

Arencibia-Carballo, G, Irañeta Batallán, J.M., Morell, J., Moreira González, A.R., 2020. Arribazones de *Sargassum* en la costa norte occidental de Cuba. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático* 2(1): 19-30. doi 10.26359/52462.0220



Arribazones de *Sargassum* en la costa norte occidental de Cuba

Massive beaching *Sargassum* on the north coast of Cuba

*Gustavo Arencibia-Carballo¹, José Manuel Irañeta Batallán²,
Julio Morell³ y Ángel R. Moreira González⁴*

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP)
Calle 246 No. 503 e./ 5ta y Mar Santa fe. CP 19100
Playa, La Habana. Cuba.
garen04@gmail.com

² Instituto de Meteorología (InsMet)
Apartado 17032. CP 11700. Habana 17
La Habana. Cuba.

³ University of Puerto Rico at Mayagüez. UPRM
Department of Marine Sciences.

⁴ Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC).
Carretera a Castillo de Jagua, Km 1 y ½, AP. 5
Ciudad Nuclear, CP. 59350, Cienfuegos, Cuba.

* autor de correspondencia: garen04@gmail.com

doi 10.26359/52462.0220

Recibido 08/enero/2020. Aceptado 14/julio/2020

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Edgar Mendoza Franco

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

Las arribazones de macroalgas pelágicas del género de *Sargassum* en el mar Caribe representan en la actualidad un problema de origen natural muy grande por su impacto negativo sobre la industria turística, pesquera, el medio ambiente y la sociedad en general. Este trabajo presenta un reporte de arribazón de *Sargassum* ocurrida en la costa norte occidental del archipiélago cubano en el mes de marzo de 2019. Las especies de macroalgas identificadas en la zona de marea fueron *Sargassum fluitans* y *S. natans*, y el área geográfica específica donde ocurrió el impacto por la arribazón fue desde el oeste de la bahía de Matanzas hasta la bahía del Mariel. Las arribazones de estas macroalgas se catalogaron con una magnitud moderadas en comparación con otros reportes en el Caribe Mexicano y en República Dominicana. Este orden de magnitud se catalogó con base a su área cubierta de 169.3 km y por su distribución a lo largo de la costa en parches grandes, pero muy fragmentados, a pesar de los vientos del primer cuadrante (del norte al este) predominantes durante este período. Se retoman y comentan otros eventos de este tipo reportados en Cuba y la región del Caribe.

Palabras claves: arribazones, impactos, mar Caribe, *Sargassum fluitans*, *Sargassum natans*, Cuba.

Abstract

The pelagic macroalgae finches of the *Sargassum* genus in the Caribbean Sea currently represent a very natural problem due to their negative impact on the tourism industry, fishing industry, the environment and society in general. This work presents an above report of *Sargassum* that occurred on the north western coast of the Cuban archipelago in March 2019. The macroalgae species identified in the tidal zone were *Sargassum fluitans* and *S. natans*, and the specific geographic area where the impact of the upheaval occurred was from the west of Matanzas bay to Mariel bay. The finches of these macroalgae were cataloged with a moderate magnitude compared to other reports in the Mexican Caribbean and in the Dominican Republic. This order of magnitude was cataloged based on its covered area of 169.3 km and its distribution along the coast in large patches, but very fragmented, despite the prevailing winds from the first quadrant (from north to east) during this period. Other events of this type reported in Cuba and the Caribbean region are taken up and discussed.

Keywords: Caribbean Sea, *Sargassum fluitans*, *Sargassum natans*, Cuba.



Introducción

Los parches de macroalgas sirven de hábitat y alimento para un gran número de especies marinas (Hoffmayer *et al.*, 2005; Witherington *et al.*, 2012, Pendleton *et al.*, 2014; Brooks *et al.*, 2018) como las tortugas (Boyle y Limpus, 2008, Azanza-Ricardo y Pérez-Martín, 2016), algunas especies costeras pez gatillo y gatos que dependen del ecosistema de *Sargassum* en sus etapas juveniles y adultos (Hallett, 2011) entre otras muchas especies. Estas algas funcionan además como trampas estabilizadoras de las arenas arrastradas por el viento (Colombini *et al.*, 2003); de esta manera actúan como elementos generadores del frente dunar. Cuando las macroalgas comienzan a descomponerse liberan nutrientes, que enriquecen además al ambiente costero, dado que los nutrientes que lixivian a través de la arena llegan finalmente al mar, fertilizándolo e influyendo y favoreciendo su productividad, y por ende influyendo a toda la pirámide trófica costera (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016), además es sabido que los sedimentos de playas en ocasiones son bajos en concentración de los nutrientes NKP (Van den Berg *et al.*, 2005) y esta descomposición de los *Sargassum* en playas puede favorecer otros procesos.

