

El efecto del sargazo en el ecosistema arrecifal

Rosa Elisa Rodríguez-Martínez¹, Eric Jordán-Dahlgren¹, María del Carmen García-Rivas², Octavio Granados² y Miguel Ángel Diego³

¹Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto Morelos, Quintana Roo, México

²Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Puerto Morelos, Quintana Roo, México

³Facultad de Medicina, Departamento de Pediatría, Universidad de Miami, Miami, Florida, Estados Unidos

rosaer@cmarl.unam.mx

Introducción

Desde 2014, el Caribe mexicano comenzó a recibir cantidades atípicas de sargazo pelágico; situación que se intensificó a mediados de 2015, cuando se removieron de las playas ubicadas entre Cancún y Puerto Morelos, un promedio de 2,360 m³ km⁻¹ de sargazo durante el mes pico (mezclado con arena, pastos marinos y otras especies de algas), según Rodríguez Martínez *et al.*, 2016. En 2016 y 2017, el volumen de sargazo disminuyó; pero se incrementó nuevamente desde marzo de 2018 hasta septiembre de 2019, en el mes cumbre (mayo de 2018) se registró aproximadamente 8,793 m³ km⁻¹ en el mismo sector de costa (Rodríguez Martínez *et al.*, 2019).

La acumulación y descomposición de sargazo en las playas y costas ha provocado la mortalidad de pastizales marinos y fauna; y, además, su remoción, la erosión y compactación de playas. Las estrategias propuestas para su manejo incluyen instalaciones de barreras cerca de la costa, el uso de embarcaciones y bandas transportadoras, sitios de acopio designados y de disposición final, y el transporte regulado. Para solventar los costos de estas acciones, se requiere encontrar usos industriales que empleen grandes volúmenes de estas algas y elaborar un marco legal que dé certeza jurídica a los inversionistas y asegure un manejo adecuado.

Desarrollo

Las algas pardas del género *Sargassum* se distribuyen en zonas tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Se reconocen actualmente 361 especies, de las cuales todas son bénticas, excepto dos, que son pelágicas: *S. fuitans* y *S. natan* (Algaebase, 2020). Las pelágicas se esparcen por el crecimiento vegetativo de fragmentos y pueden llegar a formar agregaciones grandes, que son dispersadas o concentradas por la acción del viento y de las corrientes en la superficie del océano. Históricamente, la distribución de estas variedades pelágicas se centraba en el Mar de los Sargazos (Gower *et al.*, 2013; Franks *et al.*, 2016), donde conforman un ecosistema pelágico complejo con cientos de especies, incluyendo peces, crustáceos, moluscos, aves y tortugas marinas, entre otras. Ocasionalmente, masas aisladas del Mar de los Sargazos se desprendían y llegaban al Caribe, a través de los pasos entre Cuba, República Dominicana y Puerto Rico, y migraban hacia el oeste; una parte quedaba en la costa este de la Península de Yucatán y otra en el Golfo de México (Frazier *et al.*, 2013).

En 2011, la distribución y abundancia del sargazo pelágico cambió y comenzó a registrarse su afluencia masiva en las islas del Caribe oriental y en la costa oeste de África (Gower *et al.*, 2013). En 2012, también llegó de forma excesiva a la costa sur de Cuba (Moreira y Alfonso, 2013) y, desde mediados de 2014, al resto del Caribe (Gavio *et al.*, 2015), incluyendo a México (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016). Observaciones satelitales de las masas de sargazo y mediciones en campo, sugieren la formación de un «Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico», que frecuentemente se extiende desde el oeste de África hasta el Golfo de México (Wang *et al.*, 2019) y que en 2018 presentó la cobertura más alta, extendiéndose por más de 8,850 km, con una biomasa superior a 20 millones de toneladas en el mes de junio (Wang *et al.*, 2019).

