

Microalgas de ambientes desérticos: Importancia, potencial y aplicaciones

R.A. Flores-Villarreal, D.E. Aguirre-Cavazos* y A.A. Orozco-Flores

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Inmunología y Virología,
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

*deac_83@hotmail.com

Resumen

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos de organización sencilla, los cuáles son los responsables de generar más de la mitad del oxígeno que respiramos; el surgimiento de un grupo en particular, las cianobacterias o algas verde azules, fue lo que modificó la atmósfera terrestre permitiendo el desarrollo de la vida como la conocemos. La mayoría de las microalgas son estrictamente acuáticas y todas necesitan este medio para su reproducción, sin embargo, también son capaces de subsistir en cualquier medio terrestre ejerciendo algunas de las funciones más importantes en los ciclos biogeoquímicos, aportando materia orgánica y en el caso de las cianobacterias participando en la fijación de nitrógeno. Hoy en día sabemos podemos encontrar comunidades de microalgas en los suelos desérticos sobreviviendo mediante mecanismos de resistencia que les permiten subsistir en condiciones adversas, los cuáles en el caso de las cianobacterias, consisten en la producción de compuestos como polisacáridos y aminoácidos. Entre las aplicaciones de las microalgas destaca su utilización en la industria alimenticia, cosmética y agrícola, así como en medicina y biotecnología. La producción de estos microorganismos para su cultivo comercial ha ido al alza desde 1960 y se estima siga en aumento debido a sus propiedades y potencial económico.

Palabras clave: Microalgas, desierto, desecación, cianobacteria, nitrógeno.

Abstract

Microalgae are photosynthetic microorganisms of simple organization, which are responsible for the generation of more than half of the oxygen in earth. Cyanobacteria, also called blue-green algae, have the ability of generate and participate in the development of life as it currently stands. Most microalgae are strictly aquatic, and all of them need this medium for their reproduction. However, they are also able to survive in any terrestrial environment, performing some of the most important functions in biogeochemical cycles, providing organic matter and contributing to nitrogen fixation. Nowadays, we know we can find communities of microalgae in desert soils surviving through resistance mechanisms that allow them to persist in adverse conditions, which as is the case of cyanobacteria, comprise the production of several specific compounds such as polysaccharides and amino acids. Some of the applications of microalgae towards human consumption and exploitation have been their use in food, cosmetic and agricultural industries, as well as in medicine and biotechnology. The production of these microorganisms for commercial culture has been increasing since 1960 and it is estimated to continue to increase due to their particular properties and economic potential.

Keywords: Microalgae, desert, desiccation, cyanobacteria, nitrogen



**Figura 1. Ambiente desértico. Laguna (seca) de Mayrán, San Pedro de las Colonias, Coahuila.
Fotografía: Dr. Alonso Orozco Flores**

¿Qué son las microalgas?

Todos conocemos la importancia de plantar y conservar un árbol, ya que mediante la fotosíntesis generan el oxígeno (O_2) que respiramos y captan el dióxido de carbono que, por nuestro modo de vida su cantidad aumenta alarmantemente, sin embargo, las plantas no son los únicos organismos que pueden realizar esta importante labor. Debemos considerar que probablemente más de la mitad del oxígeno que respiramos proviene de las microalgas.

Según diversos autores, el término microalga está desprovisto de significado taxonómico por lo que no corresponde a ninguna categoría, en su mayoría pertenecen al reino protista, pero también se consideran a las cianobacterias, ya que tienen en común su tamaño microscópico y la capacidad de realizar fotosíntesis (López-Padrón *et al.*, 2020).

En el caso de las cianobacterias o algas verde azules, es preciso destacar que su surgimiento en la tierra fue lo que modificó la atmosfera terrestre, al generar grandes cantidades de O_2 , disminuyendo la tempera-

tura y permitiendo el desarrollo de la vida oxigénica.

¿Se pueden encontrar microalgas en ambientes desérticos?