Sin embargo, la presencia de grandes mareas de *Sargassum* sp. en la región del mar Caribe ha ocurrido de manera sistemática y con periodicidad anual, desde hace 10 años aproximadamente (Wang y Hu, 2016), aunque en los últimos años las intensidades de estos eventos se han incrementado y reflejado en volúmenes mayores de estas macroalgas que causan daños a los ecosistemas marinos (van Tussenbroek *et al.*, 2017, Wang y Hu, 2017). La presencia de las macroalgas ha sido reportadas y discutidas ampliamente (Piña *et al.*, 2010; Moreira y Alfonso, 2013; Doyle y Franks, 2015; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016).

Las “mareas” de sargazo desde hace años, se están haciendo más frecuentes en la región del Caribe (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016; Wang y Hu, 2017; Brooks *et al.*, 2018), y esta situación se ha planteado puede estar condicionada por la deriva o mareas

de estas macroalgas pelágicas, direccionadas hacia el mar Caribe, debido a los pronunciados cambios de temperatura e incremento de tormentas tropicales, entre otros factores mencionados tales como el enriquecimiento de nutrientes del río Amazonas que incide en el mar de *Sargassum* en el Atlántico (Guimberteau *et al.*, 2016, van Tussenbroek *et al.*, 2017; <http://www.newsweek.com/2015/07/10/sargassumruining-beaches-texas-tobago-47735.html>), como causa de la fuente de *Sargassum* hacia el mar Caribe y el golfo de México, sin embargo tales hipótesis aún no se comprenden bien ni están categóricamente validadas y continúan los estudios (Djakouré *et al.*, 2017). Sin embargo, actualmente se realizan investigaciones que sugieren con un mayor fundamento que la fuente de *Sargassum* proviene de otras regiones al sur del Caribe (Johns *et al.*, 2020).

Investigaciones con técnicas satelitales desde 2012 han reportado grandes cantidades de *Sargassum* en las costas noroeste de Suramérica frente a las desembocaduras de los ríos Amazonas y Orinoco (Gower *et al.*, 2013; Hu *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2019), lo cual concuerda con los reportes de grandes aportes nutrientes (hierro y fósforo) contenidos en el polvo del Sahara que ingresan al mar Caribe y que son plenamente conocidos (Gower *et al.*, 2013; Moanga, 2015) y que debido al incremento de altas temperaturas desde 2012 (James Franks *et al.*, 2013, Rathe, 2019), pudiera ser otro factor influyente en este fenómeno. No obstante, las publicaciones refieren que aún se requieren estudios más detallados y profundos.

De igual manera en Cuba, tanto en la costa norte como en la sur, la presencia de *Sargassum* ha ocurrido y se ha reportado desde varios ángulos de observación por distintos autores (Moreira *et al.*, 2006; Piña *et al.*, 2010; Moreira y Alfonso, 2013; Torres Conde, 2019), e incluso desde la década del 90s se ha reportado presencia de *Sargassum* en arribazones (Gómez *et al.*, 1994; González, 1995; Zúñiga, 1996). Se han presentado arribazones de *Sargassum*



masivas y atípicas en las playas y costas del mar Caribe, y en menor medida, en el golfo de México (Moreira y Alfonso, 2013; Smetacek y Zingone, 2013; Torres-Conde y Martínez-Daranas, 2019).

Aun cuando se han sugerido diferentes usos y métodos de reducir el impacto económico dañino de estas grandes oleadas de *Sargassum* en los mares del Caribe insular y continental, la situación de las arribazones sigue constituyendo un problema sin solución, que como bien se ha señalado, no

requiere del interés y atención de un solo Estado, sino de toda la comunidad de los países con costas afectadas en la región (Moreira y Alfonso, 2013; Smetacek y Zingone, 2013; Torres-Conde y Martínez-Daranas, 2019).

