



Hot Science

Biotecnología al rescate: ¿el fin de las invasiones de sargazo?

Biotechnology to the rescue: Could it put an end to sargassum invasions?

Enrique Salgado-Hernández^{1*}
Mayela Martínez-Cano²

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

²Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

*Autor para la correspondencia:
ensalgado@uv.mx

Resumen

El sargazo es un problema ambiental creciente en el Caribe y otras regiones, que afecta ecosistemas costeros y economías locales. La acumulación de algas en las playas no solo es un inconveniente visual, sino que además libera compuestos tóxicos y gases de efecto invernadero. ¡Pero no todo está perdido! La biotecnología se presenta con alternativas innovadoras para aprovecharlo de forma eficiente. Métodos como la digestión anaerobia, la fermentación y el compostaje tienen el potencial para transformar estas algas en bioenergía, biocompuestos y fertilizantes. En este artículo exploraremos investigaciones biotecnológicas que muestran cómo convertir este problema en algo positivo.

Palabras clave: Microorganismos, algas, bioprocesos.

Summary

Sargassum is a growing environmental problem in the Caribbean and other regions, affecting both coastal ecosystems and the local economy. The accumulation of algae on beaches is not only a visual inconvenience but also releases toxic compounds and greenhouse gases. But all is not lost! Biotechnology comes up with innovative alternatives to make efficient use of it. Methods such as anaerobic digestion, fermentation and composting have the potential to transform these algae into bioenergy, biocompounds and fertilizers. In this article we will explore biotechnological research that shows how to turn this problem into something positive.

Keywords: Microorganisms, algae, bioprocesses.

Si en los últimos años has tenido la oportunidad de visitar las playas del Caribe, probablemente habrás notado grandes cantidades de algas acumuladas en la arena. Lo que solía ser un mar de un azul turquesa ahora se ve cubierto por una densa alfombra marrón con un olor desagradable. Pero ¿qué son estas algas y cómo podemos combatirlas?

El sargazo es un grupo de algas conformado por dos especies (*Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*). Estas especies habitan en el Mar de los Sargazos, una región del océano Atlántico. Sin embargo, desde el 2011 se ha promovido el transporte de estas algas fuera del Mar de los Sargazos, proliferando en el Atlántico tropical entre África Occidental y Sudamérica (Figura 1). Esta nueva ubicación favorece que año con año toneladas de estas algas sean arrastradas hacia las playas del Caribe y el Atlántico [1].

La gran cantidad de sargazo que se acumula en las costas causa graves afectaciones económicas y ambientales. A pesar de los intentos por eliminar el sargazo de las playas costeras, su presencia sigue siendo un desafío



Figura 1. Sargazo recolectado en Playa del Carmen, Quintana Roo, México.

creciente cada año. Afortunadamente, la ciencia está buscando soluciones ante este desafío. La biotecnología está ofreciendo nuevas alternativas para aprovechar el exceso de sargazo de manera innovadora. ¿Podrá la biotecnología ser la clave para hacer frente al problema del exceso de sargazo?

Biotechnología como solución: métodos innovadores para el manejo del sargazo

Cuando hablamos de biotecnología la mayoría de la gente piensa en transgénicos u organismos genéticamente modificados; causando controversia debido a la poca información que existe. Sin embargo, esta disciplina es mucho más que eso. La biotecnología implica el uso de organismos vivos o sus procesos biológicos para crear soluciones innovadoras en diversos campos como la medicina, la industria, la agricultura o la protección del medio ambiente. Desde la elaboración del yogur o los antibióticos que son imprescindibles en nuestra vida

hasta la asombrosa forma en que se limpian los suelos contaminados, la biotecnología forma parte de nuestras vidas, aunque no siempre nos demos cuenta. Es interesante ver que la biotecnología ofrece una manera novedosa y amigable de tratar el sargazo (Figura 2). De este modo podemos dejar de ver al sargazo como un residuo desagradable y empezar a verlo como un recurso de alto valor.