El aumento en la biomasa del sargazo pelágico en el Atlántico se ha asociado con: a) un aumento en el aporte de nutrientes en la descarga de los ríos Amazonas y Congo, relacionada con la deforestación río arriba, b) cambios en las surgencias frente a la costa noroeste de África y en el océano abierto, c) cambios en la cantidad y/o en los patrones de dispersión del polvo del Sahara, por un

incremento en su desertificación, d) el aumento en la temperatura superficial del mar y e) vientos anómalos en los años 2009-2010, o el resultado de estas causas en conjunto (Lapointe *et al.*, 2014; Sissini *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2019; Johns *et al.*, 2020). El número de eventos de sargazo registrados en la última década en el Atlántico sugiere que estos constituirán un fenómeno recurrente, aunque su frecuencia y magnitud variarán entre años dependiendo de la población «semilla» durante el invierno y de los factores antes mencionados (Wang *et al.*, 2019).

En México, existe poca información sobre el volumen de sargazo que llega a la costa. Los reportes gubernamentales indican el que se recoge, lo cual refleja la capacidad de colecta en función de los recursos asignados; pero no es indicativo del volumen que arriba. Por ejemplo, en 2018 el gobierno de Quintana Roo reportó la remoción de 522,226 toneladas de sargazo, con un presupuesto de 322 millones de pesos, mientras que en 2019 el gobierno federal reportó 85,000 toneladas, con inversión de 52 millones de pesos (Espinoza y Li, 2020).

El único municipio en el que se ha llevado un registro más o menos preciso del volumen de sargazo que recalca en la playa es Puerto Morelos; allí el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) integraron una base de datos sobre el volumen removido mensualmente por hoteles y Servicios Públicos Municipales (SPM). Estos datos tienen algunas limitantes, la primera es que el sargazo se recoge de la playa frecuentemente con el uso de barredoras y maquinaria pesada, por lo que el volumen reportado puede incluir pastos marinos, otras especies de algas, basura y arena. Mediciones realizadas por la UNAM indican que entre el 56 y el 89 % de la capacidad total reportada puede corresponder a sargazo pelágico, con un promedio estimado de 74 %. La segunda es que el volumen de sargazo puede estar subestimado, ya que en ocasiones la cantidad que arriba supera la capacidad de colecta. La tercera consiste en que el retiro del material acumulado puede tomar varios días por lo que la compactación de este es variable, así como el grado de secado.

De acuerdo con la información recopilada en 2018, el volumen total de material removido por ocho hoteles y SPM en 6,35 km de playa en Puerto Morelos fue de 299,497 m³; los valores mayores se registraron entre febrero y septiembre con un promedio mensual de 5,371 ± 1,268 m³ km⁻¹ y mayo constituyó el mes pico (7,153 ± 10,846 m³ km⁻¹) (figura 1). En los meses de enero, octubre, noviembre y diciembre el volumen promedio mensual fue menor (1,349 ± 334 m³ km⁻¹).

