

Marco A. Domínguez-Aguilar, Luis Felipe Ramírez-Verduzco y Norma Icoquih Zapata-Peñasco

El sargazo: un problema que puede convertirse en oportunidad para el Caribe mexicano

Resumen

En este artículo se presenta una visión más optimista del uso y procesamiento del sargazo. Revisa los aspectos de acumulación, naturaleza, composición y su transformación en productos de valor como el bioetanol y el biogás. Sugiere el inicio de una política sólida para el manejo del sargazo y llama a la conciencia de la gente para proteger el medio ambiente del calentamiento global.

Abstract

This article presents a more optimistic perspective on the use and processing of sargassum. It reviews aspects regarding its accumulation, nature, and composition, as well as its transformation into value-added products such as bioethanol and biogas. It advocates for the implementation of a robust policy for sargassum management and calls for public awareness regarding the protection of the environment from global warming.

El sargazo es un tipo de alga marina que, en los últimos años, ha llamado la atención tanto en la academia como en la sociedad mexicana debido al problema que ha ocasionado en el Caribe ([Figura 1](#)).

Desde que se registró su llegada masiva en 2011, este fenómeno ha preocupado, pero también ha abierto puertas a nuevas oportunidades tecnológicas y de valorización. Aquí te contamos qué es el sargazo, cómo afecta al medio ambiente y qué soluciones tecnológicas se están desarrollando para aprovecharlo y reducir su impacto en las costas mexicanas ([Figura 2](#)).

¿Qué es el sargazo y por qué es un problema?

Existen dos especies principales de sargazo: *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans* ([Figura 3](#)), presentes en el Mar de los Sargazos y en el Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico (GASB, por sus siglas en inglés). *Sargassum natans* tiene tallos largos

