

Centro de Investigaciones Marinas

Universidad de La Habana

**Las arribazones de macrófitas y *Physalia physalis* (Linnaeus,
1758) en playas al norte de La Habana, Cuba**



**Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y
Acuicultura con mención en Ecología Marina**

Autor: Lic. Eduardo Gabriel Torres Conde

Tutor: Dra. Beatriz Martínez Daranas

La Habana

2019

DEDICATORIA

A mis padres Alicia Conde Rodríguez y Eduardo Torres Cuevas:

Por darme fuerzas y apoyo siempre, y en especial en esta etapa de mi vida. Por estar siempre en los buenos y malos momentos.

A mi abuela:

Donde quiera que estés siempre me has cuidado y lo seguirás haciendo hasta el día que ya no me encuentre en este mundo.

A Silvia Patricia González: Por toda la sabiduría e inteligencia que me ha brindado para dar siempre un paso hacia adelante en mi carrera profesional.

El primer paso a lo imposible se da en la mente.

Agradecimientos

A mi tutora:

Dra. Beatriz Matrínez–Daranas, le agradezco la confianza, tolerancia y respeto que depositó siempre en mí durante todo el proceso que trajo consigo la maestría. Por todo el asesoramiento y apoyo durante la realización de la investigación. Por su tiempo. Siempre agradecido con usted por darme la oportunidad. Muchas gracias.

A la Dra. Ana María Suárez:

Por toda la sabiduría y enseñanzas brindadas. Por sus consejos y críticas hacia la tesis de máster. Muchas gracias.

A mi amigo Gabriel Zúñiga Delgado:

Por su amistad, consejos y apoyo. Por su ayuda en los muestreos de campo y su cooperación en su estancia en Cuba. Un gran amigo. Muchas gracias.

A mi amigo Arístides Yosvany Pérez Pérez:

Por su amistad, apoyo y consejos. Por su ayuda en los muestreos de campo y su ayuda en la vida. Un gran amigo. Muchas gracias.

A Beatriz Vila:

Por su apoyo incondicional durante la tesis y su paso importante por mi vida. Una gran amiga.

Resumen:

El presente estudio se realizó entre los meses mayo/2018 a mayo/2019 en cinco playas de Habana del Este (Cójímar, Bacuranao, Tarará, Mégano y Santa María). Se ubicaron transectos (50 m) paralelos a la línea de la costa y, en puntos aleatorios previamente estimados, un marco cuadrado de 25 x 25 se trasladó perpendicularmente al transecto hasta abarcar el ancho de franja de arribazón de macrófitas en el mesolitoral. Se pesó la biomasa de macrófitas en cada punto y se anotaron el número de colonias de *Physalia physalis* por transecto. Además, se recolectaron las especies encontradas para su posterior identificación en el laboratorio. Fueron identificadas un total de 111 especies de macrófitas (107 macroalgas y cuatro angiospermas marina) en su mayoría dominadas por *Sargassum* spp. de vida pelágica. Las mayores arribazones de macrófitas y de la fragata portuguesa ocurrieron en los meses de mayo/2018, noviembre, diciembre, enero y marzo; y las playas con mayores reportes fueron Tarará, Mégano y Santa María. Según la prueba de correlación de rangos de Spearman las arribazones de macrófitas y *P. physalis* están relacionadas en el período de muestreo. Se presentaron las mayores arribazones con velocidades del viento superiores a los 33 km/h, fundamentalmente desde el norte, altura de las olas mayores de 1.5 m y con temperaturas inferiores a 30°C, relacionadas con frentes fríos o alguna situación sinóptica atípica

Palabras claves: macrófitas, *Physalia physalis*, *Sargassum* spp., playas, Cuba.

Abstract:

This study was made from May/2018 through May/2019 in five beaches of East Havana (Cojímar, Bacuranao, Tarará, Mégano and Santa María). Transects (50 m) were located parallel to the shoreline and, in points previously estimated, a quadrant of 25 x 25 cm was flipped perpendicular to the transect until covering the width of the strip of macrophytes wrack in the intertidal. Macrophytes biomass was weighed in every point and the number of *Physalis physalis* individuals was scored on each transect. Furthermore, all found species were collected for identification in the lab. It was identified 111 species of macrophytes (107 macroalgae and four marine angiosperms), in great part dominated by pelagic *Sargassum* spp. The highest biomass of macrophytes and number of Portuguese Man o'War colonies occurred within months May/2018, November, December, January and March; and the highest report beaches were Tarará, Mégano and Santa María. According to Spearman Rank Correlation, the macrophytes wrack and the number of *P. physalis* individuals are related in the sampled period. The highest scores were presented with wind velocity above 33 km/h, fundamentally from the north, wave height above 1.5 m and with temperatures lower 30°C, related with cold winds or some synoptic situation.

Keywords: macrophytes, *Physalia physalis*, *Sargassum* spp., beaches, Cuba.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Importancia ecológica de las arribazones	6
2.2. Problemas que pueden ocasionar	8
2.3. Utilidad de las arribazones	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Área de estudio	19
3.2. Toma de datos	21
3.3. Análisis de datos	23
4. RESULTADOS	25
4.1. Evaluación de las arribazones de macrófitas	25
4.2. Lista de especies de las arribazones de macrófitas.	29
4.3. Evaluación de las arribazones de <i>Physalia physalis</i>	39
4.4. Relaciones entre las arribazones y las variables meteorológicas	41
5. Discusión	44
7. Conclusiones.....	54
8. Recomendaciones	55
9. Bibliografía.....	56
Anexo:	63

1. INTRODUCCIÓN

El macrofitobentos es la comunidad de organismos vegetales macroscópicos que viven sobre el fondo del mar o adheridos sobre superficies sólidas. En esta se incluyen las angiospermas y las macroalgas marinas, que son elementos claves en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas litorales (Suárez, 1989). En total se han consignado para la plataforma de Cuba 579 especies de macroalgas, de las cuales 299 son rodofíceas, 75 feofíceas y 205 clorofíceas. Además, 47 variedades, de las cuales nueve son rodofíceas, cuatro feofíceas y 34 clorofíceas (Suárez *et al.*, 2015). El macrofitobentos marino en la plataforma marina cubana, incluye siete especies de angiospermas. De éstas, *Thalassia testudinum* K. D. Koenig es la especie dominante, en ocasiones asociada a *Syringodium filiforme* Kützing (Martínez-Daranas & Suárez, 2018).

Las arribazones consisten en la llegada a las costas de cantidades considerables de macrófitas. Según la localización geográfica, la composición ficoflorística cercana y la estacionalidad de las especies involucradas, pueden ser mono o poliespecíficas. Además, las arribazones son consideradas eventos ocasionales provocados por el efecto del oleaje y las corrientes. Con frecuencia, solo la integran especies pelágicas del género *Sargassum* que provienen del Mar de los Sargazos (Arecas *et al.*, 1993).

El Mar de los Sargazos es una extensa zona del Atlántico Central Tropical, situado entre las costas de Las Antillas y del Norte de África, entre los 22° y 35° de latitud norte y los 28° y 75° de latitud oeste. En él se encuentran agrupaciones dispersas de *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen y *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon, las cuales se reproducen vegetativamente en el océano abierto, sin necesitar nunca de un sustrato. Ambas especies son a veces

acompañadas por *Sargassum buxifolium* (Chauvin) M.J. Wynne y *Sargassum vulgare* C. Agardh desprendidos de las costas cercanas (Areces *et al.*, 1993).

Sin embargo, el masivo flujo de algas marinas puede resultar en un disturbio potencial en la vida marina de las zonas costeras. Traduciéndose esto en peces y tortugas muertas que han sido encontrados cuando las arribazones llegan en cantidades significativas (Bamba *et al.*, 2013). Además, trae consigo impactos negativos en el sector turístico e industria pesquera en las comunidades cercanas a las costas afectadas por la arribazón (Gavio *et al.*, 2015).

A nivel regional la biomasa promedio registrada durante los meses de mayor afluencia en el Caribe ha sido 200 veces mayor a la biomasa promedio en los últimos años (Grower *et al.*, 2013). En el 2011 ocurrió una afluencia masiva de sargazo pelágico en el Caribe oriental, desde Trinidad hasta la República Dominicana, y en la costa oeste de África, desde Sierra Leona hasta Ghana (Smetacek & Zingone, 2013). En el 2012, se reportó una llegada atípica de sargazo pelágico a la costa sur de Cuba (Moreira & Alfonso, 2013). En el 2014, muchas otras islas y países del Caribe comenzaron a ser afectados (Gavio *et al.*, 2015). En el 2015 entre los meses de junio y julio en la Península de Guanahacabibes al sur de Cuba ocurrió una arribazón de *S. fluitans* de 1.5 m de alto y de 10 metros cubriendo la costa que afectó en un 50% el éxito de anidación de las tortugas (Azanza *et al.* 2016). Mediante observaciones satelitales de las masas de sargazo pelágico (Gower *et al.*, 2013), junto a modelos de información retrospectiva de sitios de arribazón de sargazo (Johnson *et al.*, 2013), indican una zona al norte del estuario del río Amazonas, frente a la costa brasileña, fue el posible punto de origen de las afluencias de sargazo al Caribe desde el 2011. Se piensa esta área fue colonizada por sargazo proveniente de la Región de Recirculación del Atlántico Norte (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016).

En la costa norte de Cuba se han reportado las mayores arribazones durante los meses de septiembre a diciembre y los registros más bajos entre marzo y agosto (Moreira *et al.*, 2006). No se han producido arribazones bajo las siguientes condiciones ambientales: velocidad del viento inferior a 5 km/h, dirección del viento y las olas de componentes S-SE-E o variables, con mar de leva o totalmente en calma, durante las situaciones sinópticas de ondas pre-frontales, bajas extratropicales, presencia de anticiclón oceánico del Atlántico Norte, baja en el Caribe (Moreira *et al.*, 2006).

Las mayores arribazones se han producido con velocidades de los vientos 11-19 km /h, dirección del viento y las olas del N-E-ENE, altura de las olas a partir de 5m, así como la presencia del Anticiclón Continental, los frentes fríos y ondas pre-frontales (Moreira *et al.*, 2006).