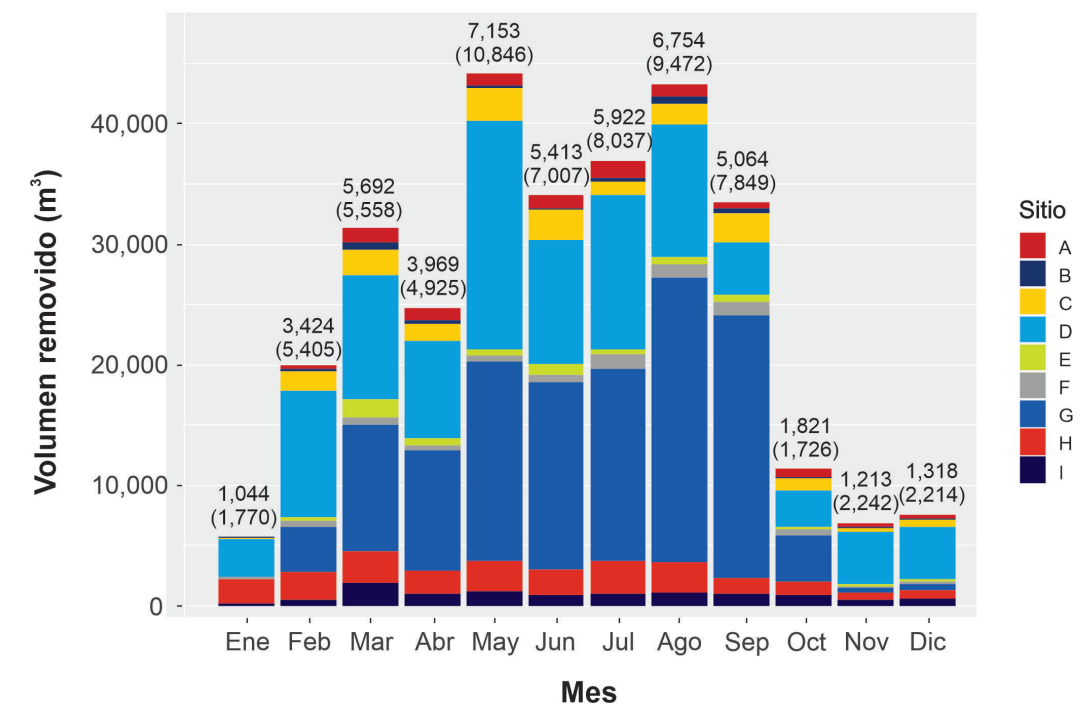


Figura 1. Volumen (m³) total mensual de sargazo pelágico (mezclado con arena, pastos y otras algas) recogido en 6,3 km de playas de Puerto Morelos en 2018. Los valores sobre las barras corresponden a la media por kilómetro de playa (± una desviación estándar).

Fuente: elaborado a partir de la base de datos sobre el arribo de sargazo pelágico de la UNAM y el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.

Efectos ecológicos

El arribo masivo de sargazo al Caribe mexicano provoca varios problemas a los ecosistemas costeros, a la economía y a la salud humana. Al quedar atrapado en la playa, el sargazo muere y cuando se concentra en grandes volúmenes, se producen gases y otras sustancias por lixiviación, que pueden resultar nocivos para la salud humana en altas concentraciones (p. ej. ácido sulfhídrico; Ministère des Solidarités et de la Santé, 2018). El mal olor y aspecto de la playa también afecta las actividades turísticas, por lo que los hoteles y el gobierno han recurrido al uso de maquinaria pesada para quitar el sargazo y esto, a su vez, ha provocado erosión y el compacto de playas y, en ocasiones, la destrucción de nidos y crías de tortugas marinas. Además, la disponibilidad inadecuada del sargazo ha provocado pérdida de la flora de la duna costera y daño a manglares. Adicionalmente, la acumulación masiva de sargazo sobre la línea de marea crea una barrera física, que puede medir más de un metro de alto y extenderse por cientos de metros, lo cual aumenta la reflexión del oleaje y provoca socavación de arena en su base.

Por otra parte, que se descomponga el sargazo en la playa produce gran cantidad de materia orgánica que, por acción del oleaje, llega al mar. Ello provoca que el agua se torne turbia y color café formando lo que se ha llamado «marea marrón del sargazo» (figura 2). Esta marea puede extenderse por cientos de metros, deteriorando la calidad del agua, al aumentar los niveles de nitratos, fosfatos, sulfuros y sales de amonio, y disminuir el paso de la luz y la concentración de oxígeno (Van Tussenbroek *et al.*, 2017; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2019).



Figura 2. Acumulación de sargazo en la playa y «marea marrón»

Fuente: Rosa Elisa Rodríguez Martínez

Desde 2015, se observó que la «marea marrón» provoca mortalidad de praderas de pastos marinos cerca de la playa (Van Tussenbroek *et al.*, 2017). En 2018, este fenómeno causó, además, mortalidad de fauna, principalmente peces, moluscos y crustáceos, incluyendo especies de importancia comercial, como la langosta y el pulpo (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2019). Ese mismo año, en el mes de mayo, los corales empezaron a verse afectados por una enfermedad letal, denominada «Síndrome Blanco», capaz de matar a las colonias en cuestión de semanas. Se desconoce si el sargazo tiene relación con esta epidemia, pero el deterioro de la calidad del agua, provocado por la «marea marrón», puede facilitar la proliferación de microbios y debilitar la resistencia de los corales y de otros organismos arrecifales, haciéndolos más susceptibles a enfermedades.