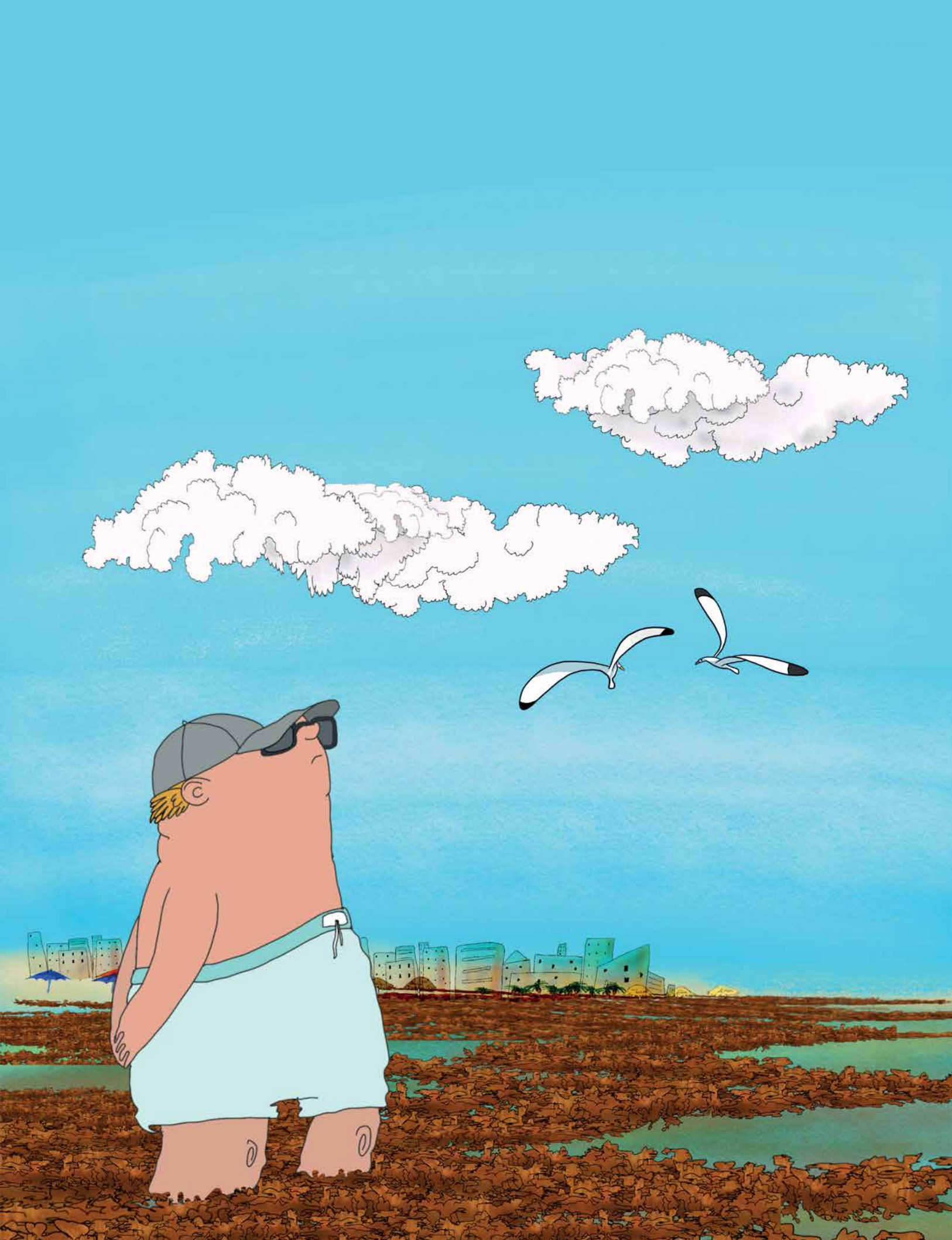




Figura 1. Imagen inédita registrada en Cancún, México (2023), donde se observa la acumulación masiva de sargazo en la zona costera. Fotografía cortesía de L. N. Mónica Contreras.

y hojas angostas, mientras que *Sargassum fluitans* presenta tallos cortos y hojas anchas. Ambas especies dependen de vesículas de aire para flotar, que se consideran estructuras importantes, pues hacen

posibles los eventos de arribo de sargazo en el Caribe, el Golfo de México y el Atlántico. Este sargazo flotante ofrece refugio, alimento y áreas de reproducción para diversas especies marinas, extendiéndose tanto en aguas poco profundas como en arrecifes y en mar abierto. El problema es que, en los últimos años, el sargazo arriba en grandes cantidades a las costas del Caribe, lo que está generando graves problemas para el medio ambiente y para la economía local. Desde 2013, se ha convertido en un problema constante en lugares como Tulum y Cancún, donde afecta a la biodiversidad y el turismo.

La llegada masiva de sargazo se ha incrementado debido a varios factores. El aumento de la temperatura del mar por el cambio climático, sumado a la deforestación del Amazonas y el uso excesivo de fertilizantes para actividades agrícolas, han provocado que lleguen más nutrientes –como nitrógeno y fósforo– al océano, lo que, junto con las corrientes oceánicas más fuertes, ha creado el ambiente propicio para que el sargazo se desarrolle en mayores densidades en el Atlántico tropical formando un cinturón mucho más poblado que viaja hasta nuestras costas.

■ ■ ■ **Impacto ambiental del sargazo**

■ El sargazo acumulado en las playas no sólo es desagradable a la vista, sino que también tiene con-