Desde mediados del siglo XX, Díaz-Piferrer (1955) señaló la posible explotación industrial del género *Sargassum*, debido a su abundancia; más adelante sugirió la necesidad de estudiar la biomasa de las arribazones de la plataforma de Cuba en las cuales este género predomina en casi todas las costas (Moreira *et al.*, 2006).

Las algas y angiospermas marinas contienen macro y micronutrientes, lo que hace posible su aprovechamiento por el hombre como fuente de alimento animal y humano, bioactivos, fertilizantes y abono (Cano-Mallo *et al.*, 2007).

Physalia physalis Linnaeus, 1758 (phylum: Cnidaria, clase: Hydrozoa, orden: Siphonophora, familia: Physaliidae), también conocida como fragata portuguesa o botella azul, es una colonia de numerosos pólipos. (Anónimo, 2011). Se trata de una especie pelágica que se mueve a merced de las corrientes superficiales y el viento. Típica de aguas templadas del océano Atlántico, puede encontrarse también en el océano Pacífico, océano Índico, Mar

Caribe y el Mar de los Sargazo, siendo en estos mares una especie nativa. En el mar Mediterráneo es considerada una especie alóctona, que ingresa al mismo arrastrada por las corrientes marinas (Anónimo, 2011).

Su aparición en las costas se debe fundamentalmente a las alteraciones meteorológicas temporales, como el fenómeno del niño, que modifican la dirección y la velocidad de los vientos así como la temperatura de la superficie del agua (Silva & Iturra, 2016). Esta navega con su vela alineada con el viento cuando éste es intenso (Iosilevskii & Weihs, 2009).

Otro de los problemas más comunes en las costas y playas es la aparición de medusas y otros organismos gelatinosos como la fragata portuguesa, las cuales pueden causar impacto socioeconómico relevante, fundamentalmente sobre el turismo de sol y playa (Ferrer *et al.* 2013). Además, las larvas de peces constituyen entre el 70% y 90% de la dieta de *P. physalis*, lo cual tiene consecuencias negativas para las actividades pesqueras (Anónimo, 2011).

En lo últimos años se ha visto la llegada de este organismo con mayor frecuencia a las costas no solo del Caribe sino del Mediterráneo y del Cantábrico, al parecer por la sobreexplotación pesquera y el cambio climático según Martínez *et al.* (2010). La sobrepesca afecta la presencia de tortugas marinas, las cuales han disminuido notoriamente, siendo estas depredadores de organismos gelatinosos (Gracia, 2014).

Un mejor conocimiento de las variaciones espaciales y temporales de la biomasa de arribazón de macrófitas y de *P. physalis* en Habana del Este permitirá decidir en qué playa y en qué época del año pudiera ser más efectiva una recogida de algas en las playas como materia prima para su uso industrial e intentar predecir la llegada de la fragata portuguesa de interés para el turismo y el manejo de la zona.

Es por ello, que la presente investigación plantea la siguiente:

Hipótesis: Las arribazones de macrófitas y de *P. physalis* a las playas de Habana del Este en la costa Norte de Cuba están relacionadas y son más abundantes en los meses de septiembre a diciembre, influenciadas principalmente por la velocidad y dirección del viento.

Para comprobar dicha hipótesis se proponen los siguientes objetivos generales y específicos:

Objetivo general: Determinar las diferencias espaciales y temporales en la biomasa de arribazón de macrófitas y del número de colonias de *P. physalis* en cinco playas del municipio Habana del Este y su relación con variables meteorológicas y oceanográficas.

Objetivos específicos:

1. Determinar la época del año y las playas con mayor biomasa de arribazón de macrófitas.
2. Inventariar las especies de macrófitas arribadas a las cinco playas.
3. Determinar la época del año y las playas con los mayores números de colonias de *Physalia physalis*.
4. Determinar las condiciones meteorológicas y oceanográficas que favorecen las mayores arribazones.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia ecológica de las arribazones

Las especies de *Sargassum* formadoras del ecosistema Mar de los Sargazos tienen un alto valor ecológico debido a que sirven de hábitat, áreas de desove, vías migratorias y base alimentaria a un conjunto diverso de flora y fauna, incluyendo especies endémicas, en peligro de extinción y de importancia económica (Moreira & Alfonso, 2013). Estas proveen de nutrientes marinos a muchos ecosistemas terrestres y contribuyen a evitar la erosión (Maurer *et al.*, 2015).

Las arribazones de macrófitas a las costas, playas o estuarios puede ocasionar que diferentes especies de peces queden atrapados con variables oportunidades de supervivencia en dependencia de la adaptabilidad que estos tengan. Generalmente los peces que no viven en mar abierto son más propensos a sobrevivir. Por otra parte es un beneficio para las aves depredadoras de peces como pelícanos y gaviotas (Moritz, 2015).

Existen organismos que utilizan el sargazo como un área de reproducción o desove, alimentación, refugio para larvas y juveniles y en otros casos como un medio de transporte (p. ej. crustáceos, moluscos y poliquetos). El comportamiento de estas especies principalmente las de vida sésil, les ayuda a gastar mucho menos energía de la necesaria para poder colonizar más rápidamente el sustrato y así utilizar una menor superficie, ya que al estar fijas obtienen una mejor adaptación para capturar partículas arrastradas por las mismas corrientes, como el plancton suspendido en el mar (Muñoz, 2013).

Los crustáceos representan una gran parte de la macrofauna asociada, pues son uno de los grupos más importantes en *Sargassum* flotante, estos pueden favorecer o reducir el

crecimiento del alga al ser depredadores de plantas epífitas que compiten con ella, o al consumirla directamente representando un papel importante en la estructura trófica (Muñoz, 2013).

Junto a los efectos socioeconómicos y ecológicos de la invasión de las algas marinas, es notable resaltar que *Sargassum* provee refugio para especies migratorias y sirve como un importante hábitat para un vasto número de especies de invertebrados y peces que están estrechamente asociados con el ecosistema. Al menos 127 especies de peces y 145 de invertebrados han sido asociados con la presencia de *Sargassum*. Por otro lado, estudios muestran que solo 2 especies de *Sargassum* parecen estar involucradas en el influjo, *S. natans* y *S. fluitans* (Bamba *et al.*, 2013).

De las especies de vertebrados marinos, las tortugas marinas del Atlántico parecen ser las más amenazadas al ser dependientes de *Sargassum*, no solo por proveerles un hábitat, sino también como refugio de depredadores, protección contra la pesca ilegal, desarrollos costeros y de la pesca por captura. Esto implica que *Sargassum* juega un importante papel durante el ciclo neonatal de la tortuga marina (Bamba *et al.*, 2013).

P. physalis desempeña un papel ecológico crucial en los ecosistemas acuáticos, ya que son piezas importantes en el reciclamiento de nutrientes como carbono, nitrógeno y fósforo, los cuales son utilizados posteriormente por el fitoplancton. Además, muchas especies de medusas e hidozoos sirven de alimento para peces y tortugas marinas, como la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) que es consumidora obligada de zooplancton gelatinoso (Ponce García & López Vera, 2013).

Sin embargo, las arribazones de fragata portuguesa a las playas y costas puede generar un problema para las especies autóctonas del lugar, debido a que gran parte de la alimentación de

estos pólipos coloniales son las larvas de peces. Por lo que, una inusual arribazón de *P. physalis* pudiera generar una desestabilización sobre el ecosistema costero y una afectación en la red trófica de dicho lugar (Anónimo, 2011). Canepa y Palma (2015) plantean que el creciente aumento de la temperatura del mar puede estar estimulando la reproducción de *P. physalis* favoreciendo el incremento poblacional en aguas oceánicas.

2.2. Problemas que pueden ocasionar

Las arribazones pueden ocasionar problemas en el sector turístico, causando alarmas en los bañistas, en los medios de prensa y el cierre temporal de las actividades recreativas en las playas como por ejemplo ocurrió en la playa Rancho Luna, litoral oriental de Cienfuegos. El Delfinario de Cienfuegos fue obstruido completamente por las arribazones de sargazo y los delfines tuvieron que ser retirados (Moreira & Alfonso, 2013).

Estos conglomerados de sargazo pueden alcanzar varios metros de altura. Pueden además ocasionar reacciones alérgicas a las personas debido al contacto con la arribazón. Las especies de sargazo no son tóxicas pero su biomasa puede servir de hábitat a diversos invertebrados marinos que liberan toxinas o estructuras urticantes (nematocistos) (Moreira & Alfonso, 2013).

La alta densidad de sargazo en playas donde las tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) utilizan para anidar puede ocasionar problemas a las mismas, debido al impedimento de accesibilidad de las tortugas al sitio de nido. Se han registrado un aumento de la mortalidad por hipertermia, ahogamiento y vulnerabilidad a la depredación del carey en numerosas playas del mundo (Maurer *et al.*, 2015).

El éxito de la salida de los huevos no fue afectado, pero el acceso al mar fue dificultado para las tortugas recién nacidas porque tuvieron que atravesar toda la masa de algas marinas en la playa. Durante este proceso las tortugas marinas recién nacidas pueden morir por hipertermia, desgaste, ahogamiento y por vulnerabilidad a los depredadores (Azanza & Pérez, 2016).

En Guanahacabibes el influjo de macrófitas en el 2015 registraron impactos en la población de tortugas marinas en sus anidamientos. El comportamiento de la hembra se vió limitado, afectando el resultado reproductivo, pero no se afectó el éxito de salida de los huevos de las tortugas (Azanza & Pérez, 2016).

Por lo general, el sector turístico ha venido calificando las arribazones como basura playera durante los últimos 30 años. Para este sector y para el propio turista, efectivamente, resulta molesto en términos visuales, incómodos para el traslado a lo largo y ancho de la playa y repulsivos por el olor generado por la rápida descomposición algal. La única solución es la limpieza periódica de las playas y la subsecuente incorporación de los desechos de algas al resto de los desechos urbanos (Dreckman & Santies, 2013).