La mala disposición que se hace del sargazo en Quintana Roo, generalmente en antiguas sascaberas o en terrenos baldíos, tiene el riesgo potencial de contaminar el acuífero con nutrientes (p. ej. fósforo, nitrógeno), elementos tóxicos (como sales de arsénico) y sal, lo cual pone en riesgo el uso de la única fuente de agua dulce en la región. Además, una vez en el acuífero, estos contaminantes pueden llegar al mar y afectar aún más a los ecosistemas costeros. Estos elementos se suman a los aportados por miles de toneladas que han permanecido en las playas del Estado desde 2014, ya que los recursos y esfuerzos para retirarlo han sido limitados para el volumen que

llega. Si se extrapolan los datos registrados en Puerto Morelos al resto del estado, se estima que en 2018 se recogió menos del 10 % del sargazo que llegó y esto se hizo principalmente en zonas turísticas (en el norte del Estado) y en muchos casos por hoteleros con recursos propios. Hasta la fecha, se desconoce el impacto del sargazo en ecosistemas de manglar, caletas, bahías y acuífero.

Esfuerzos realizados para el manejo del sargazo

Se ha propuesto que el sargazo se recoja antes de su ingreso al Mar Caribe, o lejos de la costa del Caribe mexicano, pero esto requiere coordinación internacional y recursos económicos considerables, por lo que no se contempla que ocurra a corto plazo. Adicionalmente, el sargazo en estas zonas se puede encontrar aislado, formando hileras de menos de un metro de ancho, o parches que generalmente miden menos de un kilómetro (Ody *et al.*, 2019), por lo que sería difícil, demorado y costoso recogerlo con buques.

Por esta razón, algunas localidades han instalado barreras de contención o desviación de sargazo, a una distancia de la costa entre 50 y 100 m, que han sido relativamente exitosas. Antes de instalar alguna, sin embargo, deben analizarse las características del sitio, en términos de la geomorfología costera, la presencia de barreras arrecifales, la dirección y magnitud del oleaje cotidiano, los vientos dominantes, la corriente, la batimetría del fondo, el tipo de fondo marino y la presencia de estructuras naturales o artificiales (p. ej., muelles) de sujeción, entre otras. En general, se ha visto que las barreras sólidas no funcionan porque oponen una alta resistencia reflejando fallas estructurales, incluso en condiciones de viento inferiores a los 25 nudos, y que si se usan bloques de concreto como sistemas de anclaje (p. ej. muertos) puede provocar daños al pastizal marino.

Según la experiencia de Puerto Morelos, se recomienda usar este tipo de recurso para que permita el flujo de agua (tipo red o malla) y utilizar sistemas de anclaje tipo alcayata para fondos rocosos o tipo manta raya para fondos arenosos. No obstante, la durabilidad y eficacia de estas barreras se verá significativamente afectada en sitios expuestos a alta energía del oleaje. Igualmente es importante coordinar la instalación de las mismas entre predios contiguos para evitar «pasar el problema al vecino». Estas siempre deben estar acompañadas de estrategias que permitan la remoción del sargazo antes de que inicie su proceso de descomposición (< 48 horas), lo que incluye el uso de embarcaciones sargaceras o sistemas de bombeo en el mar, y de bandas transportadoras o manualmente, en la playa. Se debe considerar que aun colocando barreras es inevitable que cierta cantidad de sargazo llegue a la costa, al pasar por arriba (por acción del oleaje y vientos), por abajo (por la muerte y hundimiento del sargazo acumulado en la barrera), o por los canales para embarcaciones, en su caso. Por esta razón, los trabajos de limpieza en playa deben ser continuos, ya sea de forma manual o mecánica (cuando el volumen lo justifique).

Idealmente, cada municipio debiera contar con zonas en playa para el acopio temporal y carga del sargazo, el cual deberá transportarse a sitios de disposición final antes de que inicie su proceso de descomposición. Estos sitios deberán estar habilitados para evitar la contaminación del acuífero; por ejemplo, mediante la colocación de geomembranas y personal y maquinaria que extiendan el sargazo para favorecer un secado rápido (a fin de impedir la producción de gases) y posterior compactación; si el sargazo se extiende en capas de 20 cm de espesor su volumen disminuye cerca de 85 % en un mes.

