

Arribazón de sargazo pelágico: ¿utilidad o problema para la agricultura local?^φ

Adrian Alejandro Espinosa-Antón^{1*}, Rey Jesús León Ferrer²,
Nelson Javier Ramirez-Linares²

Introducción

Las arribazones son eventos periódicos caracterizados por la llegada masiva y acumulación de macroalgas, y otros organismos marinos, en zonas litorales. En estas arribazones, materia viva o muerta (biomasa) es depositada en playas, lagunas costeras y estuarios. Las arribazones ocurren por una combinación de la dirección de las corrientes marinas y de fenómenos meteorológicos como los vientos alisos o huracanes (Castillo y Dreckmann 1995). En general, la biomasa de arribazón puede estar compuesta por una o varias especies dominantes de organismos, razón por la cual reciben el nombre de monoespecífica o poliespecífica, respectivamente (Dreckmann y Senties 2013).

Las macroalgas que llegan por arribazón a la costa pueden tener un origen béntico o pelágico. En el primer caso, surgen del desprendimiento desde el fondo del mar y en el segundo caso, se originan de aquellas que se mantienen en la superficie del agua durante todo su ciclo de vida (Ortegón-Aznar y Ávila-Mosqueda 2020). Los eventos de arribazón de macroalgas marinas más documentados en las zonas costeras y playas del Mar Caribe son los del sargazo pelágico, mismos que en los últimos años han representado una problemática ambiental, económica y social para esta región geográfica, debido a su incremento en frecuencia e intensidad (Thompson *et al.* 2020).

^φ ¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Calle Ramón Padilla Sánchez 2100, Col. Nextipac, Zapopan, 45110, Jalisco, México.

²Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Departamento de Acuicultura, Núcleo Nueva Esparta, Universidad de Oriente. Calle principal de Boca del Río, Boca del Río, Península de Macanao, Venezuela. *Autor para la correspondencia: aeanton9407@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5360>



Estas arribazones masivas depositan grandes cantidades de biomasa pero su valor de uso es subestimado por las comunidades costeras al consideralas basura playera (Dreckmann y Senties 2013). El objetivo de este trabajo es describir el uso potencial del sargazo de arribazón como recurso natural alternativo para la obtención de productos para la agricultura local.

¿Qué son las macroalgas marinas y a qué se le llama sargazo?

El término “macroalgas marinas” es una expresión que incluye a varios organismos marinos de formas y tamaños variables de hasta 50 m de longitud. Las macroalgas marinas, a diferencia de los pastos marinos (plantas vasculares sumergidas), carecen de hojas, tallos, raíces y tejidos vasculares o de conducción y son la base de las cadenas alimentarias en los ecosistemas marinos por fotosintetizar (Barsanti y Gaultieri 2014). Este proceso depende de la presencia de pigmentos en las macroalgas (clorofilas, carotenos y xantofilas), que a su vez proveen coloraciones que han permitido agruparlas en tres grandes grupos taxonómicos o divisiones: Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas rojas) y Ochrophyta, Clase Phaeophyceae (algas cafés o pardas) (Ortegón-Aznar y Ávila-Mosqueda 2020).

La población humana costera llama “sargazo” a todas las macroalgas y pasto marino que se depositan en la playa (Dreckmann y Senties 2013). Sin embargo, ya que las macroalgas pardas del género *Sargassum* C. Agardh son las más comunes en las arribazones, se usa el nombre genérico de manera coloquial (Castillo y Dreckmann 1995). Por lo tanto, desde una perspectiva científica “sargazo” se refiere exclusivamente a especies de macroalgas pardas del género *Sargassum* (Fig. 1).



Figura 1. Sargazo pelágico. **A)** fragmento del talo donde se destacan dentro de círculos las estructuras de flotación (aerocistos) y **B)** biomasa de arribazón en una playa en el Caribe mexicano. Fuente: <https://www.algaebase.org>

¿Qué es el sargazo pelágico y de dónde procede?

