

Rosa M. Leal Bautista, Raúl Tapia Tussell y Liliana Alzate Gaviria

Usos potenciales del sargazo

Los usos del sargazo son múltiples y van desde la acuicultura, composta y generación de biocombustibles, hasta extracciones especializadas que han mostrado potencial para la obtención de alginatos y antioxidantes; sin embargo, las aplicaciones de esta alga deben analizarse con cautela, debido a su capacidad de acumular metales tóxicos.

Las arribaciones de sargazo

El sargazo pelágico de macroalgas flotantes es reconocido como un ecosistema fundamental que funciona como área de refugio y alimentación para muchas especies, tales como peces, crustáceos y tortugas. En el mar de los Sargazos se forman inmensas extensiones flotantes, las cuales se constituyen principalmente de dos especies: *Sargassum natans* y *S. fluitans*. Estas macroalgas presentan pequeñas vejigas llenas de gas que les permiten flotar, hasta que se les incrustan tantos organismos que ocasionan su hundimiento después de aproximadamente un año.

El análisis de imágenes satelitales de 2002 a 2008 reveló que las esteras flotantes de sargazo se originan en el noroeste del Golfo de México cada primavera, probablemente alimentadas por los nutrientes del río Misisipi, y son exportadas al mar de los Sargazos durante los meses de verano. Sin embargo, después de 2011, varios informes señalaron nuevas acumulaciones inusuales de sargazo en áreas del Caribe donde nunca se habían visto. Las imágenes de satélite procesadas para visualizar la distribución del sargazo entre 2000 y 2010 muestran una cantidad mínima, con esteras ocasionales que aparecían en la desembocadura del río Amazonas entre agosto y octubre y se movían hacia el norte con la corriente de Brasil. Pero fue a partir de 2011 que varias toneladas de algas alteraron la ecología de las aguas poco profundas, las actividades de navegación y la gran industria turística del Caribe.







En México, el gobierno federal asignó \$3.2 millones de dólares para la limpieza y extracción de sargazo en 2015, aun cuando la cantidad de algas marinas excedió la capacidad de extracción. A lo largo de estos años, el exceso de sargazo en las costas del Caribe ha estado **eutroficando** las aguas, lo cual genera impactos incuantificables a la fecha. Asimismo, los sistemas arrecifales costeros y la biodiversidad asociada a ellos se están viendo afectados; se ha registrado un incremento en la muerte de organismos después de que el sargazo causó eventos en los cuales las concentraciones de oxígeno bajaron de forma dramática (Rodríguez-Martínez y cols., 2019).

Las aguas superficiales ecuatoriales del Caribe y el Atlántico Occidental han sido históricamente **oligotróficas**; no obstante, en los últimos 30 años se han presentado diferentes factores que modifican y promueven el crecimiento de fitoplancton. Se

presume que desde 2011, los desbordamientos del Amazonas suscitaron la floración masiva de sargazo; las mayores inundaciones registradas en dicho río ocurrieron durante 2009, 2011, 2012, 2014 y 2015. Coincidentemente, en julio de 2015 la biomasa media mensual de sargazo flotante que se dirigía hacia el Caribe desde el Atlántico Occidental se estimó en más de 4 millones de toneladas.

Las especies de sargazo

En un estudio acerca de la composición taxonómica del sargazo en el Caribe mexicano se han reportado 12 especies de *Chlorophyta*, 14 de *Phaeophyceae* y 14 de *Rhodophyta* en las arribazones de Punta Cancún y Puerto Morelos; el taxón más abundante fue el género *Sargassum*, con 7 especies. Estas algas tienen

Eutroficar
Proceso de alteración de un cuerpo acuático, originado por la acumulación de nutrientes, con afectaciones para las poblaciones acuáticas, así como el balance de oxígeno en el cuerpo de agua.

Oligotróficas
Cuerpo de agua que es pobre en nutrientes, permite el paso de luz y tiene una presencia escasa de organismos acuáticos.



una talla macroscópica (de 10 a más de 40 cm), mientras que las de tallas pequeñas van de algunos micrómetros hasta 6 cm y son, por lo general, **epifitas** de las anteriores. Asimismo, son fuente de agar y de alginatos, tienen propiedades antibióticas y son útiles como biofertilizante (Cid y González, 1991).