Generación de energías renovables

A través de un proceso natural llamado digestión anaerobia, es posible convertir la materia orgánica en energía. En este proceso, microorganismos que no necesitan oxígeno (bacterias y arqueas) descomponen la materia orgánica y producen un gas que contiene metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Este gas puede utilizarse para generar electricidad y calor, debido a la presencia del metano, ya que éste es un combustible. La digestión anaerobia del sargazo es uno de los procesos más investigados y con más publicaciones científicas. Sin embargo,

los estudios reportan bajos rendimientos de metano, que se atribuyen a la presencia de compuestos naturales, sales y metales en el sargazo, que pueden dificultar su degradación y además pueden llegar a ser tóxicos para los microorganismos. Actualmente se conocen diversos métodos, llamados pretratamientos, que pueden mejorar la composición y características del sargazo, haciéndolo más amigable y fácil de degradar para los microorganismos. No obstante, los pretratamientos pueden ser costosos, además de requerir una cantidad considerable de energía, lo que afecta la rentabilidad del proceso.

En una reciente investigación realizada en la Universidad Veracruzana, se demostró que la adaptación de los microorganismos al sargazo durante 100 días pudo mejorar la producción de metano en un 60%. Tras la adaptación, diversos microorganismos incrementaron su abundancia y otros desaparecieron. Este hallazgo destaca la importancia de adaptar y se-



Figura 2. Biotecnología entre cantidades masivas de sargazo. Fuente: Elaboración propia.

leccionar a los microorganismos para llevar a cabo exitosamente la digestión anaerobia del sargazo [1].

La producción de bioetanol es otro proceso biotecnológico que se lleva a cabo mediante la fermentación, un proceso muy antiguo donde microorganismos, como bacterias u hongos, consumen los azúcares presentes en la materia orgánica para generar alcohol. Una reciente investigación demostró que se puede obtener bioetanol a partir del sargazo usando *Saccharomyces cerevisiae*, un hongo unicelular utilizado desde tiempos remotos. Los resultados de este estudio sugieren que el sargazo puede ser una materia prima competitiva para producir combustibles como el etanol [2].

Producción de biocompuestos

A partir del sargazo se pueden obtener

diversas sustancias de interés comercial. Por ejemplo, un estudio demostró que mediante la fermentación del sargazo con el hongo *Aspergillus niger* M4 se pueden producir compuestos fenólicos con poder antioxidante, que pueden ser utilizados en cosméticos o suplementos alimenticios. También, se ha demostrado que es posible producir proteínas fúngicas como alternativas para la industria alimentaria, a través de la fermentación del sargazo utilizando el hongo *Aspergillus oryzae* [3].

Recientemente, se encontró que ciertos compuestos extraídos del sargazo, en particular un tipo de azúcar llamado fucoindan, puede combatir el virus del dengue tipo 2 (DENV-2). Este descubrimiento muestra que el sargazo puede usarse como alternativa prometedora para el desarrollo de agentes antivirales para el tratamiento o prevención del dengue [4].

Biofertilizantes y mejoradores de suelos

Gracias a diferentes organismos como bacterias, hongos o lombrices, el sargazo se puede convertir en biofertilizante, en procesos como la fermentación líquida, el compostaje (descomposición de residuos orgánicos para producir fertilizante) y el vermicompostaje (descomposición de materia orgánica por acción de lombrices). Por ejemplo, mediante la fermentación del sargazo, el hongo *Aspergillus niger* genera un compuesto natural que mejora la germinación de semillas de tomate [5].

Por otro lado, investigadores de la Universidad de Miami llevaron a cabo la evaluación

del compostaje de sargazo como una forma de manejo. Se encontró que la mayoría de los elementos considerados perjudiciales para el ambiente en el compost producido estuvieron dentro de los límites permitidos por las normas ambientales, excepto el arsénico (As). Por esa razón, se recomienda utilizar el compost de sargazo para cultivos no comestibles, como plantas ornamentales. En otra investigación, el compost de sargazo se utilizó exitosamente para la producción de plántulas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en proyectos de restauración. El compost presentó altos contenidos de arsénico, un elemento que en concentraciones elevadas puede ser tóxico para los seres humanos, los animales y el medio ambiente. Sin embargo, al analizar el contenido de arsénico en las plántulas, las cantidades fueron bajas. Gracias a eso se pudo usar el compost de sargazo sin contaminar el ecosistema [6].

El vermicompostaje es otro proceso biotecnológico que utiliza lombrices para convertir los residuos orgánicos en fertilizante. En el Instituto Tecnológico de Veracruz se realizó el vermicompostaje del sargazo usando lombrices *Eisenia fetida*. El vermicompost obtenido mejoró el crecimiento de plantas de cilantro. Sin embargo, en este estudio no se analizó el contenido de elementos en el vermicompost, lo que podría ser una limitante en su aplicación [7].