En el Mar Caribe, las especies de sargazo “pelágico” asociadas a los arribazones masivos son *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen y *Sargassum natans* (L.) Gaillon (López *et al.* 2021). El término “pelágico” significa que las macroalgas transcurren todo su ciclo de vida flotando (debido a la presencia de estructuras de flotación en forma de vesículas denominadas aerocistos) en la superficie del mar en lugar de estar fijadas al fondo marino (Fig. 1) (Ortegón-Aznar y Ávila-Mosqueda 2020). Además, se reproducen de manera asexual por fragmentación del talo, lo cual permite incrementar rápidamente su biomasa (9–20 días) bajo condiciones adecuadas de disponibilidad de nutrientes, pH, salinidad y temperatura (Hanisak y Samuel 1987).

El sargazo flotante forma masas en mar abierto (en ocasiones denominadas tapetes o parches) que han sido observadas históricamente en una extensa zona del Atlántico Central Tropical, ubicado entre las costas de las Antillas y del norte de África, conocido como “Mar de los Sargazos”. De hecho, una de las primeras referencias a esta zona aparece en el diario de Cristóbal Colón durante su primer viaje a Américas en 1492 (Torres-Conde y Martínez-Daranas 2020).

Entre 2011 y 2018, se registró un crecimiento sostenido de sargazo pelágico en superficie de ocupación (aproximadamente de 3 000 km²) en la Región de Recirculación del Noreste del Ecuador (NERR, por sus siglas en inglés) al sur del Océano Atlántico. Esta nueva zona de origen del sargazo pelágico es reconocida como el “Gran Cinturón de Sargazo” con una biomasa estimada de 20 millones de toneladas (García-Sánchez *et al.* 2020). Su formación es el resultado de la combinación de procesos oceanográficos, como los cambios de temperatura en el océano y el exceso de nutrientes inorgánicos en el mar (denominado eutrofización) que provienen de los ríos Congo, Amazonas y Orinoco, así como del polvo del Sahara y de las aguas contaminadas del Caribe (Torres-Conde y Martínez-Daranas 2020).

“Los eventos de arribazón de macroalgas marinas más documentados en las zonas costeras y playas del Mar Caribe son los del sargazo pelágico.”

¿Cuáles son los impactos de las arribazones de sargazo pelágico?

La afluencia masiva del sargazo pelágico en las costas del Mar Caribe ha provocado daños ambientales, económicos y sociales importantes. Por ejemplo, se ha reportado el impacto negativo en la anidación de tortugas marinas, así como en la estructura y abundancia de las comunidades bénticas (pastos marinos y arrecifes coralinos) como resultado de las condiciones de baja disponibilidad de oxígeno y baja luminosidad que traen consigo los grandes volúmenes flotantes de sargazo (Torres-Conde y Martínez-Daranas 2020). También, la descomposición del sargazo genera enormes cantidades de compuestos inorgánicos (nitratos, fosfatos y

metales pesados) que pueden introducirse por lixiviación en el ecosistema costero o en los acuíferos cercanos, promoviendo su contaminación (López *et al.* 2021).

Las arribazones de sargazo han provocado pérdidas económicas significativas en varios países del Caribe, donde el turismo de sol y playa es una fuente de ingresos primarios, debido a que impiden el acceso al área de baño y reducen la belleza del paisaje (Ortegón-Aznar y Ávila-Mosqueda 2020). Desde el punto de vista social, la descomposición del sargazo libera gases de ácido sulfhídrico (H_2S) y de metano (CH_4) que afectan la calidad del aire y la salud humana (García-Sánchez *et al.* 2020).