La mayoría de las microalgas son estrictamente acuáticas y todas necesitan este medio para su reproducción. Estas se pueden encontrar en aguas marinas, agua dulce, salinas, aguas residuales, no obstante, las microalgas también son capaces de subsistir en cualquier medio terrestre; se encuentran en el suelo, rocas o superficies planas y sobre animales (Izco *et al.*, 2004), sobreviviendo rangos amplios de temperatura, pH y disponibilidad de nutrientes, ejerciendo algunas de las funciones más importantes en los ciclos biogeoquímicos, aportando materia orgánica y en el caso de las cianobacterias participando en la fijación de nitrógeno (Izco *et al.*, 2004).

Los desiertos se caracterizan por sus condiciones extremas como alta temperatura, baja humedad y disponibilidad de contenido de materia orgánica (Saul-Tcherkas *et al.*, 2013) (Figura 1). En este entorno las microalgas resultan de vital importancia debido a que pueden aportar diferentes subproductos que los

demás microorganismos aprovechan. En los suelos desérticos pueden presentarse costras o cortezas microbianas, las cuales son la parte superficial del suelo compuestas por comunidades de microalgas, cianobacterias, hongos y bacterias (Perera *et al.*, 2018), dichos microorganismos forman consorcios que les permiten resistir las condiciones antes mencionadas (Megharaj *et al.*, 2011), y de esta manera obtienen energía a través de la oxidación de nitritos, monóxido de carbono, hierro, o azufre.

Importancia ecológica de las cortezas microbianas

Como ya se ha mencionado, por increíble que parezca, podemos encontrar comunidades de microalgas en los suelos desérticos; en dichos consorcios, las cianobacterias juegan un papel importante, pues ayudan a la formación de micro agregaciones fundamentales en la fijación de nitrógeno, contribuyen a la estabilización del suelo, aumentan el contenido orgánico de la arena y ayudan a la retención del agua promoviendo o retardando el crecimiento de las plantas vasculares (Perera *et al.*, 2018) (Figura 2). Cabe mencionar que estas interacciones se podrían aprovechar para mitigar el efecto del cambio climático protegiendo los suelos de la desertificación y erosión

(Zhang *et al.*, 2013).

Pero ¿Cómo sobreviven en los desiertos?

Entre los organismos fotoautótrofos que generalmente se encuentran en las cortezas biológicas de ambientes desérticos, podemos destacar las cianobacterias *Chroococcidiopsis* sp, las cuales presentan alta tolerancia a la radiación y la desecación, también se ha reportado que *Nostoc* sp. ha mostrado la capacidad de mantenerse en estado de desecación por meses e inclusive años. Estas microalgas pueden considerarse extremófilas ya que suelen activar ciclos de desecación como estrategias para sobrevivir a condiciones adversas, principalmente la producción de una capa extracelular de polisacáridos (EPS), la cual regula la retención y pérdida de agua, funciona como una matriz que inmoviliza los componentes celulares producidos por la célula y se cree protege a la célula del encogimiento e hinchazón; esta capa de EPS, no solo es beneficiosa para las microalgas, sino que también ayudan a mantener estas micro agregaciones donde las comunidades microbianas ya mencionadas se mantienen vivas en uno de los ecosistemas más adversos. En estos EPS se pueden encontrar numerosas moléculas que son producidas en respuesta a la desecación y exposición a radiación UV, por ejem-