Para que estos sitios funcionen adecuadamente deberán contar con recursos económicos y humanos suficientes para recibir y manejar grandes volúmenes durante varios meses al año. A fin de determinar su área, y los recursos económicos y humanos necesarios, es indispensable realizar un monitoreo del volumen de sargazo que llega mensualmente a cada municipio. También se debe regular su transporte, para evitar que los camiones lo tiren en ecosistemas altamente sensibles, como la selva y el manglar, o en zonas urbanas, como terrenos baldíos y camellones. Los sitios de disposición final deberían ser utilizados hasta que se construyan plantas industriales para el uso de estas algas, ya que su operación es costosa.

El manejo sustentable del sargazo requiere del desarrollo de industrias que lo empleen en grandes volúmenes. Se analiza la factibilidad de usarlo en las industrias alimenticia, farmacéutica, textil, energética y del papel. Sin embargo, para que pueda utilizarse, existen algunas limitaciones, como la presencia de elementos tóxicos (p. ej. sales de arsénico), que pueden llegar a encontrarse en concentraciones mayores a las permitidas para su uso en las industrias alimenticia y farmacéutica (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2020). Actualmente, se analizan procedimientos para remover los elementos tóxicos del sargazo, pero se debe considerar también el costo-beneficio para determinar la viabilidad de su uso industrial. Otra alternativa es mezclar el sargazo con resinas para producir materiales, como bloques para la edificación, tapas de registros y de coladeras, y muebles para jardín.

Aunque existen otras posibilidades de uso industrial, para lograr el éxito es necesario considerar la incertidumbre sobre los volúmenes que arribarán a lo largo de un año dado y entre varios, lo que requiere de dos acciones principales: a) estudiar el comportamiento

ecológico del sargazo pelágico, a fin de poder hacer predicciones útiles, lo que implica un gran esfuerzo científico multidisciplinario, y b) desarrollar técnicas para almacenarlo cuando su abundancia sea excesiva. Otra limitante, desde el punto de vista industrial y comercial, es que México carece de un marco legal que dé certeza jurídica a los inversionistas y que asegure un manejo adecuado del sargazo.

Conclusiones

El sargazo pelágico ha llegado en cantidades masivas al Caribe mexicano, desde finales de 2014; el año pico fue 2018. Su periodicidad sugiere que este fenómeno será recurrente, por lo menos a corto plazo; aunque su frecuencia y magnitud serán variables entre los años. La acumulación y descomposición de sargazo en las costas daña a los ecosistemas y a la industria turística y la mala disposición podría contaminar el acuífero. Las estrategias de manejo utilizadas hasta la fecha incluyen la instalación de barreras cerca de la costa, y la remoción del sargazo con barcos, bombas, bandas y maquinaria en la playa. Aún está pendiente habilitar sitios de acopio y disposición final y regular el transporte, para evitar la inadecuada disposición.

Para lograr un manejo sustentable se requieren soluciones a fin de encontrar usos industriales que puedan disponer de grandes volúmenes de sargazo. La presencia de elementos tóxicos en altas concentraciones, como el arsénico, puede limitar su uso en algunas industrias. Es indispensable la elaboración de un marco legal que regule las actividades antes mencionadas, incluyendo el uso del sargazo; una vez elaborado, se debe supervisar su implementación. Además, se requiere aumentar esfuerzos de manejo de sargazo en zonas no turísticas y con ecosistemas en buen estado de conservación.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo e información aportada por el Arq. Carlos Gosselin, el Protocolo Puerto Morelos A.C., la Biól. Verónica Ramos, los biólogos Antonio Ortiz, Gerardo Castañeda y Horacio Ocampo, los ingenieros Antonio Lazcano, Alejandro de Luna Prieto y Rolando Chávez (DESMI), y las señoras Imelda Juárez y Lucía Paredes. Las mediciones de la composición del material recogido de las playas fueron realizadas por Altair Gómez.