Una mirada a la composición química del sargazo pelágico

El contenido de humedad en la biomasa del sargazo puede oscilar entre el 82-87% y entre 8,19-18,8% en masa fresca y seca, respectivamente. Además, su composición química incluye principalmente carbohidratos (11-59%), cenizas (9-47%) y fibras (7-33%), y en menor proporción proteínas (2-15%) y lípidos (<4%) (Desrochers *et al.* 2020). Otros compuestos bioquímicos identificados incluyen vitaminas (A, B₁, B₂, B₃, B₉, B₁₂, C y E), pigmentos (carotenoides y xantofilas), aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, reguladores del crecimiento vegetal (auxinas, giberelinas y citoquininas) y metabolitos secundarios (compuestos fenólicos, saponinas, alcaloides y terpenos) (Mukherjee y Patel 2020; Tonon *et al.* 2022). Sin embargo, la composición química de estas macroalgas puede variar en función de las especies, estado fisiológico de los individuos, sitio de cosecha, época del año y condiciones del hábitat (Thompson *et al.* 2020; Tonon *et al.* 2022).

ISSN 2007 - 431 *“El contenido de humedad en la biomasa del sargazo puede oscilar entre el 82-87% y entre 8,19-18,8% en masa fresca y seca, respectivamente.”*

Del mar al campo: usos del sargazo pelágico en el cultivo de plantas

Debido a la disponibilidad de biomasa y a la composición química del sargazo pelágico, existe un interés creciente en su uso como fuente alternativa de productos para la agricultura, tales como: 1) biofertilizantes, 2) bioestimulantes, y 3) mejoradores de suelo (López *et al.* 2021). Los fertilizantes orgánicos son productos de origen biológico que proporcionan a las plantas los nutrientes (por ejemplo, N, P, K, Mg y Ca) necesarios para su desarrollo (Thompson *et al.* 2020). Por su parte, los bioestimulantes son sustancias o microorganismos beneficiosos que al aplicarse a las plantas o la rizosfera mejoran sus procesos fisiológicos y metabólicos y promueven características agronómicas deseables en los cultivos, independientemente de su contenido en nutrientes (Mukherjee y Patel 2020). Los mejoradores de suelo modifican favorablemente las condiciones físicas, químicas y/o biológicas del suelo permitiendo el desarrollo óptimo de los cultivos (Michalak y Chojnacka 2013).

En general, el uso de productos obtenidos del sargazo pelágico para el cultivo de plantas de interés económico ha demostrado tener efectos favorables. Por ejemplo, estimulan la germinación de las semillas y el vigor de las plántulas, promueven el crecimiento y desarrollo vegetal, incrementan la productividad de los cultivos y mejoran la calidad nutricional del producto cosechable (Kumari *et al.* 2013; Williams y Feagin 2010; López *et al.* 2021). Así mismo, pueden reforzar los mecanismos de defensa de las plantas cultivadas ante condiciones de estrés biótico (enfermedades y plagas) y estrés abiótico (sequía, salinidad y altas temperaturas) (Mukherjee y Patel 2020; Sariñana-Aldaco *et al.* 2021).

La biomasa del sargazo pelágico en su estado natural, es decir, cosechada en fresco o secada y molida hasta obtener un polvo o harina, constituye una forma de empleo primaria y de bajo costo que puede destinarse a la agricultura local. En este sentido, Desrochers *et al.* (2020) afirman que la biomasa del alga libera más lento su contenido de nitrógeno que los fertilizantes orgánicos de granja (estiércol y compostas). También, se han registrado beneficios en la fertilidad del suelo cuando se aplica la biomasa cruda del sargazo, tales como: 1) estimulación de la actividad de los microorganismos benéficos, aumentando la disponibilidad de nutrientes y creando un entorno favorable para el desarrollo radicular; (2) mejor aireación, capacidad de retención de agua y textura del suelo, debido al aporte de materia orgánica y (3) aporte de nutrientes inorgánicos que suelen ser deficientes en el ciclo del cultivo como resultado de la pérdida por lluvias intensas o la erosión del suelo (Kumari *et al.* 2013; Thompson *et al.* 2020).