Las arribazones en Punta Cancún y Puerto Morelos se presentan todo el año en intensidades cambiantes, pero con dos incrementos de alta diversidad alrededor de los meses de julio-agosto y octubre-noviembre. De las 40 especies encontradas, 25 son de tallas grandes y susceptibles de ser explotadas, mientras que 14 son pequeñas y más difíciles de usar; 22 son estacionales y 15 son perennes. Para la época en que comienza la temporada ciclónica, grandes cantidades de sargazo entran en la zona económica exclusiva mexicana y, al encontrarse cerca del litoral, son dispersadas por las contracorrientes y depositadas

finalmente en las playas a lo largo de todo el litoral de Quintana Roo.

■ El sargazo como fuente de energía

■ Existen diversos procesos de generación de energía que aprovechan como materia prima la biomasa, la cual puede consistir en restos de comida, restos de jardinería, huertos y vegetales de mercados. Uno de estos procesos se basa en la fermentación microbiana en ausencia de oxígeno, de la cual se obtiene una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como biogás, además de una suspensión acuosa (tipo lodo) que contiene los microorganismos responsables del proceso de degradación de la biomasa. En 2012, Juliette Langlois y colaboradores concluyeron que las macroalgas marinas podrían servir para la producción

de este biocombustible. En ese sentido, es importante saber qué tanto se puede degradar el sargazo para poder llevarlo a un proceso de generación de energía. Sin embargo, para evaluar el potencial del *Sargassum* como generador de biogás, es necesario estudiar la presencia de múltiples componentes, como sulfatos, cloruro de sodio y metales pesados, así como el contenido nutricional, ya que podrían actuar como inhibidores de la digestión anaerobia (Nkemka y Murto, 2010; Thompson y cols., 2020).

Con el objetivo de aprovechar el sargazo que se ha acumulado en las costas de Yucatán y el Caribe mexicano, los investigadores de la Unidad de Energía Renovable del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) desarrollaron una metodología para producir biogás a partir de estas macroalgas, en combinación con un hongo nativo de la región y un inóculo bacteriano (Tapia-Tussell y cols., 2018). Dicho proceso ha obtenido un rendimiento de 104 litros de metano por kilogramo de sólido volátil de sargazo (véase la Figura 1).

◀ Epifitas

Plantas que pasan al menos una fase de su vida creciendo sobre otra planta y pueden rápidamente extenderse hacia otras; un ejemplo clásico son los musgos que crecen sobre los árboles.



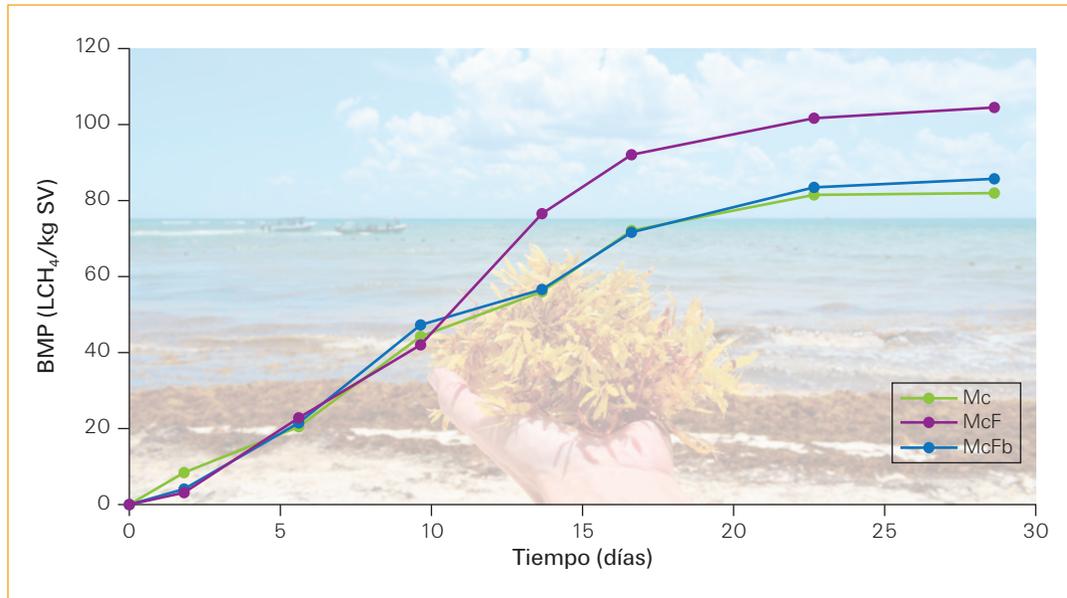


Figura 1. Producción acumulada de gas metano en la digestión anaeróbica del consorcio de macroalga mediante el empleo de dos pretratamientos. Mc: consorcio de macroalga control; McF: consorcio de macroalga más hongo nativo; McFb: consorcio de macroalga más extracto crudo.

