BIOGNOSIS
ISSN: 2992-8249

Biognosis, 2026. 3 (4), 1-9.
https://doi.org/10.29267/biognosis.2026.3.4.1-9

Microalgas cultivadas en lixiviados de la basura: ¿una solución a la contaminación del agua?

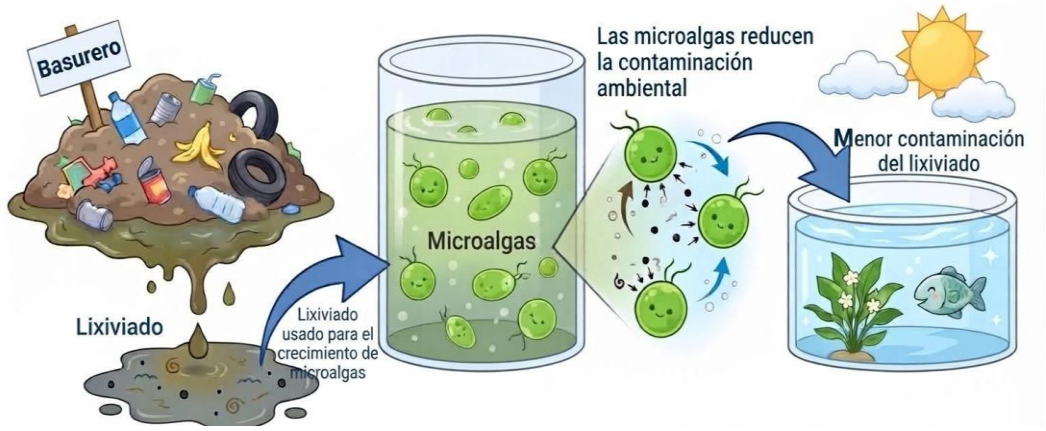
Microalgae cultivated in landfill leachate: a solution to water pollution?

Bryan Omar Lecona-Zarate[1], Janet Aguilar-Fermin[2], Paula Deyanira Orantes-Calleja[3*]

[1]Departamento de Ciencias Básicas, TecNM, Tecnológicos de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, 50640, Estado de México, México.
[2]División de Ingeniería Química, TecNM, Tecnológicos de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, 50640, Estado de México, México.
[3]División de Energías Renovables, TecNM, Tecnológicos de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, 50640, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia.
Correo electrónico: paula.oc@sfelipeprogreso.tecnm.mx (P. Orantes-Calleja)

Historial del artículo:
Recibido: 11 Agosto 2026 / Recibido en forma revisada: 29 Agosto 2026 / Aceptado: 17 Septiembre 2026 / Publicado online: 1 Octubre 2026.



“Microalgas que transforman residuos en recursos”

Resumen

Los sitios de disposición final, producen grandes cantidades de lixiviado de la basura, que pueden llegar a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, generando impactos negativos sobre el ambiente y la salud de las personas. El lixiviado de la basura es líquido oscuro, viscoso y de mal olor que se forma cuando el agua de lluvia atraviesa la basura acumulada y arrastra sustancias tóxicas y materia orgánica en descomposición. Una alternativa natural para disminuir los niveles de contaminación de este líquido, es el cultivo de microalgas. Estos seres vivos microscópicos, generalmente fotosintéticos, son capaces de utilizar los algunos componentes del lixiviado, para su crecimiento. De esta forma ayudan a disminuir la contaminación ambiental, generando al mismo tiempo productos de alto valor, como biocombustibles, bioplásticos, etc.

Palabras clave: Contaminación, cultivo, lixiviados, microalgas.

Abstract

Final disposal sites generate large quantities of waste leachate, which can reach surface water and groundwater bodies, causing negative impacts on the environment and human health. Waste leachate is a dark, viscous, foul-smelling liquid formed when rainwater percolates through accumulated waste, carrying away toxic substances and decomposing organic matter. Cultivating microalgae offers a natural alternative for reducing the pollution levels of this liquid. These microscopic, generally photosynthetic organisms are capable of utilizing certain components of the leachate for their growth. In doing so, they help reduce environmental pollution while simultaneously producing high-value products such as biofuels, bioplastics, and more.

Keywords: Cultivation, leachate, microalgae, pollution.

El agua es un elemento vital para la vida, por lo que cuidarla es de gran importancia. Hoy en día, la inmensa cantidad de basura que generamos termina en sitios de disposición final, como vertederos o rellenos sanitarios. Un vertedero (o basurero a cielo abierto) es un terreno donde los desechos se acumulan sin control ni protección ambiental. Por el contrario, un relleno sanitario es una obra de ingeniería diseñada para enterrar la basura de forma segura, utilizando capas de suelo y sistemas que protegen la naturaleza.