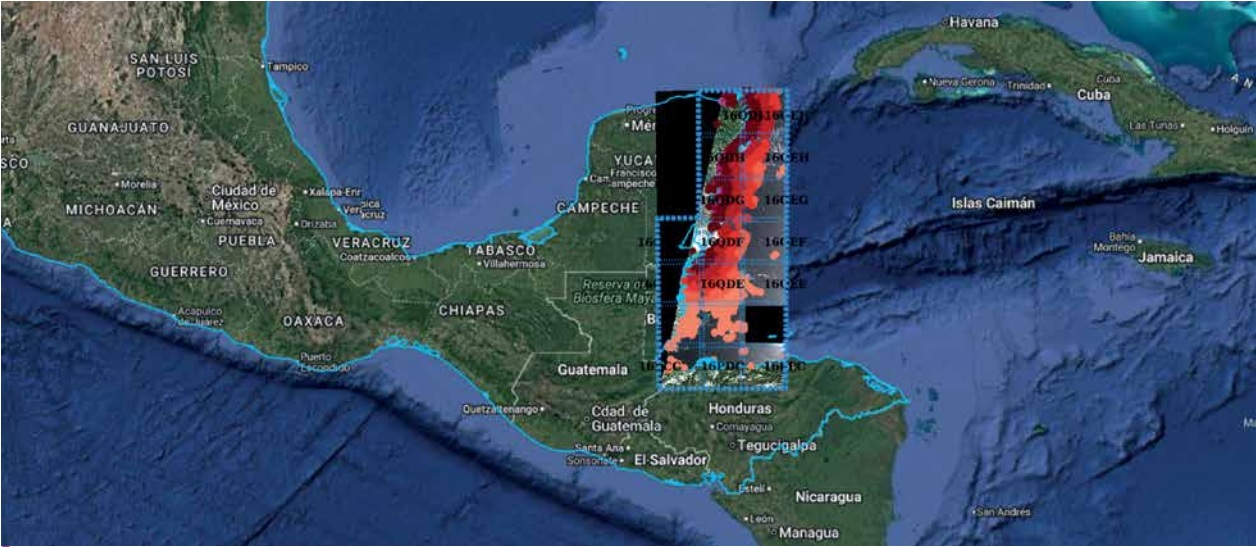


Figura 2. Mapa que muestra las principales áreas de afectación y acumulación de sargazo en el Caribe mexicano con más de 20 000 toneladas registradas.

Diferencias entre especies de sargazo

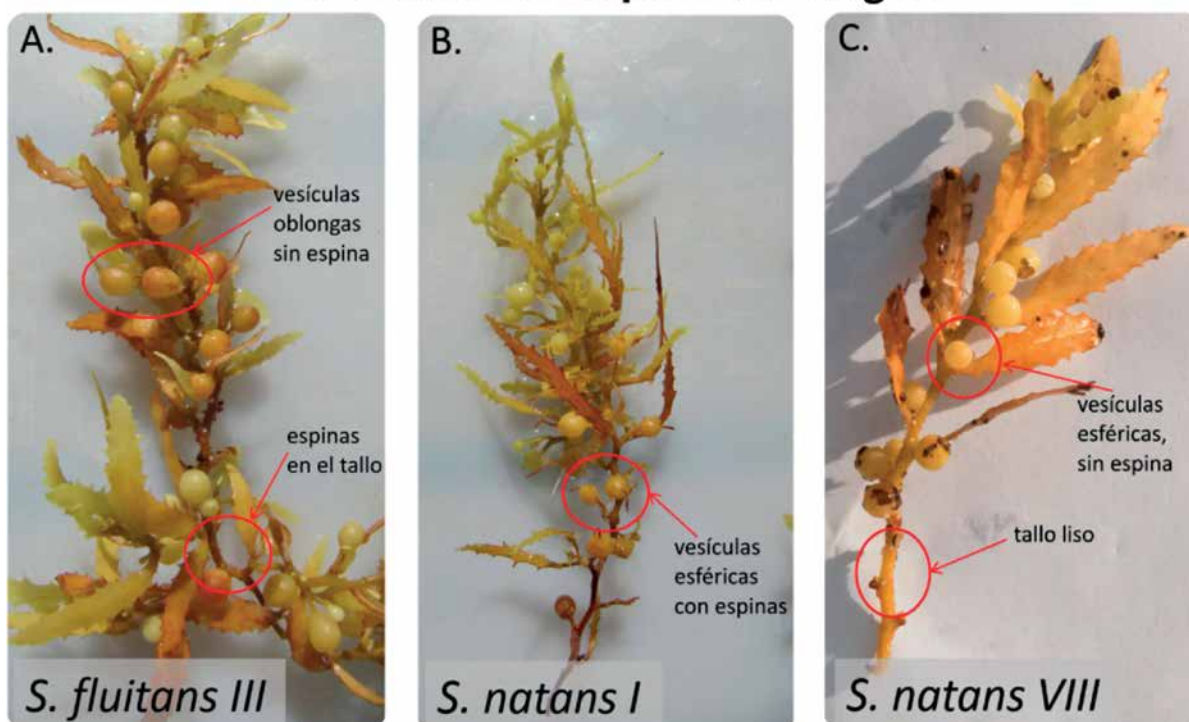


Figura 3. Diferencias morfológicas entre las dos especies pelágicas de sargazo, *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*.

secuencias graves para el medio ambiente. Cuando cubre grandes áreas del mar, bloquea la luz del sol y evita que las plantas marinas realicen la fotosíntesis, lo que pone en riesgo la vida marina (Aldana y cols., 2024). Además, durante el proceso de descomposición del sargazo se liberan gases tóxicos –como el ácido sulfhídrico– que puede contaminar el aire y el agua, lo que afecta la salud de las personas.