El objetivo del presente estudio es describir y analizar el impacto de arribazones de *Sargassum* a la costa norte-occidental de Cuba y compararlo con eventos similares que han ocurrido en el archipiélago cubano durante el último quinquenio.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio evaluada en este trabajo comprendió el tramo costero entre la bahía de Mariel (provincia Artemisa) y el oeste de la bahía de Matanzas (provincia de igual nombre), localizado en el litoral norte occidental de Cuba (figura 1). Las arribazones de *Sargassum* se observaron entre todos los días comprendidos entre el 19 y 21 de marzo de 2019 con observaciones en la mañana (8:00-10:30 a.m.) y el final de la tarde (5:00- 6:00 p.m.).

Para conocer el comportamiento de las principales variables meteorológicas en el área de estudio

durante el período de arribazones (temperaturas extremas, dirección y fuerza de los vientos y precipitaciones), se tomaron como referencia los datos de las observaciones meteorológicas reportadas por la estación meteorológica de Casablanca (indicativo 78325, perteneciente al Instituto de Meteorología de Cuba), situada en el litoral de La Habana y, por ello, representativa de la zona en cuestión.

De igual forma se colectaron muestras de las macroalgas para un posterior análisis de contaminantes químicos, que pudieran estar asociados con las mareas de *Sargassum* (objeto que queda fuera de



Figura 1. Área de estudio (recuadro de borde rojo) en el que se evaluaron las arribazones de *Sargassum* sp. En el tramo comprendido desde el oeste de bahía de Matanzas hasta bahía de Mariel, Artemisa, en Cuba.



Figura 2. Se señalan la desembocadura del río Almendares, desembocadura del río Jaimanitas y playa Mosquito que fueron los puntos de muestreo en la zona de evaluación.

este reporte). Los tres puntos de muestreo fueron: desembocadura del río Almendares, desembocadura del río Jaimanitas y playa Mosquito (como se

muestra en la figura 2), aunque se observó el impacto de la arribazón hasta la bahía del Mariel, en la propia provincia de Artemisa.

Resultados y discusión

Condiciones meteorológicas

El Centro de Pronósticos del Tiempo del Instituto de Meteorología (INSMET), emitió dos Avisos Especiales con fecha 18 y 19 de marzo, respectivamente, los cuales en resumen reportaron un frente casi estacionario sobre el sudeste del golfo de México y, por delante de este, un flujo húmedo del sur-suroeste en los niveles bajos y medios de la troposfera, situación que favoreció condiciones de tiempo inestable en la región occidental de Cuba. La proximidad y lento movimiento de esta zona frontal, así como la formación de un centro de bajas presiones extratropicales en su porción sur, incrementaron los nublados con precipitaciones y tormentas eléctricas en el occidente de Cuba desde la tarde del 19 de marzo hasta el mediodía de la jor-

nada siguiente, cuando la zona frontal transitó por la región de estudio, imponiéndose posteriormente la influencia de las altas presiones migratorias de origen continental, con un régimen de vientos del primer cuadrante (del norte al este). La irrupción de la nueva masa de aire que acompañaba al sistema anticiclónico provocó un descenso térmico y una reducción de las lluvias (tabla 1).

Si bien los vientos que se reportaron durante esos días no fueron tan fuertes sobre el litoral norte occidental, al analizar los mapas sinópticos de superficie se puede observar que el día 20, por detrás de la zona frontal, avanzaba hacia el este un amplio sistema de altas presiones migratorias sobre la costa oriental estadounidense y el Atlántico occidental. Este anticiclón impuso intensos gradientes de pre-



sión y, por ende, fuertes vientos del nordeste en la zona comprendida entre cabo Hatteras, el norte de Bahamas y el Saco de Charleston. Además, la combinación del mar de viento y de leva generó marejadas en la costa norte occidental cubana desde la noche del día 19 hasta el final de la mañana del día 20, con inundaciones costeras ligeras en zonas bajas del litoral.

Obsérvese la posición del anticiclón migratorio y la proximidad entre las isobaras sobre el Atlántico occidental, que sugiere un fuerte flujo del nordeste. En resumen, las condiciones meteorológicas descritas anteriormente pueden considerarse favorables

para el arribo de las macroalgas y su acumulación en la zona de estudio (figura 3).