Desafortunadamente, muchos lugares no cuentan con las condiciones necesarias para ser un relleno sanitario. En temporada de lluvias, el agua se filtra a través de la basura y arrastra sustancias tóxicas, formando un líquido oscuro y maloliente llamado lixiviado, el cual es sumamente peligroso para la salud y el medio ambiente.

Ante este problema, se han buscado diversas alternativas de solución, entre las cuales se encuentran el cultivo de microalgas. Estos diminutos organismos tienen una sorprendente capacidad para crecer en determinados tipos de aguas residuales y lixiviados,

aprovechando los nutrientes y algunos otros componentes presentes en estos medios y contribuir a reducir la concentración de contaminantes.

Impacto de los lixiviados de la basura sobre el ambiente

La contaminación del agua se ha ido convirtiendo en uno de los principales factores que aceleran el cambio climático, deteriorando la salud de las personas y el equilibrio de los ecosistemas a nivel mundial. Puesto que este recurso es indispensable para la vida, cualquier alteración en su calidad amenaza de manera inmediata a nuestras comunidades, impactando en los cultivos y el agua que consumimos.

Una causa importante de esta crisis son los residuos sólidos municipales (RSU), que son todos los desechos generados en casas, comercios, oficinas, escuelas y espacios públicos. Estos desechos viajan a los vertederos y, en el mejor de los casos, a rellenos sanitarios, donde se acumulan y descomponen lentamente, generando un líquido altamente peligroso llamado lixiviado. La cantidad de lixiviado generado puede ser considerable. Por ejemplo, un estudio realizado en un relleno sanitario reportó una generación promedio de aproximadamente 150 litros de lixiviado por cada tonelada de residuos depositados (El-Fadel *et al*., 2002).

El lixiviado es una mezcla líquida de color marrón oscuro, que puede estar formada por compuestos biodegradables y tóxicas persistentes. Se considera un líquido residual peligroso porque contiene productos químicos y tóxicos, metales pesados y compuestos inorgánicos que, si no se controlan a tiempo, envenenan la flora y la fauna locales. Con el paso de los años, cuando el basurero se vuelve muy viejo, la basura cambia y este líquido pierde de forma natural una parte de sus metales; sin embargo, incluso el lixiviado de un vertedero antiguo sigue siendo una grave amenaza ambiental.

Frenar la contaminación por lixiviados es un reto urgente. Por fortuna, la ciencia propone una solución sustentable: el uso de microalgas (Wang *et al., 2026)*. Estos microorganismos aprovechan los componentes del lixiviado como los nutrientes necesarios para su crecimiento. Las microalgas son capaces de sobrevivir en entornos tan agresivos gracias a su asombrosa capacidad de adaptación. Esta resistencia representa una gran ventaja para cultivarlas a gran escala, logrando así transformar un residuo sumamente peligroso en un recurso útil mientras purifican el agua.

Por ello, el cultivo de microalgas es una excelente estrategia biotecnológica con un gran potencial para el tratamiento y aprovechamiento de aguas contaminadas. Además de ayudar a disminuir algunos contaminantes, permite transformar parte de esos residuos en biomasa, es decir, materia orgánica de origen biológico que puede tener diferentes usos. Así, estos pequeños organismos podrían convertirse en aliados para proteger un recurso indispensable para la vida: el agua.

Cultivo de microalgas en lixiviados de la basura

Las microalgas son organismos fotosintéticos acuáticos que contribuyen de manera importante a la producción de oxígeno del planeta. Se desarrollan de manera muy parecida a las plantas, sin embargo, son microscópicas, es decir, no es posible

observarlas a simple vista. Para que estos microorganismos puedan crecer, necesitan de nutrientes como fósforo, nitrógeno, materia orgánica y algunos metales. Las microalgas, usan la luz del sol, junto con nutrientes y dióxido de carbono, para producir materia orgánica a partir de la fotosíntesis; además, pueden crecer en agua dulce, salada y diversos medios contaminados, como el lixiviado de la basura (Figura 1).

Recientemente, un grupo de investigadores estudió el crecimiento de una microalga muy conocida, *Chlorella vulgaris*, directamente en lixiviado de residuos sólidos urbanos (Liew *et al*., 2025). Esta microalga no solo sobrevivió, sino que logró eliminar más del 97% del nitrógeno y hasta un 78% del fósforo acumulado. En conclusion, gracias a estos organismos, el lixiviado de la basura puede generar menos impactos negativos al ambiente de forma 100% natural.