En cuanto a su composición, además de glucosa, el sargazo tiene otros azúcares fermentables, como manitol, xilosa, ramnosa, fucosa y galactosa, y ácidos urónicos. Todos estos compuestos pueden ser aprovechados por microorganismos para producir biocombustibles y otros productos de valor comercial (Flores-Contreras y cols., 2023). La composición básica del sargazo se muestra en la **Figura 4**.

El sargazo está constituido principalmente de agua y polisacáridos, los cuales suministran la glucosa para su procesamiento en biocombustibles y otros productos como proteínas, grasas, vitaminas y metabolitos. Los polisacáridos representan la estructura química de los carbohidratos complejos, mientras que la fibra

es una categoría funcional y nutricional que agrupa a dichos polisacáridos –junto con otros compuestos como la lignina– que resisten la digestión enzimática en el sistema digestivo humano y animal.

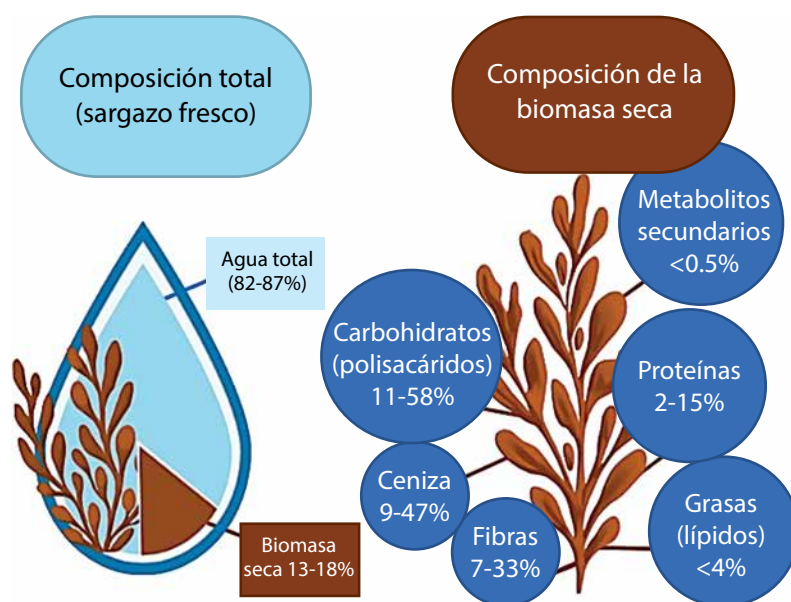


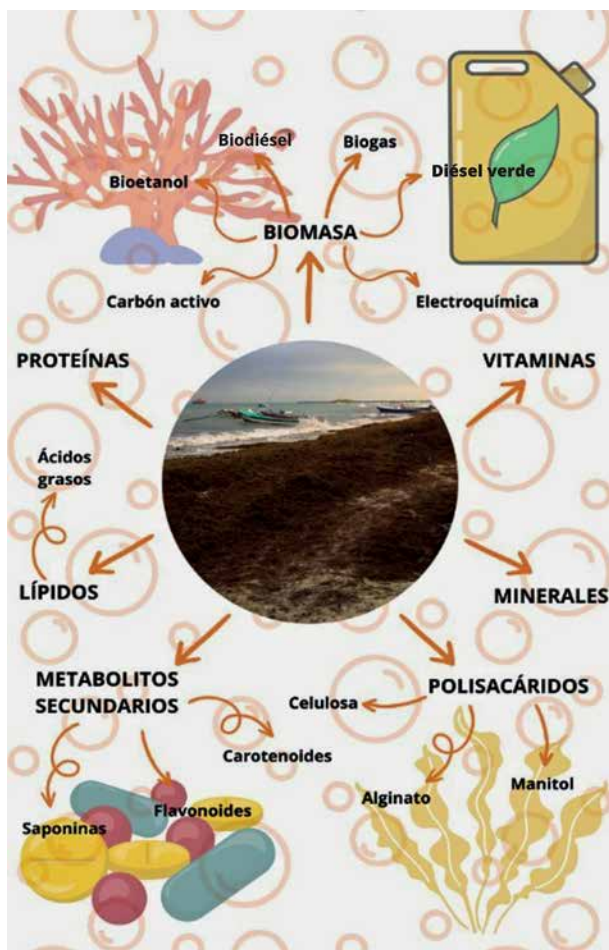
Figura 4. Composición química básica del sargazo.