Por otro lado, un estudio de la Universidad Veracruzana reveló que las lombrices *Eisenia fetida* tienden a evitar ambientes con altas cantidades de sargazo y que con el tiempo bajan de peso [8]. Por lo tanto, el vermicompostaje no debe implementarse a la ligera ya que se requieren más investigaciones para optimizar el proceso y que pueda ser exitoso en el tratamiento del sargazo.

Biorremediación y purificación

El sargazo ha mostrado la capacidad de adsorber metales pesados y otros contaminantes presentes en el agua y el suelo. Investigadores de la UNAM diseñaron un filtro basado en sargazo para la eliminación de sustancias

tóxicas del agua, incluyendo colorantes y metales como el plomo. También, exploraron el potencial del sargazo como material biosorbente para la eliminación de contaminantes derivados de jabones y detergentes en cuerpos de agua costeros [9].

Desafíos y perspectivas futuras

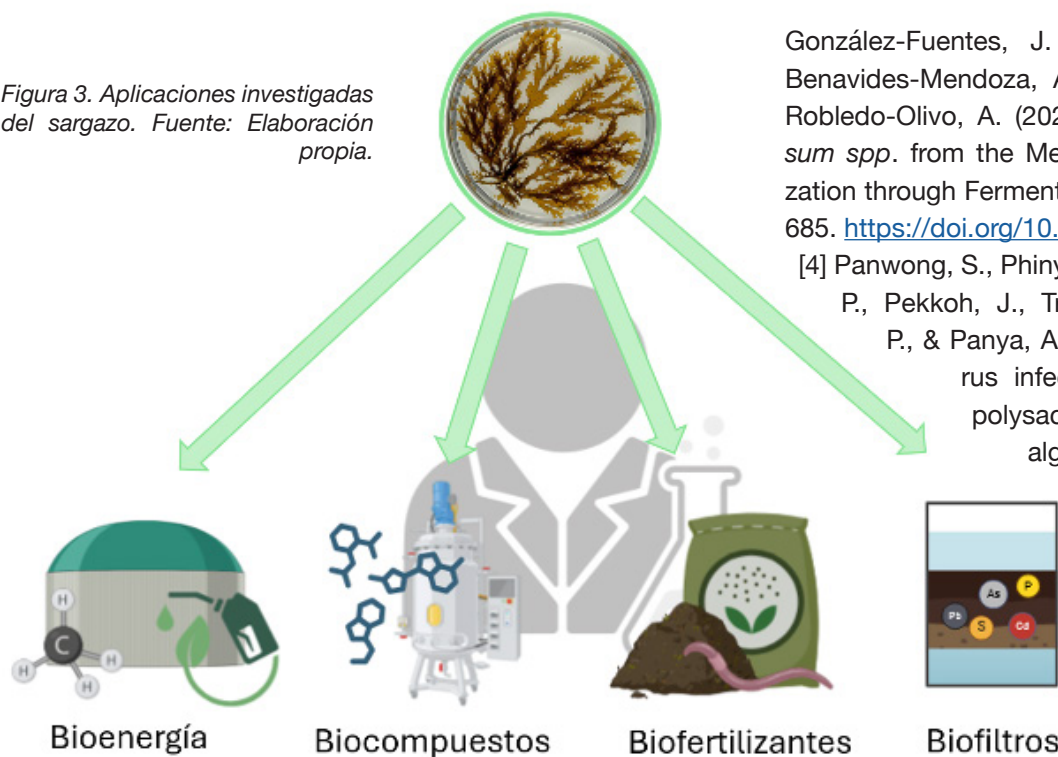
Como se describió en las secciones anteriores las investigaciones en el área de la biotecnología presentan una serie de aplicaciones para el sargazo muy prometedoras (Figura 3). También, se pueden explorar nuevas investigaciones biotecnológicas más innovadoras para aprovechar el sargazo. Por ejemplo, el uso de microorganismos mejorados en laboratorio que optimicen la degradación del sargazo y generación de nuevos productos. Las investigaciones realizadas no solo nos muestran las diferentes aplicaciones del sargazo, sino que además nos muestran las limitaciones y precauciones que se debe tener antes de querer implementar algún proceso a escala comercial.