Por otro lado, el compostaje ha sido una de las prácticas más comunes en la transformación de la biomasa del sargazo con fines agrícolas. Este proceso consiste en la utilización y conversión natural de residuos orgánicos en condiciones aerobias (es decir, en presencia de oxígeno) mediante la actividad de microorganismos (Sembera *et al.* 2018). En este sentido, varias iniciativas se han desarrollado en República Dominicana y Martinica para mejorar la calidad de la composta elaborada a partir del sargazo, mezclando su biomasa con residuos orgánicos de origen vegetal (co-compostaje) (Desrochers *et al.* 2020). Entre las ventajas que tiene el uso de la composta de sargazo se encuentran: 1) permite el empleo de grandes volúmenes de biomasa y su reducción durante el proceso de compostaje; 2) el compost obtenido se puede almacenar y trasladar a zonas alejadas de la costa; 3) no requiere tecnologías costosas ni complejas y 4) posee excelentes propiedades como mejorador de suelo (Michalak y Chojnacka 2013; Sembera *et al.* 2018).

Otras de las estrategias promisorias para transformar la biomasa del sargazo de arribazón en productos de valor agregado para la agricultura es la obtención de extractos crudos o extractos enriquecidos en compuestos químicos de interés (López *et al.* 2021). Sin embargo, la presencia de una pared celular en las macroalgas representa una barrera física que limita los procesos de extracción. Por ende, los métodos extractivos para el procesamiento del sargazo se basan en diferentes técnicas de degradación de la pared celular que incluyen el uso de solventes (ácidos, bases o agua destilada), altas temperaturas y presiones (Mukherjee y Patel 2020).

En general, los extractos de macroalgas obtenidos por métodos basados en agua son los más económicos, amigables con el ambiente y eficaces en la recuperación a partir de la biomasa

del sargazo de elementos minerales y compuestos hidrosolubles con actividad estimulante del crecimiento vegetal (Ali *et al.* 2021). En este sentido, Sariñana-Aldaco *et al.* (2020) encontraron que la aplicación de extractos hidroalcohólicos del *Sargassum* en plantas de tomate mejoró significativamente características agronómicas en el cultivo, como la altura, el diámetro del tallo, el contenido de materia fresca y seca total. Además, en este estudio se encontró un aumento en el tejido de las plantas de tomate de compuestos bioquímicos como proteínas, glutatión, fenoles totales y flavonoides, los cuales están relacionados con la capacidad antioxidante. En varios países de América Central y el Caribe se han elaborado extractos comerciales a partir de la biomasa del sargazo de arribazón como productos naturales alternativos para reducir el uso de agroquímicos en la agricultura local (Fig. 2).



Figura 2. Ejemplos de extractos para uso agrícola obtenidos del sargazo de arribazón y comercializados por distintas empresas del Caribe. **A**, *Algas Organics* (Santa Lucía), **B**, *Red Diamond Compost* (Barbados), **C**, *Sargasso Organics* (Barbados), **D** y **E**, *Dianco* (México), **F**, *Alquimar* (México), **G-I**, *Salgax* (México) y **J**, *C-Combinator* (México). Fuente: elaboración de los autores para este manuscrito.

“Debido a la disponibilidad de biomasa y a la composición química del sargazo pelágico, existe un interés creciente en su uso como fuente alternativa de productos para la agricultura”.

Problemas y soluciones para el uso del sargazo pelágico en la agricultura

A pesar de los beneficios del sargazo de arribazón en la producción de cultivos agrícolas, existen consideraciones importantes que podrían limitar su uso como fuente de productos para la agricultura local. En general, las macroalgas marinas tienen la capacidad de absorber del ambiente marino sales minerales (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) y metales pesados (As, Pb, Hg, Se, Cr y Cd), que pueden acumularse a niveles perjudiciales para las plantas (Desrochers *et al.* 2020). Por ende, la aplicación frecuente o excesiva del sargazo de arribazón en el suelo, podría generar condiciones de salinidad y producir un estrés osmótico a los cultivos (Thompson *et al.* 2020). Sin embargo, el contenido de sales en la superficie de la macroalga se podría reducir mediante el lavado abundante con agua de grifo o de lluvia tras su cosecha en la costa. Así mismo, pausas intermitentes en la aplicación de su biomasa directa al suelo, permitiría que los periodos de lluvias reduzcan las cantidades excedentes de sales minerales introducidas a éste (Nabti *et al.* 2017).