S. fluitans ha invadido las costas de Nigeria con parches sobre las playas y también ha impedido actividades como la navegación y pescas. La obstrucción de las redes de pescas principalmente por monofilamentos o multifilamentos resultó una pérdida de tiempo removiendo las algas de la red en preparación para el siguiente viaje pesquero (Solarin *et al.*, 2014).

El masivo flujo de algas marinas ha resultado un disturbio potencial en la vida marina de las zonas costeras. Traduciéndose esto en peces y tortugas muertas que han sido encontrados cuando las arribazones llegan en cantidades significativas. Se están usando maquinarias para

remover las algas pero esto conlleva también a un impacto económico sobre la región afectada (Bamba *et al.*, 2013).

Los depósitos en playas de masivas cantidades de macrófitas ha impactado negativamente en el sustento socioeconómico (turismo e industria pesquera) de las comunidades costeras. La necesidad de desarrollar una cooperación regional de desarrollo y asegurar una gestión social-ecológica es vital, transformando esta alga marina en comida para animales y fertilizantes (Bamba *et al.*, 2013).

Sargassum no es toxica, pero las descomposiciones de muchas toneladas pueden aun así llevar a la anoxia y el incremento de sulfuro de hidrogeno venenoso, lo cual es dañino para muchos animales marinos y humanos. Esto puede consecuentemente disparar la mortalidad de peces, invertebrados costeros y puede ser un severo impacto para la pesca local y acuicultura (Bamba *et al.*, 2013).

En diciembre del 2014, en una larga acumulación de sargazo pelágico en la bahía de Mandahl, fueron encontrados miles de peces muertos, particularmente sardinas. Algunas acumulaciones de algas fueron observadas en alrededor de 150 m desde la costa. Se comprobó la dominancia de *S. fluitans* y *S. natans*. Los peces muertos fueron encontrados solo en la parte interna más protegida de la bahía, suponiendo que la biomasa de algas puede haber reducido la corriente y disminuido los niveles de oxígeno mientras se descomponía. Los florecimientos de macroalgas y microalgas son conocidos por causar hipoxia y anoxia en aguas marinas de poca profundidad, lo cual puede resultar en la muerte de peces (Cruz-Rivera *et al.*, 2015).

Van Tussenbroek *et al.* (2017) plantean que las arribazones de las especies de *Sargassum* con la consecuente liberación de nutrientes por la descomposición de las mismas puede reducir severamente la llegada de luz hacia las angiospermas marinas, específicamente *T. testudinum*,

debido a que esta requiere de alta iluminación para mantener el balance del carbono. Estas usan reservas de carbohidratos para soportar períodos negativos, pero si se mantienen las condiciones pueden desaparecer las praderas e incluso producirse un cambio de fase de un ecosistema dominado por praderas a macroalgas. Estos autores plantean que la acumulación de materia orgánica liberada causa hipoxia o anoxia, debido al incremento de la actividad bacteriana por la descomposición de las algas, lo que también favorece la mortalidad de los pastos.

Las altas temperaturas debajo del manto de *Sargassum* spp. probablemente fueron promovidas por los efectos negativos del decremento de la luz, la acumulación de materia orgánica y la eutrofización, debido a una alta demanda metabólica de las plantas. Además, la concentración de sulfuro tóxico incrementa con la temperatura. La combinación de estos procesos causa profundos cambios en la comunidad de plantas. Específicamente con la pérdida de pastos marinos y el incremento de epífitas y calcáreas rizofíticas (principalmente *Halimeda* spp.) (van Tussenbroek *et al.*, 2017).

Rodríguez-Martínez *et al.* (2016) plantean que la mortalidad de la fauna asociada a los eventos de *Sargassum* se ha extendido a lo largo de las costas del caribe mexicano y afectando a individuos de un gran número de especies, principalmente de peces de hábitats neríticos demersales y crustáceos. Los autores plantean que al parecer los altos niveles de concentración de amonio y sulfuro de hidrógeno junto con condiciones de hipoxia fueron responsables de los eventos de mortalidad.

Corales escleractinos que crecen cerca a la línea costera fueron también afectados por las arribaciones de *Sargassum* spp. con el total o la parcial mortalidad de las colonias. Algunas especies (*Dichocoenia stokesii*, *Porites astreoides* y *Pseudodiploria clivosa*) parecen ser más

afectadas que otras (*Siderastrea siderea*, *Pseudodiploria strigosa* y *Montastraea cavernosa*) (van Tussenbroek *et al.*, 2017).

Según Haddad *et al.* (2013) han ocurrido 331 casos de afectaciones a humanos, relacionados con *P. physalis* de moderada severidad en el estado de Sao Paulo en Brasil. Las arribazones están siendo más comunes en los últimos años en dicho lugar según estos autores. En Chile según Araya *et al.* (2015) se han reportado grandes avistamientos en sus costas en los meses de enero a junio. En México los afloramientos se presentan en las costas de marzo a septiembre, meses que coincide con los períodos vacacionales (Ponce García & López Vera, 2013).

P. physalis puede provocar afectación sistemática: cardiovascular (vasoespasmos, miopatía, insuficiencia cardíaca, arritmias, colapso cardiovascular), respiratoria (edema laríngeo, broncoespasmo, edema pulmonar, insuficiencia respiratoria), neurológica (parálisis espática, cefalea, agitación, ataxia), gastrointestinal (náuseas, vómitos, necrosis hepática), renal (glomerulonefritis) y hematológica/inmunológica (reacción de hipersensibilidad) (Martínez *et al.*, 2010).

A largo plazo este hidrozoo puede producir reacciones tardías como: ulceración, celulitis, necrosis y gangrena. También estrías pigmentadas, queloides, liquenificación por rascado frecuente, granuloma, atrofia grasa o cicatrices. En el sitio original de la picadura, secundarias a respuestas inmunológicas intracutáneas, se pueden producir reacciones recurrentes sin que se repita la explosión inducida por antígenos secuestrados (Martínez *et al.*, 2010). La literatura médica ha reportado muertes causadas por este tipo de pólipo colonial (Queiroz & Caldas, 2011).

Debido a que su dieta la constituyen entre un 70% y 90% larvas de peces y crustáceos, se presentan consecuencias económicas negativas para las actividades pesqueras (Anónimo, 2011).

La sobrepesca juega un rol importante en la proliferación de las poblaciones *de P. physalis*. Su principal efecto es el colapso de las pesquerías producido por el descenso en las poblaciones de peces. Los peces y las medusas compiten por los mismos recursos alimenticios (copépodos, larvas de crustáceos, etc.) por lo que, al haber una pesca excesiva de peces disminuyen el número de competidores para las medusas y estas aumentan su población. Además, estas al reducir las poblaciones de copépodos, puede aumentar la concentración de algas tóxicas dinoflageladas (Anónimo, 2011).

2.3. Utilidad de las arribazones

El arribo de las macroalgas a la zona costera, es un importante recurso a considerar, por los metabolitos secundarios que éstas poseen y su aplicación en la industria alimenticia, farmacéutica, o en la agricultura. El aprovechamiento de las arribazones evita la explotación de las poblaciones naturales de algas (poda *in situ*), lo que en otros países del área ha provocado la desaparición y disminución en cifras alarmantes de este recurso (Moreira *et al.*, 2006).

Las algas marinas han sido utilizadas como fertilizantes desde los principios de la agricultura en Japón y China, en Grecia, en las islas y costas del noroeste europeo y en Chile. Los suelos arenosos de Escocia se han beneficiado de la adición de algas marinas desde antes de 1500 hasta 1960. Varias fincas esparcieron e introdujeron la cosecha del mar en sus campos arados, consiguiendo una producción alta y un mínimo de enfermedades (Bula-Meyer, 2004).

En las áreas costeras de Bretaña y Normandía fueron conocidas como el Cinturón de Oro de Francia debido a las ricas cosechas provenientes de tierras alimentadas con algas marinas. Aquí los agricultores aplican los sargazos a los sembrados de cereales, especialmente de cebada, y también a los sembrados de patatas, hortalizas y viñedos, con excelentes resultados (Bula-Meyer, 2004). La aplicación de extracto de algas marinas sobre suelos de cultivos aumenta el contenido de clorofilas en las hojas. Esto se debe a que el extracto de algas contiene sustancias como betainas y elementos como el hierro, que se requieren en la síntesis de clorofila en las hojas (López, 2015).

En estado fresco o seco, o en harina aplicadas a los suelos, las macrofitas tiene dos usos principales. Como fertilizantes, promueven el crecimiento de la planta ya que liberan lentamente los nutrientes minerales y orgánicos. Como acondicionador del suelo, mejorando la aireación y adicionando estabilidad (Bula-Meyer, 2004). Tienen una composición química muy similar a las plantas y árboles terrestres; además de presentar un contenido menor en lignina, por lo que resulta una materia idónea para emplearse en la fabricación de la pulpa de papel. La fabricación de papel tanto de la angiosperma marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile como de algas pardas (Phaeophyceae) es viable. *P. oceanica* tiene valores muy similares a las hojas de papel elaboradas con pino o eucalipto. El uso de residuos de marea para fabricación de papel mediante tecnologías limpias disminuye la tala de árboles y la contaminación medio ambiental (Amaya *et al.*, 2015).

Las especies del género *Sargassum* tienen utilidad para el hombre: de la biomasa de estas macroalgas se extraen los alginatos, ficocoloides con propiedades espesantes, gelificantes, estabilizantes, y de amplios usos en las industrias cosmetológica, farmacéutica, médica,

estomatológica y alimenticia. Se emplean también como fertilizantes, en la alimentación animal y en la producción de energía como biocombustibles (Moreira & Alfonso, 2013).

Las algas marinas son frecuentemente consideradas como biofertilizante, acondicionadoras de suelo y generalmente como promotor de salud en las plantas, porque tienen muchos componentes estimulantes de crecimiento. Se ha revelado que dos especies de macroalgas: *Sargassum* y *Sapthoglossum* en la forma de fertilizador orgánico son consideradas como estimuladores de la germinación de las semillas y como un índice de los parámetros de crecimiento y del mejoramiento de atributos bioquímicos en plantas leguminosas (Akhtar *et al.*, 2014).