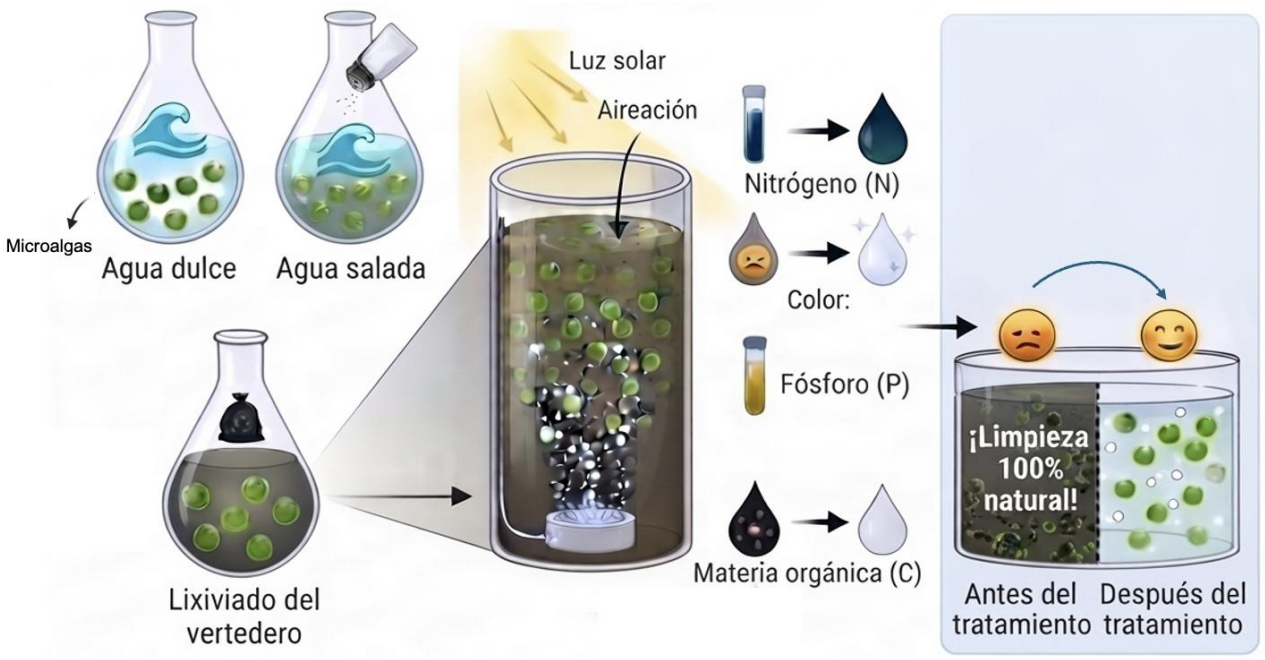


Figura 1. Representación esquemática del crecimiento de microalgas en diversos medios y el tratamiento de lixiviados de basura.
Figure 1. Schematic representation of microalgal growth in various media and the treatment of landfill leachate.

Retos del cultivo de microalgas medios alternativos

El cultivo de microalgas sobre agua residual o medios poco convencionales tales como lixiviados de basura o algunos sueros industriales, es una excelente idea para aprovechar recursos que normalmente se consideran desechos (Scarponi & Forti, 2026). Sin embargo, también conlleva una serie de importantes desafíos que dificultan su producción a gran escala. Uno de los principales retos está relacionado con la concentración y tipo de nutrientes que se encuentran en medio de cultivo en el que crecerá la microalga. A diferencia de los medios sintéticos formulados especialmente para el crecimiento de las microalgas (como el medio F/2 para microalgas marinas o el medio BG11 para microalgas

dulceacuícolas), los medios alternativos (como el lixiviado de la basura) pueden contener cantidades muy variables de nitrógeno y fósforo, presentando proporciones nitrógeno-fósforo (N:P) poco adecuadas para el crecimiento de estos microorganismos (Figura 2). Cuando las microalgas no reciben los nutrientes en las proporciones que necesitan, su crecimiento puede verse limitado e incluso algunos de sus procesos metabólicos pueden verse afectados. Como consecuencia, se produce menos biomasa, lo que representa uno de los principales obstáculos para aprovechar su potencial a gran escala.