Arribazones de *Sargassum*

La aparición de las primeras manchas de macroalgas en la línea de costa ocurrió en la mañana del 19 de marzo, pero inicialmente en la provincia de Matanzas. El área cubierta por la arribazón de *Sargassum* no fue cuantificada, pero sí se realizó trabajo de identificación de las especies encontrándose dos especies de *Sargassum* pelágicas: *fluitans* (Borgesén 1914) y *natans* (Linnaeus Gaillon 1828), con mayor abundancia de la primera *fluitans* (figura 4).

Tabla 1. Resultados de temperaturas extremas, vientos máximos sostenidos y dirección del viento para los días de estudio en la estación meteorológica de Casablanca.

Día	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Vientos máximos sostenidos (km/h)	Dirección del viento
19	22	27	14	NE-E
20	20	24	18 *	N-NE *

* Al transitar el frente frío por la zona de estudio, en horas del mediodía del propio día 20, se registró en la estación meteorológica de Casablanca a las 1825 UTC (2:25 pm) una racha máxima de 42 km/h de región norte, con vientos máximos sostenidos de 25 km/h y un viento medio de 18 km/h.

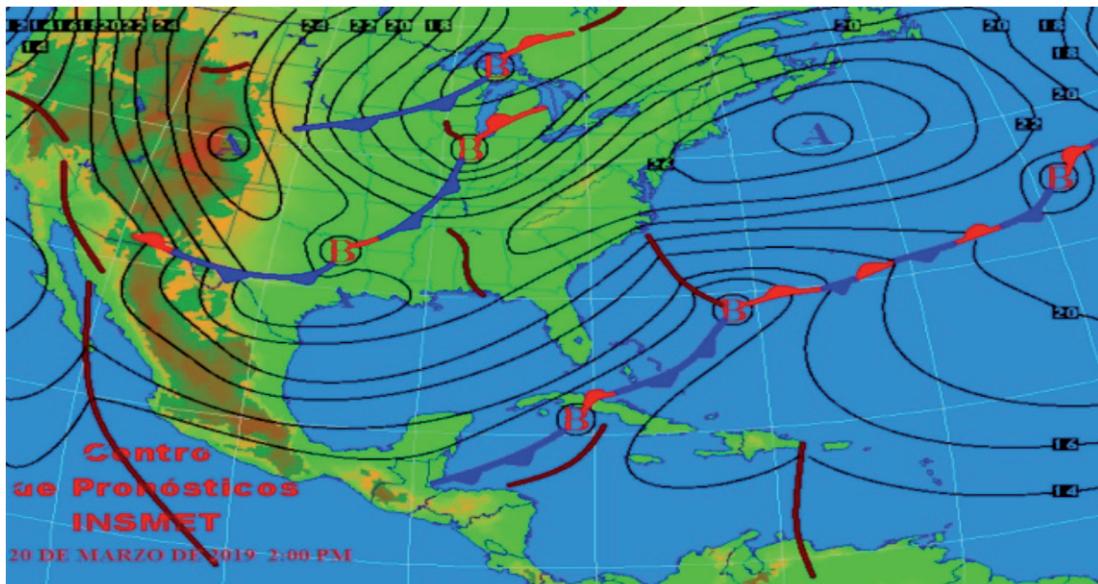


Figura 3. Mapa de superficie del día 20 de marzo 2020 a las 1800 UTC (2:00 pm).



Sargassum fluitans



Sargassum natans



Figura 4. Ilustración y fotos de las especies presentes en la arribazón descritas *Sargassum fluitans* de vainas usualmente no punteadas con espiga y hojas con peciolo corto y amplio, y *Sargassum natans* de vainas usualmente punteadas con una espiga y hojas con peciolo largo y estrecho. Ilustración por Julia S. Child (Roley y Schneider, 2004).

La arribazón de *Sargassum* en la costa norte de la provincia de La Habana presentada en este artículo (figura 5) no es primera vez que ocurre, pero no existen reportes formales de los eventos previos en los que se incluyan criterios descriptivos y sistemáticos como sí ha sido reportado en otras regiones de las islas del Caribe, como Puerto Rico (DEAL, 2015), Trinidad y Tobago hasta República Dominicana (Fernández *et al.*, 2017), Haití y Cuba (Moreira y Alfonso, 2013, Azanza-Ricardo y Pérez-Martín, 2016, Arencibia-Carballo y Betanzos Vega, 2018), costas de México (Gavio *et al.*, 2015) y en las costas de Florida (SaWS consultado en <https://optics.marine.usf.edu/projects/saws.html>), con acumulaciones significativas y cuantificadas de hasta más de 10 pies sobre el litoral.