Bibliografía

- Algaebase (2020). https://www.algaebase.org/search/genus/detail/?tc=accept&genus_id=77&-session=abv4:AC1F0F3E07e-402C57EwpE051903A. Fecha de consulta: 23 de marzo de 2020.
- spinoza, L. A., & Li, J. J. (2020). El riesgo del sargazo para la economía y turismo de Quintana Roo y México. *BBVA Research*, 20, 2-33. https://www.bbvaesearch.com/wp-content/uploads/2020/02/Riesgo_Sargazo_Big_Data.pdf
- ranks, J. S., Johnson, D. R., & Ko, D. S. (2016). Pelagic sargassum in the tropical North Atlantic. *Gulf and Caribbean Research*, 27(1), SC6-SC11. DOI: 10.18785/gcr.2701.08
- Frazier, J., Webster, R., Linton, T., & Hill, B. N. (2013). The use of satellite imagery in the monitoring and forecasting of Sargassum seaweed in the Caribbean Phase II of the Sargassum Early Advisory System. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (December, Vol. 2013, pp. ED51B-0609).
- Massive quantities of pelagic Sargassum on the shores of San Andres Island, Southwestern Caribbean. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 239-241. DOI: 10.15446/abc.v20n1.46109.
- ower, J., Young, E., & King, S. (2013). Satellite images suggest a new Sargassum source region in 2011. *Remote Sensing Letters*, 4(8), 764-773. DOI: 10.1080/2150704X.2013.796433
- Johns, E. M., Lumpkin, R., Putman, N. F., Smith, R. H., Muller-Karger, F. E., Rueda-Roa, D. T., ... & Werner, F. E. (2020). The establishment of a pelagic Sargassum population in the tropical Atlantic: biological consequences of a basin-scale long distance dispersal event. *Progress in Oceanography*, 182, 102269. DOI: 10.1016/j.pocean.2020.102269

apointe, B. E., West, L. E., Sutton, T. T., & Hu, C. (2014). Ryther revisited: nutrient excretions by fishes enhance productivity of pelagic Sargassum in the western North Atlantic Ocean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 458, 46-56. DOI: 10.1016/j.jembe.2014.05.002

Ministère des Solidarités et de la Santé. (2018). Echouages des algues Sargasses Actualisation des recommandations sanitaires et des mesures de gestion- <https://solidarites-sante.gouv.fr/actualites/presse/communiqués-de-presse/article/echouages-des-algues-sargasses-actualisation-des-recommandations-sanitaires-et> (Fecha de consulta: 24 de marzo de 2020).

Moreira, Á., Alfonso, G. (2014). Inusual arribazón de Sargassum fluitans (Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba/Unusual drift of Sargassum fluitans (Børgesen) Børgesen in the southern-central coast of Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 33(2): 17-20. ISSN:1991-6086

Ody, A., Thibaut, T., Berline, L., Changeux, T., André, J. M., Chevalier, C., ... & Ménard, F. (2019). From In Situ to satellite observations of pelagic Sargassum distribution and aggregation in the Tropical North Atlantic Ocean. *PLoS One*, 14(9), e0222584. *et al.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222584>

Rodríguez-Martínez, R. E., Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L. V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., ... & García-Rivas, M. C. (2019). Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201-205. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.06.015

Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B., & Jordán-Dahlgren, E. (2016). Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014–2015). *Florecimientos Algaes Nocivos en México*. Ensenada: CICESE, 352.

Rodríguez-Martínez, R. E., Roy, P. D., Torrescano-Valle, N., Cabanillas-Terán, N., Carrillo-Domínguez, S., Collado-Vides, L., ... & van Tussenbroek, B. I. (2020). Element concentrations in pelagic Sargassum along the Mexican Caribbean coast in 2018-2019. *PeerJ*, 8, e8667. DOI: 10.7717/peerj.8667

issini, M. N., de Barros Barreto, M. B. B., Széchy, M. T. M., de Lucena, M. B., Oliveira, M. C., Gower, J., ... & Horta, P. A. (2017). The floating Sargassum (Phaeophyceae) of the South Atlantic Ocean—likely scenarios. *Phycologia*, 56(3), 321-328. DOI: 10.2216/16-92.1

Van Tussenbroek, B. I., Arana, H. A. H., Rodríguez-Martínez, R. E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H. M., González-Godoy, C. E., ... & Collado-Vides, L. (2017). Severe impacts of brown tides caused by Sargassum spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine pollution bulletin*, 122(1-2), 272-281. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.057

ang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, 365(6448), 83-87. DOI: 10.1126/science.aaw7912