Otras posibles soluciones para contrarrestar esta problemática, incluyen la aplicación de la biomasa del sargazo (en sus distintas variantes) en cultivos tolerantes a la salinidad o durante un periodo de tiempo que no sea crítico para el desarrollo de las plantas y la elaboración de extractos con fines agrícolas, en lugar de usar la biomasa entera (Williams y Feagin 2010; Michalak y Chojnacka 2013; Magnusson *et al.* 2016). Un estudio científico evaluó un total de 63 muestras de sargazo pelágico de agosto de 2018 a junio de 2019 en ocho localidades costeras del Caribe mexicano y encontró valores superiores a la concentración máxima permitida de arsénico (As) en los suelos destinados a la agricultura en México (Rodríguez-Martínez *et al.* 2020). Aunque no siempre los niveles de metales pesados en la biomasa del sargazo pelágico supera el máximo permisible para uso agrícola, es importante monitorear de forma rutinaria la presencia/concentración de estos elementos químicos antes de su aplicación en los cultivos. Además, es importante aclarar que varios de los metales pesados identificados en el sargazo son necesarios a bajas concentraciones para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas (Williams y Feagin 2010).

Otra de las problemáticas asociadas con el uso del sargazo pelágico en la agricultura es la producción de sulfuros durante su descomposición en condiciones anoxigénicas (es decir, ausencia de oxígeno) y que pueden oxidarse a sulfato por la actividad microbiana del suelo y generar un estado de acidificación debido al incremento de la concentración de protones (Nabti *et al.* 2017). Una estrategia para solucionar esta situación es el compostaje de la biomasa fresca acompañado de volteos periódicos de las pilas para airear y reducir la producción de compuestos sulfúricos tóxicos (Michalak y Chojnacka 2013). En general, estudios científicos

futuros son requeridos para profundizar en otras posibles limitaciones y soluciones para el uso del sargazo pelágico como fuente sostenible de bioproductos para la agricultura local.

Conclusiones

Las especies pelágicas del género *Sargassum* representan un recurso natural abundante y disponible en zona costera del Mar Caribe por su acumulación masiva por procesos oceanográficos y meteorológicos. Estas arribazones de sargazo representan una fuente de problemas ecológicos, económicos y sociales para las comunidades costeras pero, a su vez, constituyen una fuente de oportunidades para el desarrollo de la agricultura local debido a la disponibilidad de biomasa durante todo el año y la presencia de compuestos químicos de interés agrícola. En este sentido, se han desarrollado varias estrategias para utilizar el sargazo de arribazón en la producción de plantas cultivadas, tales como la obtención de compostas, abonos orgánicos y extractos líquidos que pueden actuar como biofertilizantes, bioestimulantes y mejoradores de suelos. Del mismo modo, se ha comprobado que su empleo en cultivos potencia varios procesos naturales, incluyendo la germinación de las semillas y vigor de las plántulas, el crecimiento y desarrollo vegetal, la fertilidad química y biológica del suelo, así como la protección de las plantas ante condiciones ambientales adversas. La biomasa de arribazón del sargazo pelágico puede ser una alternativa promisorio para la obtención de productos biodegradables, no tóxicos y seguros para los agroecosistemas, lo cuales pueden promover características agronómicas deseables en las plantas cultivadas.