En Cuba las arribazones de *Sargassum* no se han reportado como un gran problema para el turismo, sobre todo por la actividad de limpieza de playas

de cada zona en cuestión, pero sobre todo porque los volúmenes de arribazón en áreas turísticas, de playas y otras de importancia pesquera no han sido de las magnitudes como en otras regiones del Gran Caribe, aunque sí han provocado algunas y se asume un impacto. También han sido reportados diferentes eventos de arribazones de *Sargassum* en el país para diferentes épocas a través de los años (Torres-Conde y Martínez-Darana, 2019).

Uno de los problemas que han causado las arribazones de *Sargassum* en Cuba, son las afectaciones causadas a la granja de cultivo de ostión de Pílon en la provincia Granma, en los años 2014 y 2015, sobre todo en los meses de agosto a noviembre, lo que ha provocado gran afectación por muerte del ostión de cultivo (mayor a 55 % de mortalidad) y del ostión de mangle, que provee el cultivo artesanal de semillas naturales, además de la mortalidad de peces que habitan en estos estuarios o lagunas



costeras; debido a procesos de anoxia por el alto volumen de biomasa vegetal, proveniente de estas macro algas, que al precipitar a los fondos, y con su descomposición, contaminan estos cuerpos de agua semi-cerrados (Arencibia y Betanzos, 2016).

A finales del mes de mayo y principio de junio de 2019 (23 mayo-4 de junio) se observó la arribazón de abundante *Sargassum* spp., con marcado predominio de *Sargassum fluitans*, en la costa de la provincia de Cienfuegos (centro-sur de Cuba). Es de destacar que el día 23 de mayo, el Delfinario de Cienfuegos (localizado en una pequeña ensenada) se encontraba totalmente colapsado por las arribazones de *Sargassum*, los delfines fueron trasladados y los trabajadores participaron en la colecta manual de las macroalgas. Sin embargo, no se reportaron avalanchas extremas de *Sargassum* en los principales balnearios de la región (*e.g.* Playa Rancho Luna) como las reportadas en mayo de 2012 (Moreira y Alfonso, 2013). Parte de esta abundante biomasa de *Sargassum* spp. penetró de forma intermitente a la bahía de Cienfuegos, principal ecosistema costero de la región y eran distinguidas como manchas pardas de diferentes diámetros (figura 6).

Según un estudio de Blanco Ojeda *et al.* (2016), en la costa sur de la provincia Santiago de Cuba, fueron observadas arribazones de *Sargassum*, compuestas fundamentalmente por *S. fluitans* y *S. natans*. Las mayores densidades fueron reportadas en playas arenosas, siendo más densas en playas Siboney y El Mazo.

Como en otros países las causas y repercusiones de la proliferación de estas algas se siguen estudiando, y de igual manera se han propuesto alternativas de uso con el objetivo de aminorar su impacto socioeconómico.

El crecimiento desequilibrado de *Sargassum* en el Caribe en los últimos años ha sido considerado de gran impacto ambiental en un grupo de países de la región, y se reporta la aparición de arribazones de *Sargassum* desde 2010-2015 (Veloz, 2015).

Asimismo otros autores mencionan que desde 2010 se han presentados mareas pelágicas masivas y periódicas de los *Sargassum* hasta 2014 y 2015, estas últimas con aumentos significativos de sus concentraciones e impactos notables en los ecosistemas costeros de varios países del Caribe (Puerto Rico, República Dominicana, Cuba y México),



Figura 5. Moderadas mareas de *Sargassum* se presentaron en el área de estudio, como esta en la zona del litoral de La Habana el 22 de marzo de 2019. (foto de G. Arencibia-Carballo).



Figura 6. Manchas pardas de *Sargassum* spp. (con marcado predominio de *S. fluitans*) en el interior de la bahía de Cienfuegos (muy cerca del canal de entrada) (4 de junio de 2019). (foto de Ángel R. Moreira González).

lo cual ha sido documentado (Moreira y Alfonso, 2013; Comisión del Mar Caribe, 2015), y ya desde 2011 se mencionaba que se habían incrementado notablemente las manchas en la región del Caribe Mexicano (Van Tussenbroek, 2018).