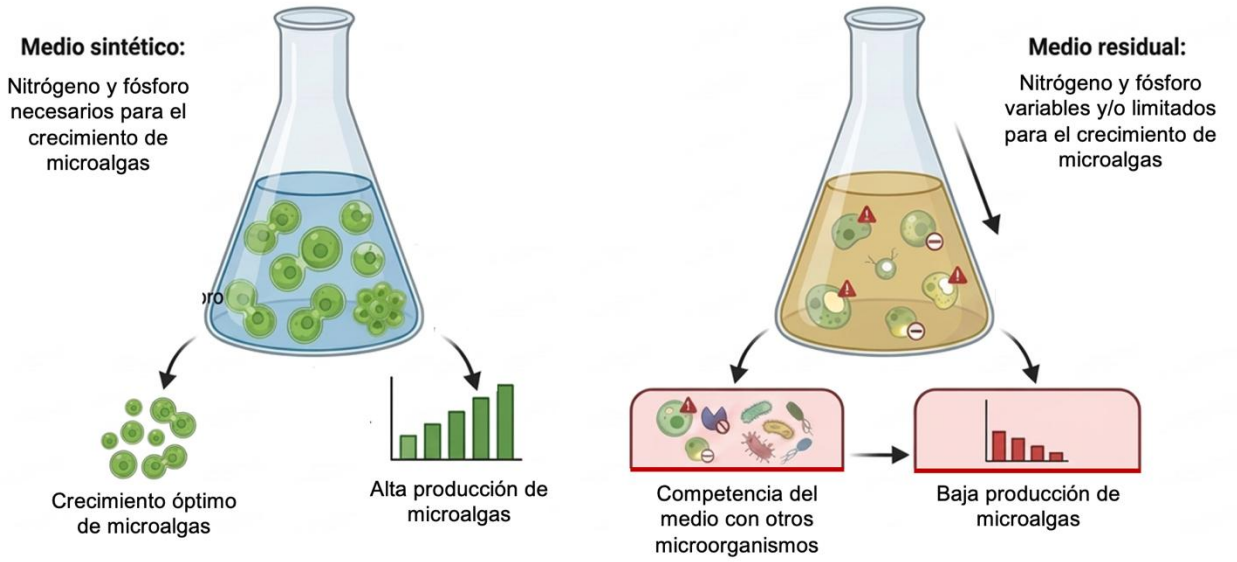


Figura 2. Comparativa entre el cultivo en medio sintético (especiales para el cultivo de microalgas) y medio residual (como lixiviados de la basura).
Figure 2. A comparison of cultivation in synthetic media (specialized for microalgae cultivation) and residual media (like leachate from garbage).

Además, se deben considerar factores que pueden dificultar el cultivo de microalgas en medios alternativos. Uno de ellos es la turbidez elevada. La presencia de sólidos suspendidos en medios como lixiviados o aguas residuales puede impedir que la luz penetre adecuadamente en el medio. Al ser seres fotosintéticos, esto afecta ampliamente el crecimiento de las microalgas.

La competencia biológica representa otro de los desafíos. A diferencia de los medios de cultivo convencionales, preparados bajo condiciones controladas, los medios alternativos no son estériles y pueden contener bacterias, protozoos y otros microorganismos; algunos de los cuales pueden llegar a competir con las microalgas por nutrientes o incluso alimentarse de ellas, provocando una disminución de la biomasa y, en casos extremos, el colapso del cultivo (Wang *et al*., 2026).

Se debe considerar también la variabilidad química y la presencia de sustancias inhibidoras. La concentración de nutrientes y de sustancias potencialmente tóxicas puede cambiar de manera considerable entre un residuo y otro, e incluso entre diferentes momentos de su generación o época del año. Por ejemplo, concentraciones elevadas de

amoníaco libre o de algunos metales pesados pueden inhibir el crecimiento de las microalgas y afectar su metabolismo. Cuando estas sustancias alcanzan concentraciones perjudiciales, puede ser necesario diluir previamente el medio, lo que incrementa el consumo de agua y los costos del proceso.

Todos estos factores hacen que cultivar microalgas en residuos sea un verdadero reto: no basta con encontrar un medio donde puedan crecer, también es necesario desarrollar estrategias que permitan mantener el cultivo estable, controlar las condiciones de crecimiento y obtener una biomasa de calidad de manera reproducible.

Usos y aplicaciones del cultivo de microalgas

A pesar de los retos técnicos, la biomasa que se obtiene de cultivos de microalgas tiene diversas aplicaciones en industrias como la alimenticia, la cosmética, los plásticos ecológicos, la agricultura, la energía, etc. Cuando estas microalgas se cultivan utilizando lixiviados, surgen oportunidades muy interesantes para transformar un problema ambiental en un recurso.