Referencias

- ISSN 2007 - 431 X
- Ali O, Ramsubhag A y Jayaraman J. 2021. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants* 10(3): 531.
- Barsanti L y Gaultieri G. 2014. *Algae. Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. Second Edition. CRC Press. p. 344.
- Castillo A y Dreckmann K. 1995. Composición Taxonómica de las Arribazones algales en el Caribe Mexicano. *Cryptogamie Algologie* 16: 115-123.
- Desrochers A, Cox S, Oxenford H y van Tussenbroek B. 2020. *Sargassum Uses Guide: A Resource for Caribbean Researchers, Entrepreneurs and Policy Makers*. CERMES. University of the West Indies. Barbados. 172 pp.
- Dreckmann KM y Senties A. 2013. Los arribazones de algas marinas en el Caribe Mexicano: Evento biológico o basura en las playas. *Biodiversitas* 107: 7-11.
- García-Sánchez M, Masia L y Silva R. 2020. Massive Influx of Pelagic *Sargassum* spp. on the Coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: Challenges and Opportunities. *Water* 12: 1-24.
- Hanisak MD y Samuel MA. 1987. Growth rates in culture of several species of *Sargassum* from Florida, USA. *Hydrobiologia* 151: 399-404.

- Kumari R, Kaur I y Bhatnagar A. 2013. Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of Applied Phycology* 25(4): 1225-1235.
- López J, Celis L, Estévez M, Chávez V, Van Tussenbroek B, Uribe-Martínez A y Silva R. 2021. Commercial potential of pelagic *Sargassum* spp. in Mexico. *Frontiers in Marine Science* 8: 1-16.
- Magnusson M, Carl C, Mata L, de Nys R, Paul N. 2016. Seaweed salt from *Ulva*: A novel first step in a cascading biorefinery model. *Algal Research* 16: 308-316.
- Michalak I y Chojnacka K. 2013. Algal compost-toward sustainable fertilization, Review in *Inorganic Chemistry* 161.
- Mukherjee A y Patel J. 2020. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. *International Journal of Environmental Science and Technology* 17(1): 553-558.
- Nabti E, Jha B, Hartmann A. 2017. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology* 14: 1119-1134.
- Ortegón-Aznar I y Ávila-Mosqueda V. 2020. Arribazón de sargazo en la península de Yucatán: ¿Problema local, regional o mundial? *Bioagrociencias* 8(2): 28-37.
- Rodríguez-Martínez RE, Roy PD, Torrescano-Valle N, Cabanillas-Terán N, Carrillo Domínguez S, Collado-Vides L, García-Sánchez M, van Tussenbroek BI. 2020. Element concentrations in pelagic *Sargassum* along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ* 8: e8667.
- Sariñana-Aldaco O, Benavides-Mendoza A, Juárez-Maldonado A, Robledo-Olivo A, Rodríguez-Jasso R, Preciado-Rangel P y Gonzalez-Morales S. 2021. Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(2): e2814.
- Sempera J, Meier E, Waliczek T. 2018. Composting as an alternative management strategy for *Sargassum* drifts on coastlines. *Horticulture Technology* 28(1): 80-84.
- Thompson T, Young B y Baroutian S. 2020. Pelagic *Sargassum* for energy and fertiliser production in the Caribbean: A case study on Barbados. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 118: 1-12.
- Tonon T, Machado C, Webber M, Webber D, Smith J, Pilsbury A, Cicéron F, Herrera-Rodríguez L, Jiménez E y Suárez J. 2022. Biochemical and Elemental Composition of Pelagic *Sargassum* Biomass Harvested across the Caribbean. *Phycology* 2: 204-215.
- Torres-Conde EG y Martínez-Daranas B. 2020. Oceanographic and spatio-temporal analysis of pelagic *Sargassum* drifts in Playas del Este, La Habana, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 40(1): 47-66.
- Williams A, Feagin R. 2010. *Sargassum* as a natural solution to enhance dune plant growth. *Environmental Management* 46(5): 738-747

Espinosa-Antón AA, León Ferrer RJ, Ramirez-Linares NJ. 2024. Arribazón de sargazo pelágico: ¿utilidad o problema para la agricultura local? *Bioagrociencias* 17 (1):22-31.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5360>