Esta vegetación de algas al acumularse de forma masiva en línea de costa provoca impactos indeseables en la vida de los ecosistemas como la muerte de organismos y especies (crustáceos, peces, moluscos filtradores, corales, etc.), pues al acumularse y descomponerse en grandes cantidades consume oxígeno, volviendo las zonas bajas de costas en áreas anóxicas y su descomposición provoca la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S), que da malos olores y es tóxico para la salud del propio ecosistema (Resiere *et al.*, 2019).

Pueden catalogarse de desequilibrio en los ecosistemas marinos, en las labores y actividades de

producción, en el turismo, en la visión del paisaje y en la población costera (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016; NOAA, 2016 Fernández *et al.*, 2017).

Aunque estos impactos dependen mucho de las áreas costeras donde se produzcan, pueden disminuir la pesca costera de todo tipo incluso la de menor escala desde la orilla de la costa (Bamba *et al.*, 2013; Solarin *et al.*, 2014), y todo estará en dependencia de la magnitud del episodio y de las características específicas de la especie y los biotopos marinos en cuestión.

Ante situaciones como estas es necesario reducir su daño, con medidas o acciones de contingencia, que logren si no eliminar el impacto en las playas de uso turístico, al menos tratar de revertirlos en beneficio de las actividades pesqueras afectadas, que permitan el aprovechamiento de las algas o al menos minimizar su impacto.



Consideraciones finales

Lo ocurrencia de esta marea puede considerarse de gran impacto en cuanto a extensión de la línea de costa, pero moderada en cuanto a las cantidades de *Sargassum* arribadas, que en comparación con otras

regiones del Caribe no presentaron excesivos volúmenes de algas sobre las costas y playas del litoral de estudio, y una gran fragmentación y dispersas manchas de *Sargassum* en la línea de costa.

Recomendaciones

Es necesario un mayor número de observaciones, descripciones y cuantificación de estos eventos sobre ecosistemas del archipiélago cubano, de

manera que puedan calcularse daños económicos o evaluaciones para su explotación como producto.

Agradecimientos

Se agradece a colegas e investigadores de México y Cuba por la colaboración prestada para la realización del presente reporte.

Referencias

- Arencibia-Carballo, G., Betanzos Vega, A., 2018. La granja de cultivo de ostión de Pílon en Granma luego de tres décadas de trabajo. *El Bohío boletín electrónico*, 6(6), agosto de 2016. Publicado en Cuba. ISSN 2223-8409
- Azanza-Ricardo, J., Pérez-Martín, R., 2016. Impacto de la acumulación de sargazo del verano del 2015 sobre las tortugas marinas de playa la barca, península de Guanahacabibes. *Revista Investigaciones Marinas*, 36(1): 54-62.
- Bamba, A., Abraham, S., Fontaine, A., Fardin, F., Franks, J., 2013. Paper on the *Sargassum* seaweed invasion of West African and Caribbean coasts. UNEA-2 Side Event.
- Blanco Ojeda, J., Campos Castro, A., Antonio Tamayo Fonseca, J., Viña Peláez, A., 2016. Macroalgas marinas de la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(1): 122-129.
- Boyle, M.C., Limpus, C.J., 2008. The stomach contents of post-hatchling green and loggerhead sea turtles in the southwest Pacific: an insight into habitat association. **cita incompleta**
- Brooks, M.T., Coles, V.J., Hood, R.R., Gower, J.F.R., 2018. Factors controlling the seasonal distribution of pelagic *Sargassum*. *Marine Ecology Progress Series Mar Ecol Prog Ser.*, 599: 1-18, 2018. <https://doi.org/10.3354/meps1>
- Colombini, I., Chelazzi, L., Gibson, R. N., Atkinson, R. J. A., 2003. Influence of marine allochthonous input on sandy beach communities. p. 115-159. *In: Gibson, R.N. & Atkinson R. J. A. (eds.) Oceanography and Marine Biology: an Annual Review (1st ed.)*. Vol. 41. Taylor & Francis. London.
- Comisión del Mar Caribe, 2015. Resumen Ejecutivo SIMPOSIO: Retos, Diálogos y Cooperación para la Sostenibilidad del Mar Caribe 23 y 24 de noviembre, 2015. Puerto España, Trinidad y Tobago. 16 p.
- DEAL, 2015. Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement. République Française) L' invasion des sargasses. *Revue de presse <<Caraïbes>>*, 2015.
- Djakouré, S., Araujo, M., Hounsou-Gbo, A.3, Noriega, C. and Bourlès, B., 2017. On the potential causes of the recent Pelagic *Sargassum* blooms events in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/bg-2017-346>