Las macroalgas tienen una composición química muy similar a las plantas y árboles terrestres; además de presentar un contenido menor en lignina, por lo que resulta una materia idónea para emplearse en la fabricación de la pulpa de papel. La fabricación de papel tanto de *P. oceanica* como de feofíceas es viable. *P. oceanica* tiene valores muy similares a las hojas de papel elaboradas con pino o eucalipto. El uso de residuos de marea para fabricación de papel mediante tecnologías limpias disminuye la tala de árboles y la contaminación medio ambiental (Amaya *et al.*, 2015)

Las cantidades significativas de potasio y fósforo en las algas pardas brindan la posibilidad de generar alimento para aves en cautiverio, abono en el cultivo de hortalizas y posibles usos en la elaboración de alimentos y fármacos. Asimismo, la presencia de alginatos (ficocoloides presentes en algas pardas) plantea su aprovechamiento en la elaboración de insumos para las áreas cosmetológicas, médicas y alimentarias (Dreckman & Santies, 2013).

Las macroalgas son identificadas como la tercera generación de recurso de carbono para producción de bioetanol (Durbha *et al.*, 2016).

La aplicación de extracto de algas marinas sobre suelos de cultivos aumenta el contenido de clorofilas en las hojas. Esto se debe a que el extracto de algas contiene sustancias como betainas y elementos como el hierro, que se requieren en la síntesis de clorofila en las hojas (López, 2015).

La mezcla de *S. fluitans* y *S. natans* contiene alto contenido en proteínas, fibras, carbohidratos y lípidos, lo cual permite que sean usadas en la industria alimenticia si son limpiadas correctamente. La presencia de terpenoides, flavonoides, taninas y saponinas muestra que puede ser empleada como potencial en la medicina (Oyesiku & Egunyomi, 2014).

Como indicadores de cambios climáticos, pueden ser usadas como patrones en diversidad de estudios y para la conservación y sustentabilidad de los recursos marinos (Solarin *et al.*, 2014).

Las algas marinas han sido usadas en la medicina por miles de años en Japón, China, Egipto India y Sur Corea. Estas son excelentes fuente de vitaminas, proteínas, lípidos y aminoácidos. Muchas especies fueron usadas como alimento en muchas partes de Asia y regiones del Pacífico (Solarin *et al.*, 2014).

La composición de nutrientes y minerales en *Sargassum* muestra que es nutricionalmente rica con aceptables niveles para el mejoramiento de la germinación de plantas mediante la producción de fertilizante líquido. También han sido reportadas ricas en antioxidantes, los cuales han sido aislados de diferentes especies de algas marinas (Solarin *et al.*, 2014).

Diversos autores han coincidido en que algunos miembros de los géneros *Sargassum* y *Turbinaria* constituyen las alginófitas con mayores perspectivas de explotación en Cuba. Se asume que la variante más económica de aprovechamiento contemplaría la recolección de

algas arrojadas a la costa, soslayándose la poda bancos naturales, en nuestra plataforma insular pequeña y muy diseminada, o el cultivo, aún sin fitotécnica conocida para ambos géneros (Areces *et al.*, 1993).

Por otra parte *P. physalis* es consumida por el humano en países como China y Japón, donde sus pesquerías son de gran importancia comercial desde la década de 1970, y se han expandido a países como Australia, India, Estados Unidos y México (Ponce García & López Vera, 2013).

Las medusas e hidromedusas pueden ser una fuente importante tanto de productos alimenticios como de bioactivos amigables con el ambiente, ya sea nutraceuticos o farmacológicos; además de su uso potencial en ingniería de tejidos, en la industria alimenticia y en la medicina humana, incluyendo terapias contra el cáncer, enfermedades vasculares y enfermedades infecciosas como el SIDA. Tanto las venenosas, como las comestibles producen sustancias bioactivas como alcaloides, fenolatos, esteroides, terpenoides, péptidos y proteínas. Los compuestos bioactivos son sustancias que, cuando son empleadas en dosis subletales, tienen propiedades farmacológicas, entre ellas, se han descrito algunas con valor terapéutico para los sistemas cardiovascular, endocrino, immune y nervioso; contra enfermedades infecciosas o como antiinflamatorios, antitrombóticos, antibióticos, antitumorales o antivirales; asimismo, incluyen sustancias citotóxicas, insecticidas, atrayantes o repletos (Becerra-Amezcuca *et al.*, 2016).

La medusa seca es considerada un manjar en muchas ciudades asiáticas y es muy cotizada por poseer propiedades médicas ya que, tradicionalmente, se utilizan para tratar enfermedades como hipertensión, úlceras, enfermedades digestivas, tratamientos contra la fatiga, pérdida de peso y tratamientos para la piel; las medusas tienen propiedades benéficas similares al

cartílago para el fortalecimiento de huesos y dientes, antitrombóticos y antineoplástico. También se utiliza para mejorar la memoria, además de combatir el declive cognitivo relacionado con la edad, ya que en un estudio, 56 participantes fueron sometidos a una dieta rica en medusas y se encontró que el 57% experimentaron mejoras de memoria (Becerra-Amezcuca *et al.*, 2016).

Son utilizadas como alimento y exportadas a países con gran demanda como Japón, Indonesia, China, Corea y Malasia, las medusas son semideshidratadas. El proceso incluye tratamiento con NaCl y el alumbre; primero se elimina el agua con sal al 10% y el alumbre al 4%, un segundo proceso con sal 15% y alumbre 2%, para finalmente colocarlo en sal al 20% (Becerra-Amezcuca *et al.*, 2016).

Poseen compuestos con actividad citolítica y antitumoral. Los compuestos citolíticos dañan a las membranas celulares a través de la degradación enzimática de los lípidos, por acción de fosfolipasas y esfingomielinasas, o afectando la integridad de la membrana formando poros transmembranales (Becerra-Amezcuca *et al.*, 2016).

Las proteínas de la hidromedusa *P. physalis* estimulan la excitotoxicidad causada por la entrada de calcio a las células, no sólo en cardiomiocitos sino también en otras líneas celulares; esto se acompaña por el incremento de la lactato deshidrogenasa extracelular, este aumento está relacionado con la pérdida de la integridad de la membrana celular lo que implica la presencia de proteínas citotóxicas (Becerra-Amezcuca *et al.*, 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

Se seleccionaron cinco playas ubicadas en el Municipio Habana del Este, en la costa norte occidental de Cuba (Fig. 1). Estas poseen características físicas, geográficas, recreativas y ambientales para el esparcimiento de la comunidad cercana (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000). Las playas elegidas son:

1. Cojímar: con una extensión de 370 m; se encuentra situada 7,5 km al este de la boca de la bahía de La Habana, en los 23°10' N y los 82° 18' O. Esta posee forma de bolsa se caracteriza por su arena color gris parduzca (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000). Es un área altamente contaminada, consecuencia del mal manejo de la zona y al desagüe del río homónimo, el cual está altamente contaminado por los desechos que vierten las fábricas y los microvertederos desde casas o directamente de las personas aledañas al área (Ramos *et al.*, 2005).

2. Bacuranao: con una extensión de 319 m, a 12 km al este de la boca de la bahía de La Habana, en los 23°11' N y los 82° 15' O, con forma de bolsa, caracterizada por su arena color gris parduzca y por presentar la desembocadura del río Bacuranao (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000).

3. Tarará: con una franja costera de 500 m, a 16 km al este de la boca de la bahía de La Habana, en los 23° 11' N y los 82°12' O, con forma relativamente lineal y caracterizada por ser una gran atracción turística por su arena fina (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000).

4. Mégano: con una extensión de 500 m, a 17 km al este de la boca de la bahía de La Habana,

en los 23° 11' N y los 82°12' O, con forma relativamente lineal contigua a la playa Tarará, caracterizada también por su atracción turística y su arena fina (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000).

5. Santa María del Mar: con 3 km de extensión costera continua a la playa Mégano; localizada a 18,5 km al este de la boca de la bahía de La Habana, en los 23°11' N y los 82°11' O, con forma relativamente lineal. Es una de las playas más cotizadas por los bañistas por su arena fina, cuenta con la presencia de dunas y de instalaciones turísticas y recreativas (Comisión Nacional de Nombres Geográficos, 2000). De esta última se seleccionó una franja de 500 m para su estudio.

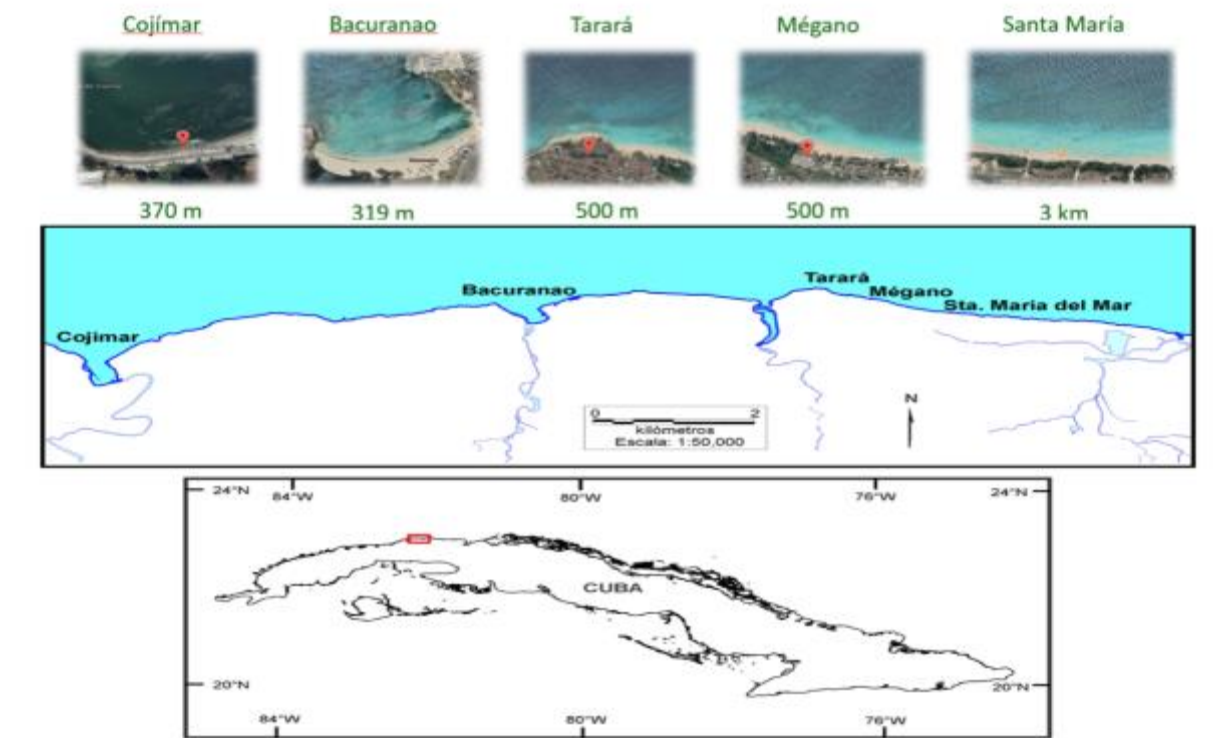


Figura 1. Esquema que muestra la ubicación de las cinco playas estudiadas al noroeste de Cuba.