La **Figura 5** muestra la amplia gama de los productos derivados del sargazo y destaca su valor para diversas industrias. Entre éstos se encuentran polisacáridos como el alginato, utilizados en alimentos y fármacos; metabolitos secundarios con propiedades medicinales, así como lípidos y minerales que aportan nutrientes; además de proteínas y vitaminas beneficiosas para la nutrición. También se investiga su potencial para producir biocombustibles y aprovecharlos como recursos energéticos sostenibles.

El sargazo también puede acumular microplásticos en las áreas costeras, lo que intensifica la contaminación. Eliminar de manera eficiente el sargazo que llega a las playas puede ayudar a combatir la contaminación por plásticos en los ambientes marinos, y constituir por tanto una estrategia de mitigación prometedora en este sentido (Aldana y cols., 2024).

Para mitigar esta problemática, la Secretaría de Marina de México ha estado recolectando sargazo. Sólo en 2022 colectó más de 52 000 toneladas; pero estas actividades exigen costos económicos altos y un gran esfuerzo, y aunque es necesario, no es suficiente para frenar el problema de raíz.

Aún enfrentamos grandes retos tecnológicos y biotecnológicos. Por ejemplo, para procesar el sargazo, primero hay que secarlo y molerlo. El sargazo fresco tiene hasta 87 % de agua, por lo que secarlo consume mucha energía y es costoso económicamente. Por otro lado, el sargazo guarda sales y metales pesados en su biomasa que pueden afectar a los microorganismos que se emplean en los procesos de fermentación. Actualmente, los científicos están desarrollando pretratamientos con ácidos suaves, enzimas y microorganismos especializados que degradan la macroalga sin dañar los azúcares que contiene el sargazo. La investigación actual incluye la aplicación de biorreactores de alta presión, ultrasonido y microondas para romper las paredes celulares del sargazo, pero aún falta hacer más asequibles estos procesos para que sean viables a gran escala.



Digestión anaerobia

Proceso biológico en ausencia de oxígeno en que microorganismos degradan materia orgánica dentro de un reactor cerrado, transformándola en biogás, que es una fuente de energía renovable rica en metano, y digestato, residuo estabilizado con alto valor fertilizante.

Figura 5. Esquema de la gama de productos de valor comercial que pueden obtenerse de los componentes del sargazo.

¿Cómo podemos aprovechar el sargazo?

No todo son malas noticias. Investigadores han estado buscando formas de aprovechar el sargazo. Se ha estudiado la posibilidad de usarlo como materia prima para producir biocombustibles, madera plástica y productos para las industrias química y alimentaria (Tulashie y cols., 2024). Por ejemplo, se puede convertir en bioetanol y biogás (**Figuras 6 y 7**), lo que sería un paso importante tanto para el medio ambiente como para la economía.

Cuando el sargazo se descompone en las playas, apesta y contamina, pero si lo capturamos antes de que llegue a la costa y lo transportamos a tierra firme, lo secamos y lo metemos en un biorreactor cerrado, sin oxígeno, y lo dejamos con microorganismos que lo pueden degradar, ocurre el bioproceso de la **digestión anaerobia**. Estos microorganismos rompen la materia orgánica de la macroalga y se obtiene como producto biogás, que está compuesto principalmente por metano (como el gas natural que usamos