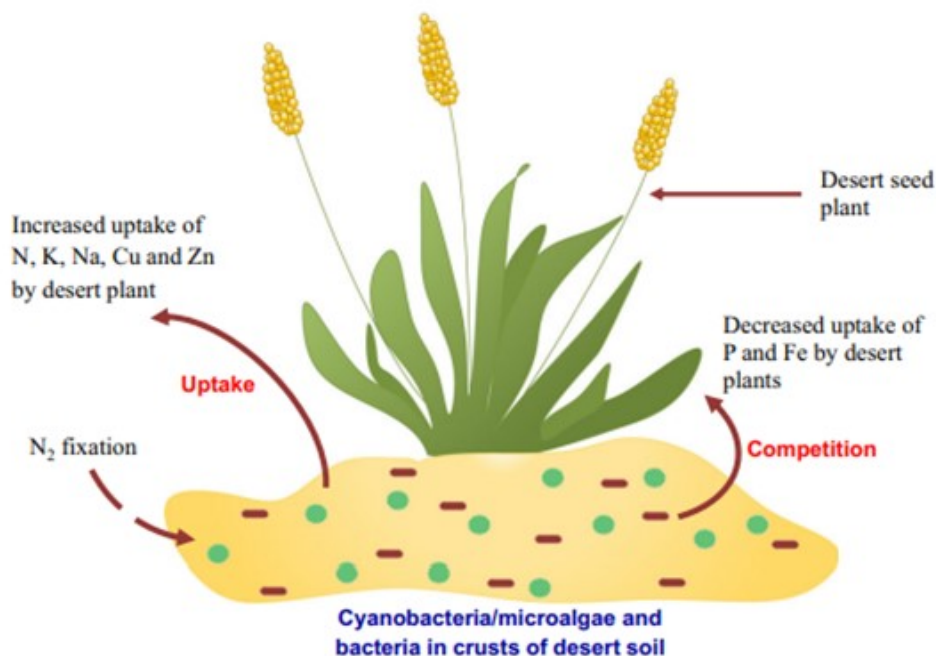


Figura 2. Absorción de nutrientes por plantas del desierto en presencia de cianobacterias/microalgas y bacterias en las cortezas biológicas del suelo (Perera *et al.*, 2018).

plo, compuestos que absorben la luz UV como algunos aminoácidos, así como metabolitos secundarios como la micosporina, scytonemina, carotenoides y enzimas desintoxicantes que proporcionan protección contra el estrés hídrico. Las proteínas de estrés hídrico son muy estables, comprenden hasta el 70% de las proteínas solubles en muestras ambientales de *Nostoc commune* (Figura 3); además las células de esta especie contienen trehalosa y sucrosa, las cuales tienen la habilidad de estabilizar proteínas y proteger la integridad de la membrana durante la desecación. Aunque la desecación y la tolerancia a los rayos UV en las cianobacterias han sido estudiadas, las interacciones son complejas y aún se necesita un trabajo considerable para comprender completamente los mecanismos involucrados (Pepper *et al.*, 2014).

Aplicaciones

Cada día, los productos con base en microalgas se integran más a nuestro modo de vida, ya sea en suplementos alimenticios, mascarillas y cremas hechas con la biomasa de *Spirulina* o *Chlorella*, son cada vez más fáciles de comprar y su publicidad es más visible desde nuestros celulares, hasta en las calles y televisión; estos productos aprovechan el contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales e incluso pigmentos de estas microalgas (Spolaore *et al.*, 2006). Pero su aprovechamiento no se restringe solamente a estas aplicaciones, son cultivadas industrialmente para su uso en la agricultura como biopesticidas o biofertilizantes (Murata *et al.*, 2021); se ha reportado que la inoculación artificial de cianobacterias a manera de fertilizante mejora las propiedades físicas y bioquímicas del suelo aumentando su fertilidad (Zheng *et al.*, 2011). En biorremediación, se emplean para el tratamiento de aguas residuales, detoxificación biológica y control de metales pesados (Molazadeh *et al.*, 2019); también en biomedicina y salud debido a su capacidad de producir compuestos bioactivos como antibióticos, anticuerpos monoclonales, compuestos hepatotóxicos y neurotóxicos, hormonas, enzimas y otros (Rizwan *et*



Figura 3. *Nostoc commune*. fotografía de algaebase.org.

al., 2018). Además, desde hace algunos años se han estado desarrollando tecnologías que permiten aprovechar estos organismos como materia prima para producir biocombustibles, debido a su alto contenido de azúcares y lípidos se pueden utilizar para la producción de bioetanol, biodiésel, biogás, biohidrógeno y bioaceite (Jeon *et al.*, 2016).

El cultivo comercial de microalgas comenzó a principios de 1960 en Japón con la producción de *Chlorella* por Nihon Chlorella, 10 años más tarde se estableció una instalación en Texcoco (Ciudad de México, México) para la cosecha y cultivo de *Arthrospira* para la producción de suplemento alimenticio en humanos y animales. Para 1980, alrededor de 46 fábricas operaban a gran escala en Asia donde producían más de 1000 kg de microalgas (principalmente *Chlorella*) por mes. De esta manera, en un período de 30 años, la industria de la biotecnología de microalgas mostró un amplio crecimiento y diversificación. En la actualidad, el mercado produce alrededor de 5000 t de biomasa seca por año con un costo promedio de \$125 mil millones de dólares por año (Sen *et al.*, 2020), estas cifras ponen de manifiesto el potencial económico de estos microorganismos y la importancia de su estudio y de los ecosistemas en los que se encuen-

tran.