3.2. Toma de datos

El muestreo se realizó mensualmente, con una estación en cada una de las cinco playas, de mayo del 2018 a mayo del 2019. Para medir la longitud de la playa se siguió el método empleado por Areces *et al.* (1993), modificado de acuerdo las características de las playas. La medición se realizó con una cinta métrica y con la ayuda de un mapa, a partir de las coordenadas tomadas con un GPS, mediante el programa MapInfo Professional 10.5. Se ubicaron transectos de 50 m equidistantes (separados 5 m entre cada uno), paralelos a la línea de la costa, de modo que se abarcó aproximadamente el 75 % de la longitud de la playa. En cada transecto, se localizaron cinco puntos para Cojímar y Bacuranao y siete puntos para Tarará, Mégano y Santa María, usando una tabla de números aleatorios, escogidos antes de ir al campo. La cantidad de puntos aleatorios por transecto fue en dependencia de la longitud de las playas muestreadas (Fig. 2). En cada punto, se ubicó un marco cuadrado de 25 x 25 cm en la zona más cercana al mar donde comenzaba la arribazón de macrófitas. Este marco fue trasladado perpendicularmente al transecto tantas veces como fue necesario, para que abarcara el ancho de la franja de arribazón en el mesolitoral. En cada punto se tomó toda la biomasa de macrófitas que cayó dentro del marco, se pesó la biomasa húmeda *in situ* con una balanza manual de resorte y posteriormente se secó en una estufa hasta que se obtuvo el peso seco en una balanza técnica. Se recolectaron las especies encontradas para su identificación posterior en el laboratorio. Estas se colocaron en una bolsa debidamente etiquetada, fijadas con sal común. Se identificaron las especies de macrófitas (mayores de 1 cm) que más abundaron en las arribazones, con el empleo de la literatura especializada (Taylor, 1960; Littler & Littler, 2000; Littler *et al.*, 2008). Para la clasificación taxonómica se siguió el criterio de Guiry y Guiry (2019).

Para *P. physalis* se contó el número de colonias por transecto en cada una de las cinco playas.

En cada muestreo se tomó la fecha, el número del transecto y de cuadrados, así como el estado general del tiempo (presencia de frente frío, día lluvioso o soleado, vientos u otra información que pudo resultar relevante).

Se descargaron datos de las variables velocidad y dirección del viento, altura de la ola y temperatura de 7 días anteriores a cada muestreo en la zona de estudio, del sitio web Windguru (<https://www.windguru.cz/>). Esta información se origina a partir del modelo GFS (Global Forecast System) con una resolución de 27 km, que funciona en cuatro tramos por día (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, y 18 UTC). Además, se anotaron los estados sinópticos que aparecen en los Resúmenes Mensuales del sitio del Instituto de Meteorología (<http://www.insmet.cu/>).

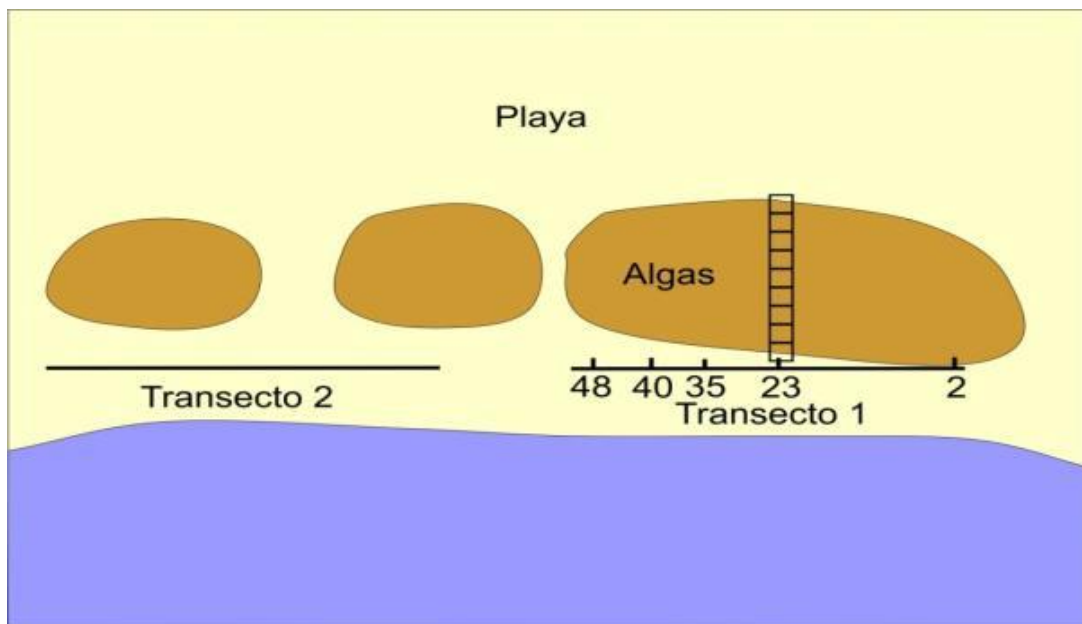


Figura 2. Esquema que muestra la ubicación de los transectos y los cuadrados durante los muestreos.

3.3. Análisis de datos

Con los datos recopilados se promedió la biomasa seca por mes en cada playa en gramos y junto con el ancho de cada una de las bandas se extrapoló al largo total del largo de la playa para calcular la Biomasa Total (kg). Se hallaron las medias del número de marcos cuadrados, que representa el ancho de la banda de arribazón en la orilla, y el número de colonias de *Physalia* por mes.

Se analizaron las diferencias en los valores de la biomasa total de arribazón (kg) de macrófitas entre las cinco playas y los meses muestreados utilizando MS Office Excel 2010.

Se analizaron las variaciones temporales (entre meses) y espaciales (entre playas) de la biomasa seca promedio de macrófitas (g), del número promedio de colonias de *P. physalis* y del número promedio de marcos cuadrados por meses en cada playa. Como no cumplieron con la distribución normal, según las pruebas de Kolmogorov Smirnov y Lilliefors, se realizó un análisis no paramétrico de múltiples muestras independientes de Kruskal-Wallis por rangos utilizando el programa Statistica 10 (Statsoft Inc., 1984-2011).

La lista de especies fue elaborada y organizada en el MS Office Excel 2010.

Para analizar si hay relación entre el número de marcos cuadrados, la biomasa seca de macrófitas y el número de *P. physalis*, se realizó la prueba de correlación por rangos de Spearman.

Para explorar las relaciones entre la biomasa seca de macrófitas y el número de *P. physalis* con las variables meteorológicas y oceanográficas, se utilizó un análisis de componentes principales (PCA) con el software libre R (R Core Team, 2019). Para este análisis se promediaron los valores de biomasa seca de macrófitas (g) y el número de colonias de *P.*

physalis para la zona de Habana del Este muestreada y los valores máximos de las variables meteorológicas por mes. Se usó la dirección del viento que más predominó por mes.

4. RESULTADOS

4.1. Evaluación de las arribazones de macrófitas

Durante la temporada de estudio de las arribazones de macrófitas de mayo/2018 a mayo/2019 se encontraron arribazones en los meses de mayo/18, junio, julio, octubre, noviembre, diciembre, enero, marzo y abril. En los meses de agosto, septiembre, febrero y mayo/19 no se encontraron arribazones (Fig. 3). Los valores más altos de la biomasa seca total de arribazón se encontraron en los meses de mayo/18, noviembre, diciembre, enero y marzo para las cinco playas (Fig. 3). Las playas de Santa María, Mégano y Tarará fueron las de mayor biomasa total de arribazón, siendo Santa María donde más entrada hubo a lo largo del período de estudio y Cojímar la de menos.