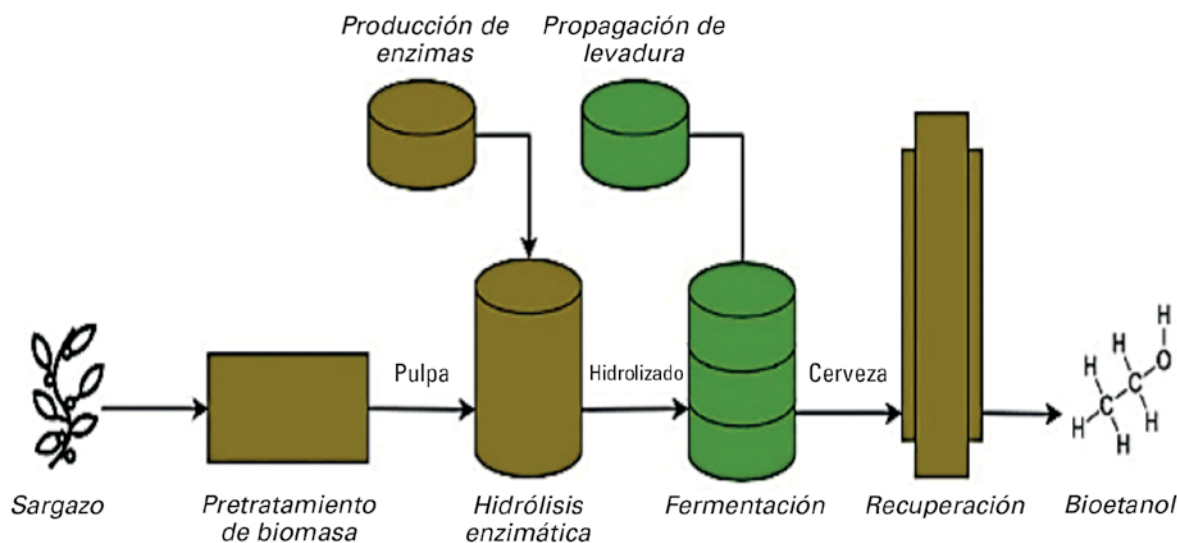


Figura 6. Ruta tecnológica del bioproceso de digestión anaerobia para la producción de bioetanol a partir de sargazo.

comúnmente) y dióxido de carbono. Este proceso no huele mal, no contamina y ofrece energía limpia que se puede usar para cocinar, generar electricidad e incluso para mover vehículos. El problema es que el sargazo tiene metales pesados que, en ocasiones, intoxican a los microorganismos responsables de su degradación. Por esta razón, los científicos están buscando microorganismos resistentes y están mezclando sargazo con otros residuos para mejorar su biodegradación. El residuo que queda de este bioproceso anaerobio se llama digestato y es un excelente abono para enriquecer suelos para la agricultura. Así que de un problema ambiental, se puede obtener

energía, biofertilizante y empleos locales, lo que incentiva la economía circular (López-Aguilar y cols., 2025). Si logramos aprovechar el sargazo y valorizarlo, no sólo reduciremos su acumulación en las costas, sino que también podríamos generar empleo y mejorar la economía local. Eso sí, para que esto funcione se requiere infraestructura adecuada para recolectarlo, procesarlo y comercializarlo.

Impacto social y económico del sargazo

La llegada masiva de sargazo ha golpeado fuertemente a las comunidades costeras. En lugares turísticos

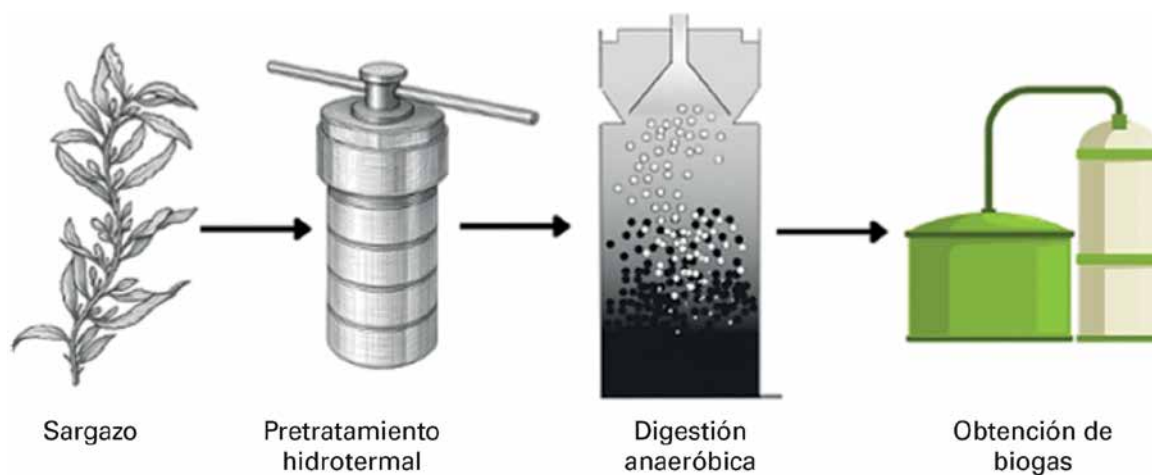


Figura 7. Ruta tecnológica del bioproceso de digestión anaerobia para la producción de biogás a partir de sargazo.

como Cancún y Tulum se han reportado pérdidas económicas enormes debido a la baja asistencia de visitantes, ya que los turistas prefieren evitar playas llenas de sargazo. Esto afecta directamente a los negocios locales que dependen de esta industria.