Una de las estrategias para aprovechar al máximo la biomasa de las microalgas es la biorrefinería, un concepto que busca obtener diferentes productos a partir de sus componentes. El verdadero potencial de esta estrategia está, precisamente, en combinar varias aplicaciones. En lugar de cultivar microalgas únicamente para obtener un producto, una biorrefinería de microalgas busca aprovechar diferentes componentes de la biomasa y, al mismo tiempo, utilizar residuos como fuente de nutrientes. Este enfoque puede contribuir a una economía circular en la que un residuo contaminante se transforma en materia prima para obtener productos de valor.

Dependiendo de la especie y de las características de la biomasa, es posible aprovechar sus proteínas, pigmentos, lípidos, carbohidratos y otros compuestos para generar productos de interés. Entre las alternativas estudiadas se encuentran los biopolímeros, materiales parecidos al plástico, pero de origen biológico y biodegradables, como los polihidroxialcanoatos (PHA), entre los que se encuentra el polihidroxibutirato (PHB). De esta manera, el aprovechamiento integral de la biomasa permite explorar diferentes productos de valor y contribuir a la valorización de los residuos (Figura 3).

Las microalgas destacan por absorber grandes cantidades de nitrógeno y fósforo del medio donde crecen. Al secarlas o procesarlas, se convierten en excelentes fertilizantes orgánicos que ayudan a mejorar la calidad de la tierra y aportan sustancias naturales que estimulan el crecimiento de las raíces en los cultivos. Así, los nutrientes que alguna vez fueron considerados contaminantes podrían regresar al suelo como parte de un nuevo ciclo de aprovechamiento.

Por otro lado, una de las aplicaciones de gran interés es la producción de biocombustibles, como el biodiésel (con características similares al diésel convencional) y el bioetanol (con características similares a la gasolina). Para elaborarlos, se aprovechan las grasas y los azúcares almacenados en las algas, mediante procesos adecuados de transformación y

fermentación. De esta manera, logramos obtener combustibles ecológicos, aprovechando cada componente de la biomasa generada.