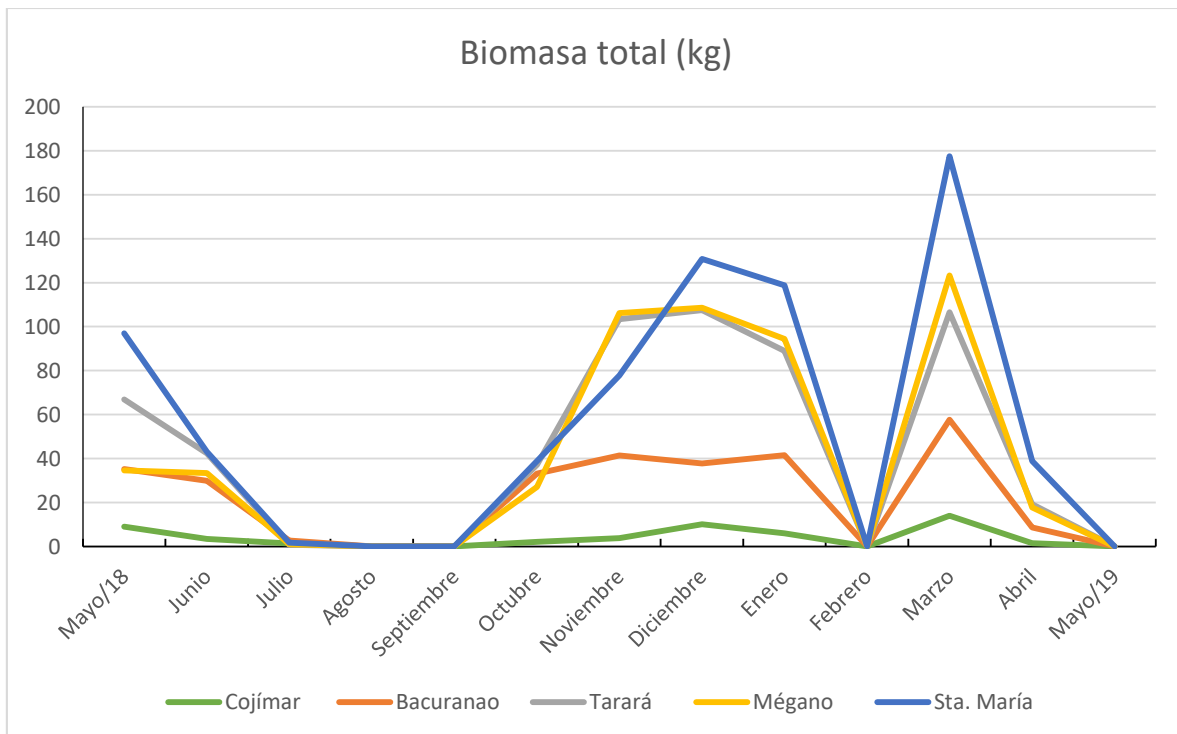


Figura 3. Variaciones temporales (meses) y espaciales (playas) de la biomasa seca total (kg) de macrófitas en el período de muestreo (mayo/2018 a mayo/2019).

Hubo diferencias significativas para la biomasa seca promedio de macrófitas arribada entre las playas según la prueba de Kruskal-Wallis: $H(4, N=1415) = 382,2301$ $p = 0,000$ (Fig. 4). Las playas de Cojímar y Bacuranao tuvieron los menores valores de arribazón con respecto a las playas Tarará, Mégano y Santa María (Fig. 5). La playa de Tarará y Mégano tuvieron diferencias significativas con todas las playas excepto entre ellas. Santa María con los mayores valores de arribazones tuvo diferencias significativas con respecto a las demás playas. Los meses de mayo/2018, noviembre, diciembre, enero, marzo/2019 fueron registrados con los mayores valores de biomasa seca de arribazón. El mes de mayo/2018 tuvo diferencias significativas con respecto a todos los meses excepto con noviembre. Los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo/2019 reportaron los más altos valores teniendo diferencias significativas en relación con el resto de los meses muestreados, exceptuando noviembre como se mencionó anteriormente. Prueba de Kruskal-Wallis: $H(12, N=1415) = 731,2080$ $p = 0,000$.

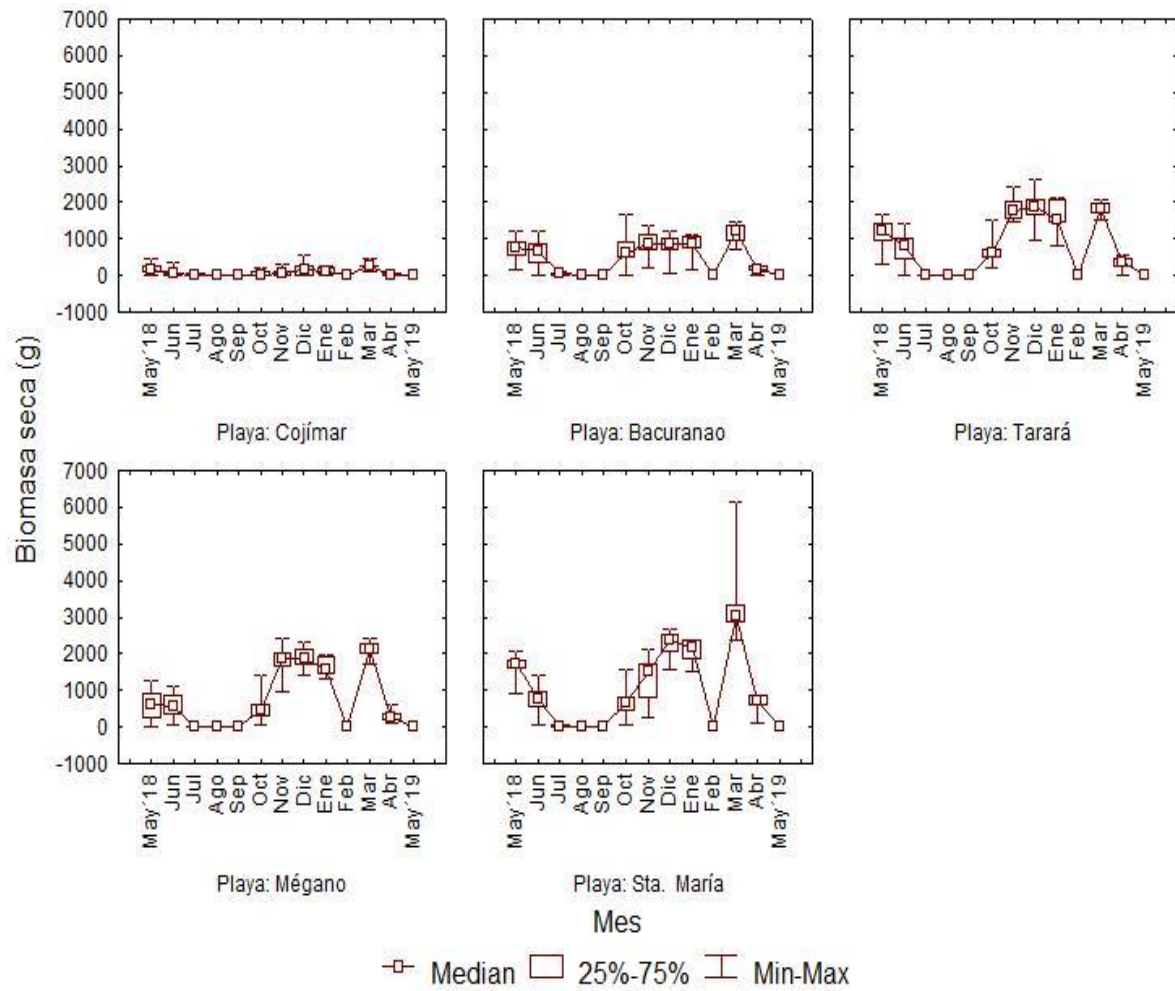


Figura 4. Variaciones temporales y espaciales de la biomasa seca promedio (g) de macrófitas en el período de muestreo (mayo/2018 a mayo/2019).



Figura 5. Arribazones de macrófitas en cinco playas de Habana del Este. A) Cojímar B) Bacuranao C) Tarará D) Mégano E) Santa María.

Se encontraron diferencias significativas en el número promedio de marcos cuadrados entre las playas analizadas según la prueba de Kruskal-Wallis: $H(4, N=1415) = 39,1162$ $p=0,000$. Cojímar y Bacuranao con los valores más bajos tuvieron diferencias significativas con respecto a las demás playas (Fig. 6). Sin embargo las playas de Tarará, Mégano y Santa María tuvieron diferencias significativas con respecto a Cojímar y Bacuranao pero no entre ellas. Los meses de noviembre, diciembre y enero con altos valores de ancho de banda de arribazón de macrófitas tuvieron diferencias significativas con respecto a los otros meses, pero no entre ellos. El mes de marzo fue el mes de mayores valores registrados teniendo diferencias significativas en relación a todos los demás meses muestreados. Prueba de Kruskal-Wallis: $H(12, N=1415) = 727,6932$ $p=0,000$.

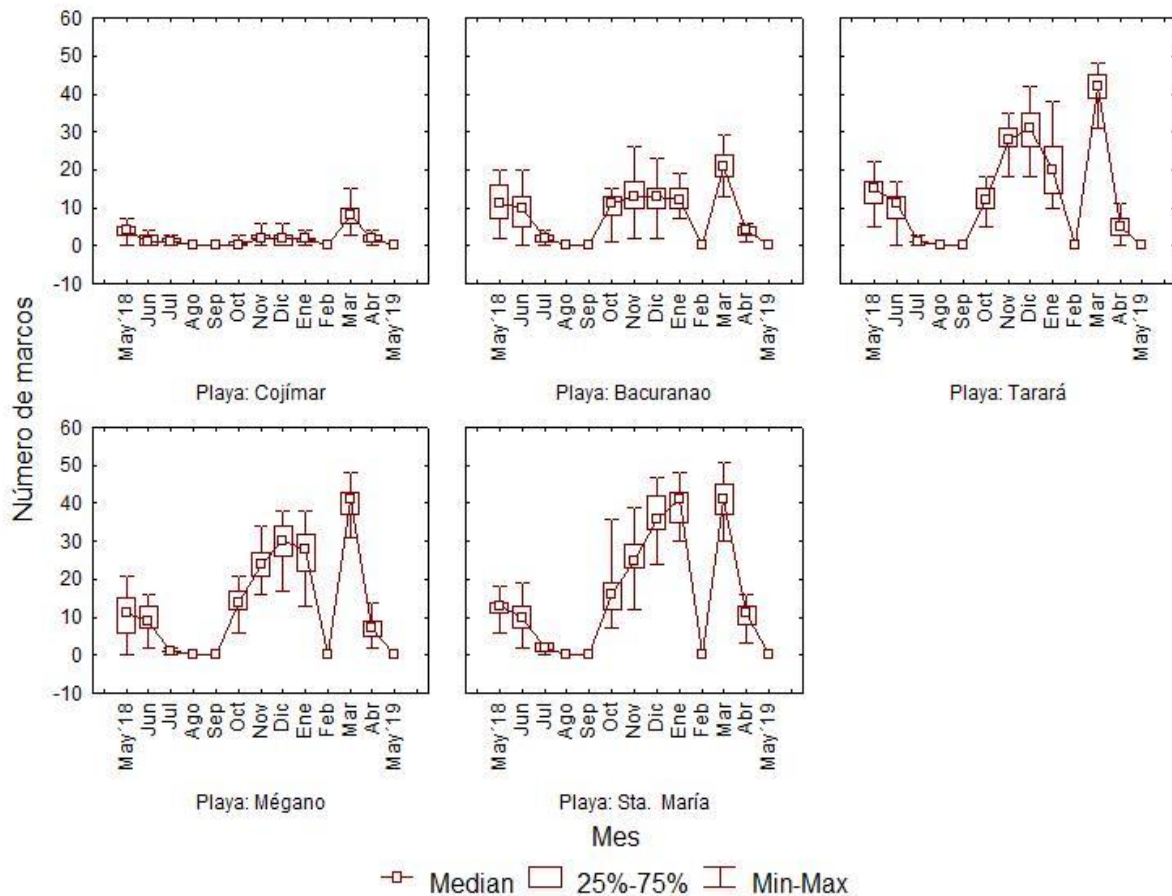


Figura 6. Variaciones temporales y espaciales del número promedio de marcos cuadrados de arribazón de macrófitas en el período de muestreo (mayo/2018 a mayo/2019).