- Doyle, E., Franks, D., 2015. Sargassum Fact Sheet. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. <http://hdl.handle.net/1969.3/28843> (last accessed 30 May, 2019).
- Fernández, F., Boluda, C.J., Olivera, J., Guillermo, L.A., Gómez, B., Echavarría, E., Mendis Gómez, A., 2017. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la república dominicana durante 2015. *Revista Centro Azúcar*, 44.
- Gavio, B., Rincon-Diaz, M., Santos-Martinez, A., 2015. Massive quantities of pelagic Sargassum on the shores of San Andres Island, Southwestern Caribbean. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1): 239-241.
- Gómez, R., Zúñiga, D., Pazos, C., González, M., 1994. Influencia de algunas variables hidrometeorológicas en las arribazones de *Sargassum* sp. en Playa Larga, Cayo Coco. *Memorias del III. Congreso de Ciencias del Mar*, La Habana, p. 625.
- González, P., 1995. Caracterización de las especies de Sargassum de Playa Gibara, Cuba. Tesis de Diploma, Universidad de Oriente, 80 pp.
- Gower, J., Young, E., King, S., 2013. Satellite images suggest a new Sargassum source region in 2011. *Remote Sensing Lett.*, 4 (8), 764–773.
- Guimberteau, M., Ciais, P., Ducharne, A., Boisier, J. P., Aguiar, A. P. D., Biemans, H., De Deurwaerder, H., Galbraith, D., Kruijt, B., Langerwisch, F., Poveda, G., Rammig, A., Rodríguez, D. A., Tejada, G., Thonicke, K., Von Randow, C., Von Randow, R. C. S., Zhang, K., Verbeeck, H., 2016 Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon basin: a multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, in review, <https://doi.org/10.5194/hess-2016-430>, 2016.
- Hallett, J., 2011. The importance of the Sargasso Sea and the offshore waters of the Bermudian Exclusive Economic Zone to Bermuda and its people. Unpublished report to the Sargasso Sea Alliance, 20 p.
- Hoffmayer, E.R., Franks, J.S., Comyns, B.H., Hendon, J.R., Waller, R.S., 2005. Larval and juvenile fishes associated with pelagic Sargassum in the Northcentral Gulf of Mexico. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 56: 259-269. <http://www.newsweek.com/2015/07/10/sargassumruining-beaches-texas-tobago-47735.html>
- Hu, C. *et al.*, 2016. Sargassum Watch warns of incoming seaweed. EOS, Earth and Space Science News, 15 November 2016, pp. 10–15.
- James Franks, J.D. *et al.*, 2013. The Sargassum Invasion of the Eastern Caribbean and Dynamics of the Equatorial North Atlantic. Proceedings of the 65 Gulf and Caribbean Fisheries Institute. November 5 9, 2012 Santa Marta, Colombia.
- Johns, E.M., Lumpkin, R., Putmanb, N.F., Smith, R.H., Muller-Karger, F.E., Rueda-Roa, D.T., Hu, C., Wang, M., Brooks, M.T., Gramer, L.J, 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
- Moanga, D.A., 2015. *Karenia brevis* hot spots in the west Florida shelf and their associated socioeconomic implications. MS Theses, University of Miami.
- Moreira, L. Cabrera, R., Suarez, A.M., 2006. Evaluación de la biomasa de macroalgas marinas del genero *Sargassum* C. Agardh. (Phaeophyta, Fucales). *Rev. Invest. Mar.*, 27(2): 115-120.
- Moreira, A., Alfonso, G., 2013. Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* (Børgesen) en la costa centro-sur de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 33,(2).
- NOAA, 2016. National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2015. Retrieved from: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>
- Pendleton, L., Krowicki, F., Strosser, P., Hallett-Murdoch, J., 2014. Assessing the economic contribution of marine and coastal ecosystem services in the Sargasso Sea. NI R 14-05, Durham, N.C.: Duke University.
- Piña, J.J., Balbín, A.I., Pérez-Cordovés I.A., 2010. La contaminación por metales pesados en sargazos procedentes de la costa sur en la península de Guanahacabibes, ¿aún no es preocupante? *Revista Cubana de Química*, XXII(1): 83-88. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543719011>
- Rathe, L., 2019. La invasión de algas en las costas caribeñas, el cambio Climático y el polvo del desierto del Sahara. http://www.fundacionplenitud.org/index.php?option=com_content&view=article&id=430:la-invasion-de-algas-en-las-costas-caribenas-el-cambio-climatico-y-el-polvo-del-desierto-del-sahara&catid=88:adaptacion-al-cambio-climatico
- Resiere, D., Valentino, R., Nevieri, R., Banydeen, R., Gueye, P., Florentin, J., Cabie, A., Lerun, T., Megarbane, B., Guerrier, G., Mehdaoui, H., 2019. Sargassum seaweed on Caribbean islands: an international public health concern. *Lancet*, 392: 2691. Consultado el 30 de marzo del 2020. Disponible: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2818%2932777-6>
- Rodríguez-Martínez, R., van Tussenbroek, B.I., Jordán-Dahlgren, E., 2016. Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014-2015). p. 352-265. *In: García-Mendoza E, Quijano-Scheggia SI, Olivos-Ortiz A, Núñez-Vázquez EJ. (eds.). Florecimientos algales nocivos en México*, CICESE.
- Roley, C., Schneider, E., 2004. The Encyclopedia of Public Choice, Volume 1. Edition by Charles Rowley and Friedrich Schneider. Springer Science & Business Media. 6 jul. 2004. 1105 p.
- SaWS (Satellite-based Sargassum Watch-Syste) of South Florida, Optical Oceanography Laboratory College of Marine Science. Available at: <https://optics.marine.usf.edu/projects/saws.html>
- Smetacek, V., Zingone, A., 2013. Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, 504: 84-88.