Esta situación ha incentivado la innovación. Científicos y emprendedores están trabajando en proyectos para convertir el sargazo en algo útil, desde biocombustibles hasta productos sostenibles. El sargazo tiene el potencial de convertirse en una fuente de ingresos en lugar de ser sólo un problema (Orozco-González y cols., 2022).

Mirando al futuro: de la crisis ambiental a la economía circular en el Caribe

El futuro del sargazo en el Caribe mexicano no tiene por qué ser apocalíptico. Hoy sabemos que esta macroalga puede convertirse en biocombustibles, como el bioetanol y el biogás, en plásticos biodegradables, biofertilizantes, alimentos para animales y medicinas. No obstante, para lograrlo a gran escala se requiere de tecnología para recolectar el sargazo a un bajo costo y basada en una logística inteligente

antes de que arribe a las playas; asimismo, se necesitan plantas de procesamiento locales que generen empleos seguros y eviten el transporte del sargazo a largas distancias, de modo que se pueda tratar en donde tiene efectos ambientales adversos. Este esquema estaría completo si se integran las políticas públicas pertinentes con instrumentos legales capaces de financiar la investigación y proporcionar incentivos a empresas con etiquetas verdes en sus procesos.

En un sentido técnico y científico, hay información importante para abordar el manejo del sargazo y generar bioproductos de alto valor comercial, sólo resta que los gobiernos, científicos y empresarios se unan para buscar soluciones sostenibles y se integren en un plan de desarrollo. Es crucial que se implementen políticas públicas que apoyen la recolección y el manejo del sargazo, y que se promuevan la educación y la concientización sobre su impacto. La colaboración entre los sectores público y privado, así como la participación de la comunidad, serán esenciales para enfrentar este reto de manera efectiva y sostenible. Si esto se logra, el sargazo dejará de ser una pesadilla para el turismo y podría convertirse en la base de una economía circular, limpia y próspera para el Caribe mexicano (Moncada y cols., 2016).

Para reflexionar

A primera vista, la llegada masiva de sargazo a las costas del Caribe mexicano representa una grave crisis ambiental. Sin embargo, gracias a los avances en la ciencia y la tecnología, este fenómeno también puede transformarse en una valiosa oportunidad de desarrollo. Es fundamental continuar explorando el potencial de esta macroalga como recurso natural renovable. Por medio del trabajo colaborativo entre comunidades, gobiernos y científicos es posible convertir el sargazo en un aliado estratégico para construir un futuro sustentable en la región. Por el contrario, ignorar esta problemática traerá consecuencias críticas para la biodiversidad marina, el equilibrio de los ecosistemas y la salud pública (Figura 8). Este desafío local está conectado con la salud de todo el planeta. Actualmente, la humanidad lucha por frenar el aumento de la temperatura global