4.2. Lista de especies de las arribazones de macrófitas.

Se registraron un total de 111 especies de macrófitas (107 macroalgas y cuatro angiospermas marinas) en las arribazones (Tabla 1). Fueron identificadas 37 especies para Cojímar (diez Chlorophyta, 13 Ochrophyta, 12 Rhodophyta y dos Tracheophyta), 44 especies para Bacuranao (19 Chlorophyta, 12 Ochrophyta, 11 Rhodophyta y dos Tracheophyta), 64 especies para Tarará (23 Chlorophyta, 16 Ochrophyta, 22 Rhodophyta y tres Tracheophyta), 73 especies para Mégano (30 Chlorophyta, 20 Ochrophyta, 19 Rhodophyta y cuatro Tracheophyta) y 65 especies para Santa María (31 Chlorophyta, 14 Ochrophyta, 16

Rhodophyta y cuatro Tracheophyta). Las más comunes y abundantes en las arribazones fueron las especies de sargazo de vida pelágica *Sargassum natans* I, *S. fluitans* y *S. natans* VIII (Fig. 7). Además, se reportaron comunes en las cinco playas las especies de macroalgas verdes *Cladophoropsis membranacea* (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen, *Halimeda discoidea* Decaisne y *Ulva lactuca* Linnaeus; las pardas *Dictyota ciliolata* Sonder ex Kützing, *Lobophora* cf. *variegata*, *Styopodium zonale* (J. V. Lamouroux) Papenfuss y *Taonia abbottiana* D. S. Littler & Littler; las rojas *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh, *Gracilaria mammillaris* (Montagne) Howe, *Jania adhaerens* J. V. Lamouroux y *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey, así como las angiospermas marinas *S. filiforme* y *T. testudinum*.

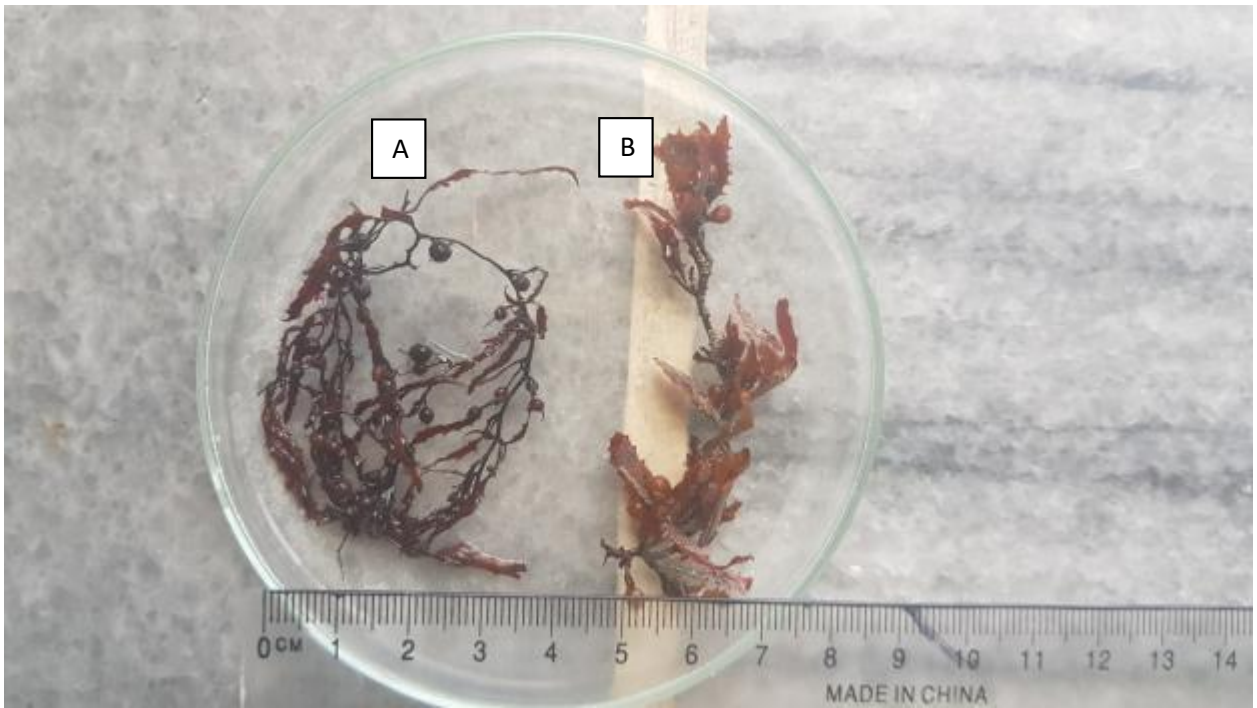


Figura 7. Hábito de las tres formas de *Sargassum* pelágico a) *S. natans* I, b) *S. fluitans* III, c) *S. natans* VIII.

Tabla 1. Lista de taxones encontrados en las arribazones de macrófitas en la playa de Cojímar, Bacuranao, Mégano, Tarará y Santa María de mayo del 2018 a mayo del 2019. **Especies que fueron encontradas con mayor frecuencia en las cinco playas.

Taxones	Cojímar	Bacuranao	Tarará	Mégano	Santa María
Chlorophyta					
<i>Acetabularia crenulata</i> J. V. Lamouroux		X	X		X
<i>Acetabularia myriospora</i> A.B. Joly & Cordeiro-Marino					X
<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh,		X	X	X	X
<i>Avrainvillea digitata</i> D. S. Littler & Littler		X	X	X	X
<i>Avrainvillea fulva</i> (M. Howe) D. S. Littler & M. M. Littler					
<i>Avrainvillea nigricans</i> Decaisne		X		X	X
<i>Batophora occidentalis</i> var. <i>largoensis</i> (J. S. Prince & S. Baker) S. Berger & Kaeffer ex M. J. Wynne			X		X
<i>Batophora oerstedii</i> J. Agardh	X			X	
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Agardh	X	X			X
<i>Bryopsis ramulosa</i> Montagne	X	X		X	
<i>Caulerpa ashmeadii</i> Harvey			X		X
<i>Caulerpa cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh		X			
<i>Caulerpa paspaloides</i> (Bory) Greville			X	X	X

<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J. V. Lamouroux						X
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh				X		X
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S. G. Gmelin) M. Howe				X		X
<i>Caulerpa taxifolia</i> (M. Vahl) C. Agardh		X				
<i>Chaetomorpha crassa</i> (C. Agardh) Kützing				X		X
<i>Chaetomorpha gracilis</i> Kützing	X			X		X
<i>Chaetomorpha linum</i> (O. F. Müller) Kützing		X				
<i>Chaetomorpha vieillardii</i> (Kützing) M. J. Wynne		X				
<i>Cladophora catenata</i> Kützing						X
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing				X		X
<i>Cladophoropsis membranacea</i> (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen**	X	X	X	X	X	X
<i>Codium intertextum</i> Collins & Hervey		X	X	X	X	
<i>Codium</i> spp.						X
<i>Cymopolia barbata</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux				X		X
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i> (Forsskål) Børgesen				X		X
<i>Halimeda discoidea</i> Decaisne**	X	X	X	X	X	X
<i>Halimeda incrassata</i> (J. Ellis) J. V. Lamouroux		X	X	X	X	X
<i>Halimeda monile</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux					X	X
<i>Halimeda scabra</i> M. Howe			X			X

<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux				X	
<i>Microdictyon boergesenii</i> Setchell				X	
<i>Microdictyon marinum</i> (Bory) P. C. Silva			X	X	X
<i>Neomeris annulata</i> Dickie			X		
<i>Penicillus capitatus</i> Lamarck	X		X	X	X
<i>Penicillus dumetosus</i> (J. V. Lamouroux) Blainville					X
<i>Penicillus pyriformis</i> A. Gepp & E. S. Gepp		X		X	
<i>Phyllodictyon anastomosans</i> (Harvey) Kraft & M. J. Wynne				X	
<i>Rhipocephalus phoenix</i> (J. Ellis & Solander) Kützing					X
<i>Rhipocephalus phoenix f. brevifolius</i> A. Gepp & E. S. Gepp			X		
<i>Rhipocephalus phoenix f. longifolius</i> A. Gepp & E. S. Gepp		X	X	X	
<i>Udotea caribaea</i> D. S. Littler & Littler			X	X	
<i>Udotea fibrosa</i> D. S. Littler & Littler			X		
<i>Udotea goreau</i> D. S. Littler & Littler			X	X	
<i>Udotea luna</i> D. S. Littler & Littler	X	X		X	X
<i>Udotea occidentalis</i> A. Gepp & E. S. Gepp			X		
<i>Udotea spinulosa</i> M. Howe					X
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus	X	X			
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus**	X	X	X	X	X