¿El sargazo es tóxico?

Las posibles aplicaciones de estas macroalgas deben ser analizadas con cautela, debido a la capacidad que tienen de acumular metales tóxicos. El término *biosorción* se refiere a la capacidad de cierto material biológico para unirse por absorción o adsorción a los metales tóxicos. Precisamente, las algas pardas presentan la capacidad de absorber metales como plomo, cobre, cadmio, cromo y zinc. Entre este tipo de algas, el género *Sargassum* destaca por su capacidad de acumulación de metales, ya que su pared celular es rica en polisacáridos (azúcares), que son sitios donde se acumulan los metales.

Para garantizar que la biomasa algal no contenga elementos tóxicos que puedan introducirse en la cadena alimentaria o al ambiente, se debe evaluar la concentración de metales en el sargazo. A partir de las muestras de *S. natans* y *S. fluitans* colectadas en la zona de playa de Puerto Morelos se identificó la presencia de zinc, cadmio, cobre, aluminio, arsénico, níquel, bario y boro; además, en el lixiviado del sargazo se detectó zinc, cobre, aluminio, arsénico, níquel, bario y boro (véase la Figura 2).

El proceso de fermentación de estas macroalgas podría satisfacer actualmente dos necesidades im-



Figura 2. Lixiviado generado de sargazo colectado en playas de Puerto Morelos, mayo de 2019.

portantes: a) la mitigación de los efectos eutróficos; y b) la producción de energía renovable. Por ello, la cosecha y la conversión de esta biomasa macroalgal es conveniente para aquellos países que tienen costas extensas o ambientes eutróficos (Migliorie y cols., 2012).

Agradecimientos: Adán Caballero Vázquez, Gilberto Acosta González, Daniela Ortega Camacho y Jorge Domínguez Maldonado.

Rosa M. Leal Bautista

Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
rleal@cicy.mx

Raúl Tapia Tussell

Unidad de Energía Renovable, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
rtapia@cicy.mx

Liliana Alzate Gaviria

Unidad de Energía Renovable, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
lag@cicy.mx



Referencias específicas

- Cid, L. M. y A. C. M. González (1991), "Algas marinas benthicas de la isla Cozumel, Quintana Roo, México", *Acta Botánica Mexicana*, 16:57-87.
- Langlois, J., J.-F. Sassi, G. Jard, J.-P. Steyer, J.-P. Delgenes y A. Hélias (2012), "Life cycle assessment of biomethane from offshore-cultivated seaweed", *Biofuel. Bioprod. Bior.*, 6:387-404.
- Migliore, G., C. Alisi, A. R. Sprocati, E. Massi, R. Ciccoli, M. Lenzi, A. Wang y C. Creminis (2012), "Anaerobic Digestion of Macroalgal Biomass and Sediments Sourced from the Orbetello Lagoon, Italy", *Biomass. Bioenerg.*, 42:69-77.
- Nkemka, V. N. y M. Murto (2010), "Evaluation of biogas production from seaweed in batch tests and in UASB reactors combined with the removal of heavy metals", *Journal of Environmental Management*, 91(7):1573-1579.
- Rodríguez-Martínez, R. E., A. E. Medina-Valmaseda, P. Blanchon, L. V. Monroy-Velázquez, A. Almazán-Becerril, B. Delgado-Pech y M. C. García-Rivas (2019), "Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum", *Marine Pollution Bulletin*, 146: 201-205.
- Tapia-Tussell R., J. Ávila-Arias, J. Domínguez Maldonado, D. Valero, E. Olguín-Maciél, D. Pérez-Brito y L. Alzate-Gaviria (2018), "Biological Pretreatment of Mexican Caribbean Macroalgae Consortia Using Bm-2 Strain (*Trametes hirsuta*) and Its Enzymatic Broth to Improve Biomethane Potential", *Energies*, 11(3):494.
- Thompson T., B. R. Young y S. Baroutian (2020), "Efficiency of hydrothermal pretreatment on the anaerobic digestion of pelagic *Sargassum* for biogas and fertilizer recovery", *Fuel*, 279:118527. Disponible en: <doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118527>, consultado el 21 de septiembre de 2020.