Sin embargo, la llegada del sargazo a las costas es por temporadas y la presencia de elementos y compuestos en el sargazo varía dependiendo del lugar y estación del año. Además, los costos elevados de recolección y el efecto ambiental que provoca su extracción hacen que, el uso del sargazo en diferentes aplicaciones biotecnológicas sea un reto. Para superar estos obstáculos, es necesario asegurar la presencia de sargazo durante el año con métodos de preservación y almacenamiento. También, mejorar las técnicas de recolección e incluir pretratamientos que hagan que la composición del sargazo sea la adecuada para cada aplicación.

Conclusión

El sargazo representa un desafío global que amenaza con la integridad de los océanos y la economía de algunas naciones. Sin embargo, este desafío también brinda una oportunidad única para científicos y emprendedores ya que podemos aprovecharlo como materia prima en numerosas aplicaciones. Desde la generación de un fertilizante para tus plantas

Figura 3. Aplicaciones investigadas del sargazo. Fuente: Elaboración propia.



González-Fuentes, J. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Benavides-Mendoza, A., Charles-Rodríguez, A. V., & Robledo-Olivo, A. (2023). Characterization of *Sargassum* spp. from the Mexican Caribbean and Its Valorization through Fermentation Process. *Processes*, 11(3), 685. <https://doi.org/10.3390/pr11030685>

[4] Panwong, S., Phinyo, K., Duangjan, K., Sattayawat, P., Pekkoh, J., Tragoolpua, Y., Yenchitsomanus, P., & Panya, A. (2024). Inhibition of dengue virus infection in vitro by fucoidan and polysaccharide extract from marine alga *Sargassum* spp. *International Journal of Biological Macromolecules*, 276, 133496. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133496>

[5] Paredes-Camacho, R. M., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., Rodríguez-Jasso, R. M.,

González-Fuentes, J. A., & Charles-Rodríguez, A. V. (2024). Evaluation of the Fermented Extract of *Sargassum* spp., for the Biostimulation in the Germination of Tomato Seeds and Seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24(3), 4856–4867. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01877-9>

[6] Abdool-Ghany, A. A., Blare, T., & Solo-Gabriele, H. M. (2023). Assessment of *Sargassum* spp. management strategies in southeast Florida. *Resources Conservation & Recycling Advances*, 19, 200175. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200175>

[7] Méndez-Covarrubias, J. G., Solís-Hernández, L. F., Peña-Montes, C., & Peralta-Peláez, L. A. (2023). Aplicación del *Sargassum* sp. para la producción de vermicomposta utilizando lombriz de tierra, *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). *Revista Ambiens Techné Et Scientia México* (Vol. 11, Issue 2, pp. 287–288).

[8] Martínez-Cano, M., Dorantes-Acosta, A. E., Lara-González, R., Salgado-Hernández, E., & Ortiz-Ceballos, A. I. (2024). Effect of sargassum on the behavior and survival of the earthworm *Eisenia fetida*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 113(3). <https://doi.org/10.1007/s00128-024-03935-5>

[9] Lopez-Miranda, J. L., Elizalde-Mata, A., Esparza, R., & Estevez, M. (2025). Study of *Sargassum* spp. as a biosorbent material for the elimination of contaminants dissolved in water. *MRS Advances*. <https://doi.org/10.1557/s43580-025-01169-z>

hasta un medicamento con potencial antiviral, la biotecnología llega al rescate con estrategias novedosas. Aunque aún existen limitantes por superar, la investigación y el desarrollo de nuevas estrategias biotecnológicas podrían marcar el inicio del fin de las invasiones del sargazo. ¿Podrá la biotecnología ser clave para resolver el problema del sargazo en el futuro? ¿tú que piensas? **iBIO**

Referencias

- [1] Salgado-Hernández, E., Ortiz-Ceballos, Á. I., Alvarado-Lassman, A., Martínez Hernández, S., Dorantes-Acosta, A. E., & Rosas-Mendoza, E. S. (2024). Adaptation of a microbial consortium to pelagic *Sargassum* modifies its taxonomic and functional profile that improves biomethane potential. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(43), 55169–55186. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34853-y>
- [2] Aparicio, E., Rodríguez-Jasso, R. M., Pinales-Márquez, C. D., Loredó-Treviño, A., Robledo-Olivo, A., Aguilar, C. N., Kostas, E. T., & Ruiz, H. A. (2021). High-pressure technology for *Sargassum* spp biomass pretreatment and fractionation in the third generation of bioethanol production. *Bioresource Technology*, 329, 124935. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124935>
- [3] Paredes-Camacho, R. M., González-Morales, S.,