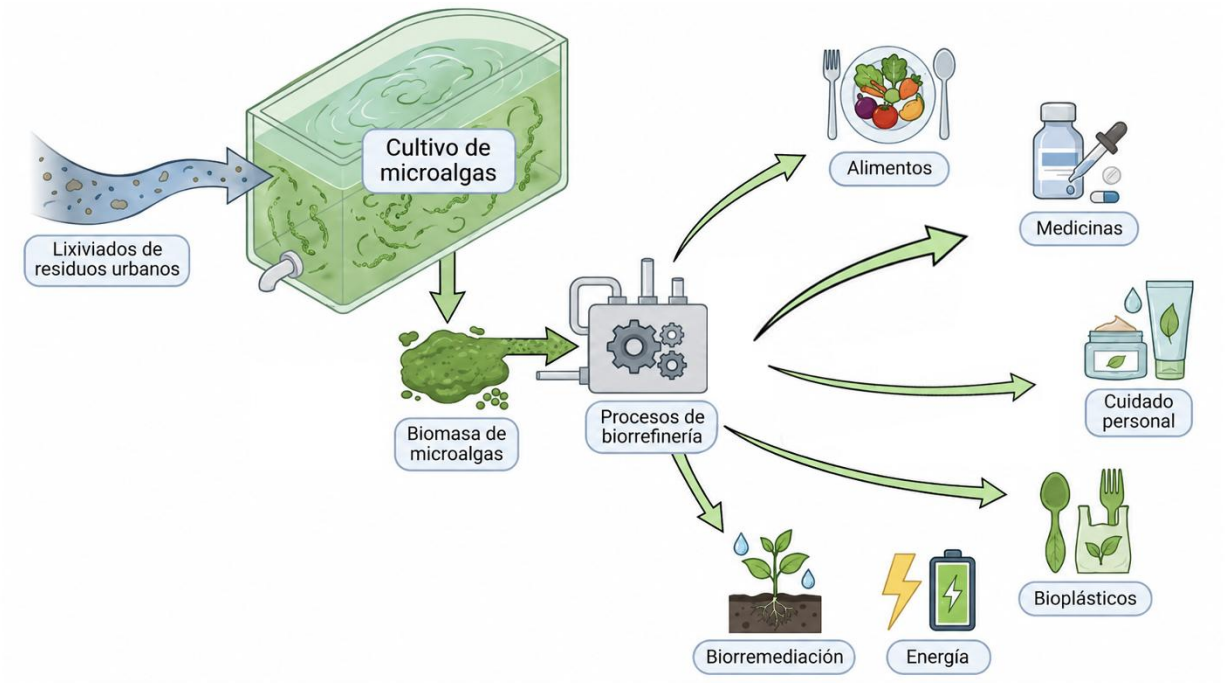


Figura 3. Diagrama de flujo de la valorización de lixiviados mediante una biorrefinería de microalgas.
Figure 3. Flowchart of leachate recovery using a microalgae biorefinery.

Finalmente, usar medios alternativos como los lixiviados para cultivar algas reduce muchísimo los costos de producción. Esto es fundamental, ya que el alto costo de producción de biomasa microalgal suele ser el gran freno para que, por ejemplo, los biocombustibles sustituyan a los combustibles fósiles. Utilizar estos residuos podría convertir a las microalgas en una verdadera alternativa limpia frente a las energías tradicionales. Por lo tanto, las microalgas representan una alternativa biotecnológica prometedora que continúa siendo estudiada.

Conclusiones

El uso de microalgas representa una alternativa prometedora para disminuir la contaminación de los lixiviados y, al mismo tiempo, producir biomasa con potencial para diversas aplicaciones de importancia, generando un cambio de perspectiva y así pasar de considerar al lixiviado únicamente como un residuo peligroso a estudiarlo como un recurso que, mediante procesos adecuados, puede ser valorizado. Aunque todavía es necesario continuar investigando para optimizar estos procesos y poder llevarlos a gran escala, el aprovechamiento de microalgas abre una posibilidad interesante para avanzar hacia un manejo más sostenible de nuestros residuos. Esta estrategia demuestra que un residuo problemático puede convertirse en un recurso, contribuyendo al tratamiento de residuos y al desarrollo de procesos más sostenibles.

Referencias

El-Fadel, M., Bou-Zeid, E. R., Chahine, W., & Alayli, B. (2002). Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management, 22*(3), 269–282. https://doi.org/10.1016/S0956-053X(01)00040-X

Liew, L. W., Bashir, M. J. K., Toh, P. Y., Alazaiza, M. Y. D., Abu Amr, S. S., Khoo, K. S., Raksasat, R., & Lim, J. W. (2025). Microalgae cultivation in stabilized landfill leachate for simultaneous treatment and biomass production. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 149*, 105068. https://doi.org/10.1016/j.jtice.2023.105068

Scarponi, P., & Forti, L. (2026). Integration of agro wastes as an alternative substrate for microalgae cultivation: A review. *Next Sustainability, 5*, 100273. https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2026.100273

Wang, D., Tabassum, S., Li, J., Li, G., Altundag, H., Zhang, N., & Khan, I. (2026). Landfill leachate treatment by the symbiotic system of bacteria and microalgae: High-efficiency and low-consumption green biological treatment system. *RSC Advances, 16*(19), 17627–17647. https://doi.org/10.1039/D6RA02058E

Información de los autores



Bryan Omar Lecona Zarate (Primer autor).
El Mtro. Bryan Omar Lecona Zarate es Ingeniero Bioquímico, Maestro en Eficiencias Energéticas y Energías Renovables y candidato a Doctor en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Ciencias Básicas y Profesor en el Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso. Además, en su trayectoria destaca en el estudio en bioprocesos, bioenergía, biotecnología aplicada y educación STEM. Ha liderado proyectos de innovación tecnológica, cuenta con invenciones registradas y publicaciones científicas, además de colaborar como evaluador en certámenes académicos como InnovaTecNM, COMECYT y FIRST LEGO League.



Paula Deyanira Orantes Calleja (Autor de correspondencia).
La Dra. Paula Deyanira Orantes Calleja es Ingeniera Ambiental, Maestra en Energías Renovables y Doctora en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables. Su trayectoria se ha enfocado en el aprovechamiento de microalgas, tratamiento y valorización de residuos, biocombustibles y desarrollo de nanomateriales mediante síntesis verde. La Dra. Orantes Calleja realizó una estancia posdoctoral de un año en el programa Cátedras COMECYT, fortaleciendo su experiencia en investigación y vinculación académica. Actualmente se desempeña como docente-investigadora en la División de Ingeniería en Energías Renovables del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso, donde participa en actividades de docencia, investigación, formación de estudiantes y divulgación científica.