- Solarin, B.B., Bolaji, D.A, Fakayode, O.S., Akinigbagbe, R.O., 2014. Impacts of an invasive seaweed *Sargassum hystrix* var. *fluitans* (Børgesen 1914) on the fisheries and other economic implications for the Nigerian coastal waters. Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, Victoria Island, Lagos, Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(1), 1-6.
- Torres-Conde, E.D., Martínez-Daranas, B., 2019. Lista de especies de las arribazones de macrofitobentos en cinco playas de Habana del Este, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 39(1): 39-49.
- Van den Berg, L.J.L., Tomassen, H.B.M., Roelofs, J.G.M., Bobbink, R., 2005. Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grasslands: a mesocosm study. *Environmental Pollution*, 138: 77–85.
- Van Tussenbroek, B. I., 2018. The impact of *Sargassum* on the Caribbean costa. Conference of May 18th, 2018 in Cozumel, Mexico.
- Van Tussenbroek, B. I., Hernández Aranab, H.A., Rodríguez-Martínez, R.E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H.M., González-Godoya, C.E., Guadalupe Barba-Santosa, M., Vega-Zepedab, A., Collado-Videsc, L., 2017. Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, 122 (2017): 272–281
- Veloz, L. E., 2015. El Cambio Climático y la situación. Recuperado el 24 de 11 de 2017, de El Cambio Climático y la situación: <http://surfuturo.org/wp/wp-content/uploads/2015/08/7.-Ernesto-Veloz.-Cambio-Climatico-y-Sargazo.pdf>
- Wang, M., Hu, C., 2016. Mapping and quantifying *Sargassum* distribution and coverage in the CentralWest Atlantic using MODIS observations, *Remote Sens. Environ.*, 183: 350–367, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716301833>
- Wang, M., Hu, C., 2017. Predicting *Sargassum* blooms in the Caribbean Sea from MODIS observations, *Geophys. Res. Lett.*, 44: 3265–3273, doi:10.1002/2017GL072932.
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B., 2019. *Sargassum* density and coverage using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite data from 2001-01-01 to 2018-12-31 (NCEI Accession 0190272). NOAA National Centers for Environmental Information. Dataset. <https://accession.nodc.noaa.gov/0190272>
- Witherington, B., Hirama, S., Hardy, R., 2012. Young sea turtles of the pelagic *Sargassum*-dominated drift community: habitat use, population density, and threats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 463: 1–22
- Zúñiga, D., 1996. Evaluación del *Sargassum* de arribazón en las costas de Cayo Coco y la influencia de las variables meteorológicas. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, 78 p.