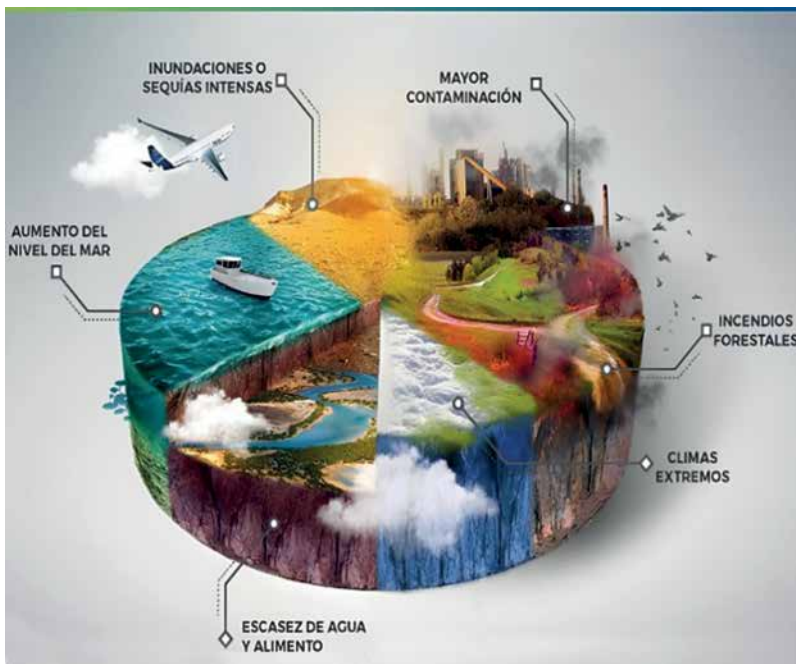


Figura 8. Esquema de las consecuencias ambientales por exceso de gases de efecto invernadero (CO_2 , NO_x , SO_x , etc.), las cuales se tornarían catastróficas por el aumento de la temperatura en el medio ambiente.

por debajo del límite de los 1.5 °C, establecido en el Acuerdo de París de 2016. Aunque el calentamiento actual altera el clima mundial –provocando sequías, inundaciones y cambios en la rotación de la Tierra por el deshielo de los polos–, la crisis del sargazo nos ofrece una oportunidad única para actuar. Al transformar esta macroalga en biocombustibles y bioproductos ecológicos, demostramos que la innovación a través de la aplicación del conocimiento puede ayudar a sanar los océanos. El sargazo no tiene que ser el fin de nuestras playas, puede ser el inicio de una nueva era de energía limpia, resiliencia y armonía con la naturaleza.

Marco A. Domínguez-Aguilar

Dirección de Investigación del Instituto Mexicano del Petróleo.
madoming@imp.mx

Luis Felipe Ramírez-Verduzco

Dirección de Investigación del Instituto Mexicano del Petróleo.
lframir@imp.mx

Norma Icoquih Zapata-Peñasco

Dirección de Investigación del Instituto Mexicano del Petróleo.
izapata@imp.mx



Referencias específicas

- Aldana Arana, D., T. P. Gil Cortés, V. Castillo Escalante y R. E. Rodríguez-Martínez (2024), “Pelagic *Sargassum* as a potential vector for microplastics into coastal ecosystems”, *Phycology*, 4(1):139-152. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/phycology4010008>.
- Flores-Contreras, E. A., R. G. Araujo, A. A. Rodríguez-Aguayo, M. Guzmán-Román, J. C. García-Venegas et al. (2023), “Polysaccharides from the *Sargassum* and Brown Algae Genus: extraction, purification, and their potential therapeutic applications”, *Plants*, 12(13):2445. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants12132445>.
- Govindarajan, A. F., L. Cooney, K. Whittaker, D. Bloch, R. M. Burdorf et al. (2019), “The distribution and mitochondrial genotype of the hydroid *Aglaophenia latecarinata* is correlated with its pelagic *Sargassum* substrate type in the tropical and subtropical western Atlantic Ocean”, *PeerJ*, 7:e7814. Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.7814>.
- López-Aguilar, H. A., A. Pérez-Hernández, D. Quiroz-Cardoza, M. de R. Peralta-Pérez, F. J. Zavala-Díaz de la Serna et al. (2025), “Biogas production and evaluation of the potential of sargassum digestate as an agricultural substrate”, *Resources*, 14(10):160. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/resources14100160>.
- Moncada, J., V. Aristizábal y C. A. Cardona (2016), “Design strategies for sustainable biorefineries”, *Biochemical Engineering Journal*, 116:122-134. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.06.009>.
- Orozco-González, J. G., F. Amador-Castro, A. R. Gordillo-Sierra, T. García-Cayuela, H. S. Alper et al. (2022), “Opportunities surrounding the use of *Sargassum* biomass as precursor of biogas, bioethanol, and biodiesel production”, *Frontiers in Marine Science*, 8. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.791054>.
- Tulashie, S. K., C. Akonnor Osei, R. Kwofie, M. O. Olorunyomi, H. Attagba et al. (2024), “The potential production of biofuel from *Sargassum* sp.: turning the waste catastrophe into an opportunity”, *Biofuels*, 15(7):849-863. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17597269.2024.2306008>.