2019-1-IQ.pdf>