Conclusión

Es bien sabido que las algas son utilizadas para su producción y consumo desde hace ya algunos años; en el caso de las microalgas, existen actualmente un gran número de estudios al respecto, sin embargo, la mayoría de estos se centran en ambientes acuáticos o de agua dulce, mientras que a las microalgas de suelo y particularmente de suelos desérticos apenas se les está reconociendo para su investigación. Debido a las características que estos microorganismos presentan, las cuales se han recalado en este escrito, además de su relevancia económica, creemos que las algas de ambientes desérticos cuentan con un gran potencial de aprovechamiento en distintas áreas, y que es de vital importancia la realización de estudios y bioprospecciones que permitan un aprovechamiento sustentable de este valioso recurso.

Referencias

- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2022). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>.
- Izco, J. E., Barreño, M., Brugues, M., Costa, J. A., Devesta, F., Fernández, T., Gallardo, X.C., Llimona-Prada, S., Talavera, y Valdés, B. (2004). Botánica. Editado por Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2a ed. Aravaca. Madrid.
- Jeon, S., Jeong, B., y Chang, Y. (2016). Chemicals and fuels from microalgae. Consequences of microbial interactions with hydrocarbons, oils, and lipids: production of fuels and chemicals, 1–21. doi:10.1007/978-3-319-31421-1_384-1f
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, Y., Reyes-Guerrero, Núñez-Vázquez, M., y Cabrera-Rodríguez, J.A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cultivos Tropicales, vol. 41, no. 2, e10.
- Megharaj, M., Venkateswarlu, K., y Naidu R. (2011). Effects of carbaryl and 1-naphthol on soil population of cyanobacteria and microalgae and select cultures of diazotrophic cyanobacteria. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 87(3):324- 329. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0347-3>.
- Molazadeh, M., Ahmadzadeh, H., Pourianfar, H., Lyon, S., y Rampelotto, P. (2019). The use of microalgae for coupling wastewater treatment with CO₂ biofixation. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7. doi:10.3389/fbioe.2019.00042.
- Murata, M., Ito, L., Da Silva, J., Bosso, A., y Hiroshi, H. (2021). ¿What do patents tell us about microalgae in agriculture? AMB Express, 11:54. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01315->
- Pepper, I.L., Gerba, C.P., y Gentry, T.J. (2014). Chapter 7. Extreme Environments. Elsevier. 3ª ed. Environmental Microbiology. pp 143-146.
- Perera, I., Subashchryabose, S., Venkateswarlu, K., Naidu, R., y Megharaj, M. (2018). Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria in desert soils: An underexplored microbiota. Applied Microbiology and Biotechnology, 102:7351-7363.
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S.A., Lee, K., y Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 92:394-404.
- Saul-Tcherkas, V., Unc, A. y Steinberger, Y. (2013). Soil Microbial Diversity in the Vicinity of Desert Shrubs. Microb Ecol 65, 689–699. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0141-8>.
- Sen, J., Ying, S., Wayne, K., Kee, M., Wei, J., Ho, S., y Loke, P. (2020). A review on microalgae cultivation and harvesting, and their biomass extraction processing using ionic liquids. BIOENGINEERED. 11(1):116-129. <https://doi.org/10.1080/21655979.2020.1711626>
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duram, E., y Isambert, A. (2006). Commercial Applications of Microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering. 101(6):201-221.
- Zhang, B., Zhang, Y., Su, Y., Wang, J., y Zhang, J. (2013). Responses of microalgal-microbial biomass and enzyme activities of biological soil crusts to moisture and inoculated *Microcoleus vaginatus* gradients. Arid Land Research and Management, 27(3):216- 230. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.754514>.
- Zheng, Y., Xu, M., Zhao, J.C., Bei, S., y Hao L. (2011). Effects of inoculated *Microcoleus vaginatus* on the struc-