<i>Valonia macrophysa</i> Kützing				X		
<i>Valonia ventricosa</i> J. Agardh				X		X
Ochrophyta						
<i>Canistrocarpus cervicornis</i> (Kützing) De Paula & De Clerck	X			X		X
<i>Canistrocarpus crispatus</i> (J. V. Lamouroux) De Paula & De Clerck						X
<i>Dictyopteris justii</i> J. V. Lamouroux	X					X
<i>Dictyopteris delicatula</i> J. V. Lamouroux				X		X
<i>Dictyota caribaea</i> Hörnig & Schnetter			X	X	X	X
<i>Dictyota ciliolata</i> Sonder ex Kützing**	X	X		X	X	X
<i>Dictyota guineensis</i> (Kützing) P. L. Crouan & H. M. Crouan						
<i>Dictyota pinnatifida</i> Kützing						X
<i>Lobophora</i> spp.**	X	X		X	X	X
<i>Padina gymnospora</i> (Kützing) Sonders			X			X
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy	X					
<i>Padina sanctae-crucis</i> Børgesen				X		X
<i>Sargassum fluitans</i> (Børgesen) Børgesen**	X	X		X	X	X
<i>Sargassum furcatum</i> Kützing	X	X		X	X	
<i>Sargassum buxifolium</i> (Chauvin) M.J. Wynne**	X	X		X	X	X
<i>Sargassum natans</i> (Linnaeus) Gaillon**	X	X		X	X	X

<i>Sargassum platycarpum</i> Montagne				X	X
<i>Sargassum polyceratium</i> Montagne			X	X	X
<i>Sargassum pteropleuron</i> Grunow					
<i>Sargassum ramifolium</i> Kützing**	X	X	X	X	X
<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh			X	X	
<i>Stypodium zonale</i> (J. V. Lamouroux) Papenfuss**	X	X	X	X	X
<i>Taonia abbottiana</i> D. S. Littler & Littler**	X	X	X	X	X
<i>Turbinaria turbinata</i> (Linnaeus) Kuntze	X			X	X
<i>Turbinaria tricostata</i> E. S. Barton		X	X		
Rhodophyta					
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux		X	X	X	X
<i>Amphiroa rigida</i> J. V. Lamouroux	X	X	X		
<i>Amphiroa tribulus</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	X		X		X
<i>Ceramium brevizonatum</i> var. <i>caraibicum</i> H. E. Petersen & Børgesen			X		X
<i>Ceramium nitens</i> (C. Agardh) J. Agardh	X	X		X	X
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey	X			X	
<i>Chondria polyrhiza</i> Collins & Hervey	X		X	X	
<i>Dasya rigidula</i> (Kützing) Ardissonne			X		X
<i>Dasya spinuligera</i> Collins & Hervey					X

<i>Dichotomaria marginata</i> (J.Ellis & Solander) Lamarck				X	X
<i>Dichotomaria obtusata</i> (J. Ellis & Solander) Lamarck	X	X	X	X	
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C. Agardh**	X	X	X	X	X
<i>Galaxaura rugosa</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux	X	X	X	X	
<i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål) Feldmann & Hamel	X				
<i>Gelidiella trinitatensis</i> W. R. Taylor			X	X	
<i>Gracilaria mammillaris</i> (Montagne) Howe**	X	X	X	X	X
<i>Hydrolithon farinosum</i> (J. V. Lamouroux) Penrose & Y. M. Chamberlain			X	X	X
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing			X	X	X
<i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne			X		
<i>Jania adhaerens</i> J. V. Lamouroux**	X	X	X	X	X
<i>Jania cubensis</i> Montagne ex Kützing			X	X	
<i>Jania pumila</i> J. V. Lamouroux			X		
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux			X		
<i>Laurencia caraibica</i> P. C. Silva			X		
<i>Laurencia intricata</i> J. V. Lamouroux		X	X	X	X
<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackhouse) Greville		X		X	X
<i>Rhodogorgon ramosissima</i> J. N. Norris & Bucher				X	
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey	X	X	X	X	X

<i>Spyridia hypnoides</i> (Bory) Papenfuss			X	X	X
--	--	--	---	---	---

Tracheophyta

<i>Halophila decipiens</i> Ostenfeld			X	X	X
--------------------------------------	--	--	---	---	---

<i>Halophila engelmanni</i> Ascherson				X	X
---------------------------------------	--	--	--	---	---

<i>Syringodium filiforme</i> Kützing**	X	X	X	X	X
--	---	---	---	---	---

<i>Thalassia testudinum</i> K. D. Koenig**	X	X	X	X	X
--	---	---	---	---	---

4.3. Evaluación de las arribazones de *Physalia physalis*

En cuanto al número de colonias de *P. physalis* arribado, se registró un total de 658 a lo largo del período de muestreo, reportándose diferencias significativas sólo entre la playa de Mégano con respecto a Cojímar y Bacuranao según la prueba de Kruskal-Wallis: $H(4, N=299) = 21,78009$ $p = 0,002$. Las demás no tuvieron diferencias significativas con respecto a las otras en cuanto a la arribazón del hidrozoo. (Fig. 8). Mégano fue la playa que más aportó al recibimiento de la fragata. Los meses de mayo/2018, noviembre, diciembre, enero y marzo fueron los más representativos y presentaron diferencias significativas con respecto a los otros meses pero no entre ellos. El mes de junio en la playa de Mégano se comportó diferente con respecto a otras playas, presentando altos valores en la llegada de la fragata portuguesa. Prueba de Kruskal-Wallis: $H(12, N=1415) = 731,2080$ $p = 0,000$.

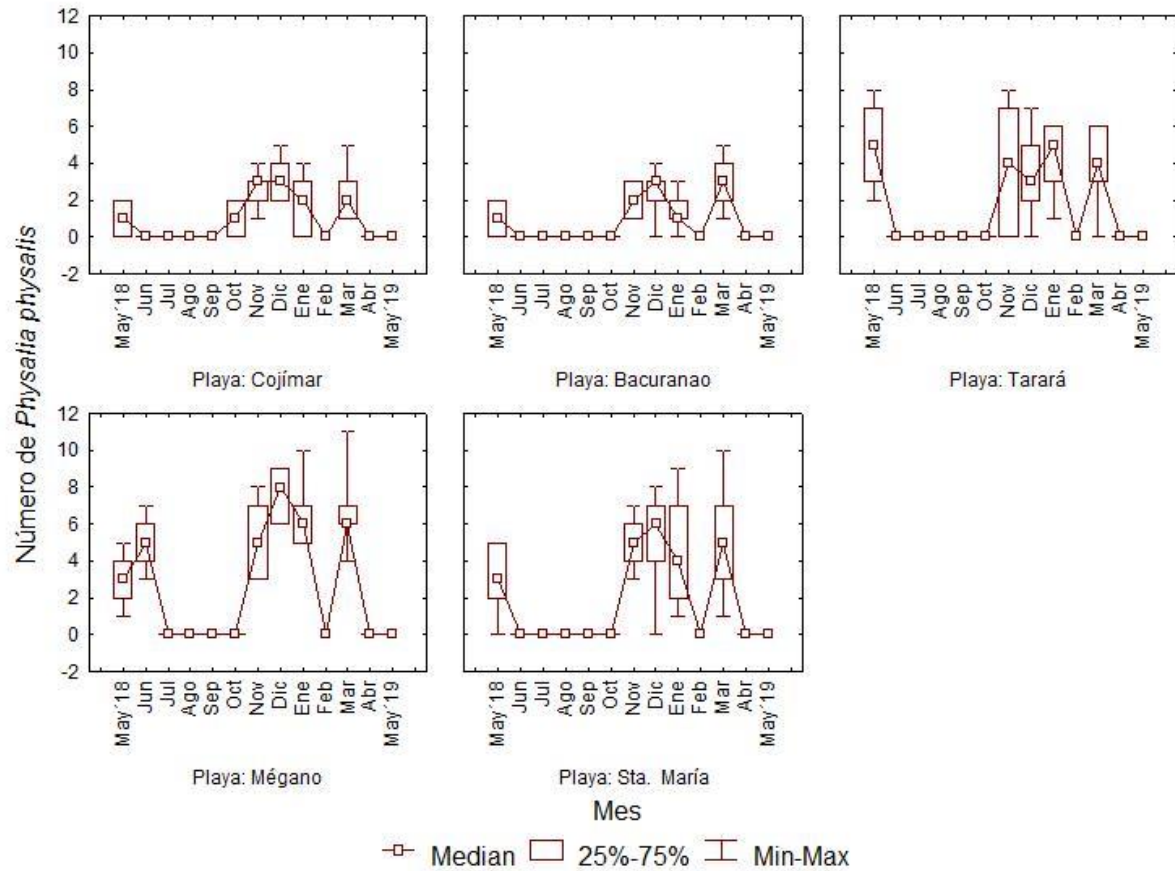


Figura 8. Variación temporal y espacial del número promedio de colonias de *P. physalis* en el período de muestreo (mayo/2018 a mayo/2019).

Según la prueba de correlación de rangos de Spearman hay correlación entre las tres variables analizadas (número de marcos cuadrados, biomasa seca arribada de macrófitas y el número de colonias de *P. physalis*). La mayor correlación se obtuvo entre la biomasa seca y el número de marcos cuadrados (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes de correlación por rangos de Spearman entre el número de marcos cuadrados (Cuad), la biomasa seca (BS) y el número de *P. physalis* (Phys). La correlación es significativa para $p < 0.05$.

	BS	Phys
Cuad	0.984369	0.764911
BS		0.785270

4.4. Relaciones entre las arribazones y las variables meteorológicas

Mediante de un Análisis de Componentes Principales (PCA) se analizó como influyeron las variables meteorológicas y oceanográficas sobre las arribazones promedio de macrófitas y *P. physalis* en la región de Habana del Este muestreada (Fig. 9, Fig. 10), obteniéndose para ambas variables respuestas que las variables velocidad del viento, dirección del viento y altura de las olas fueron las que más influyeron sobre las arribazones. Los mayores valores de estas (velocidad del viento mayores de 33 km/h, olas superiores a los 1.5 m) con direcciones del viento fundamentalmente desde el componente norte coincidieron con los meses de mayor arribazón de macrófitas y de la fragata portuguesa (mayo/18, noviembre/2018, diciembre/2018, enero/2019 y marzo/2019). La temperatura fue la variable que menos influyó, señalando que a menores temperaturas (inferiores a 30°C) se reportaron las mayores arribazones.

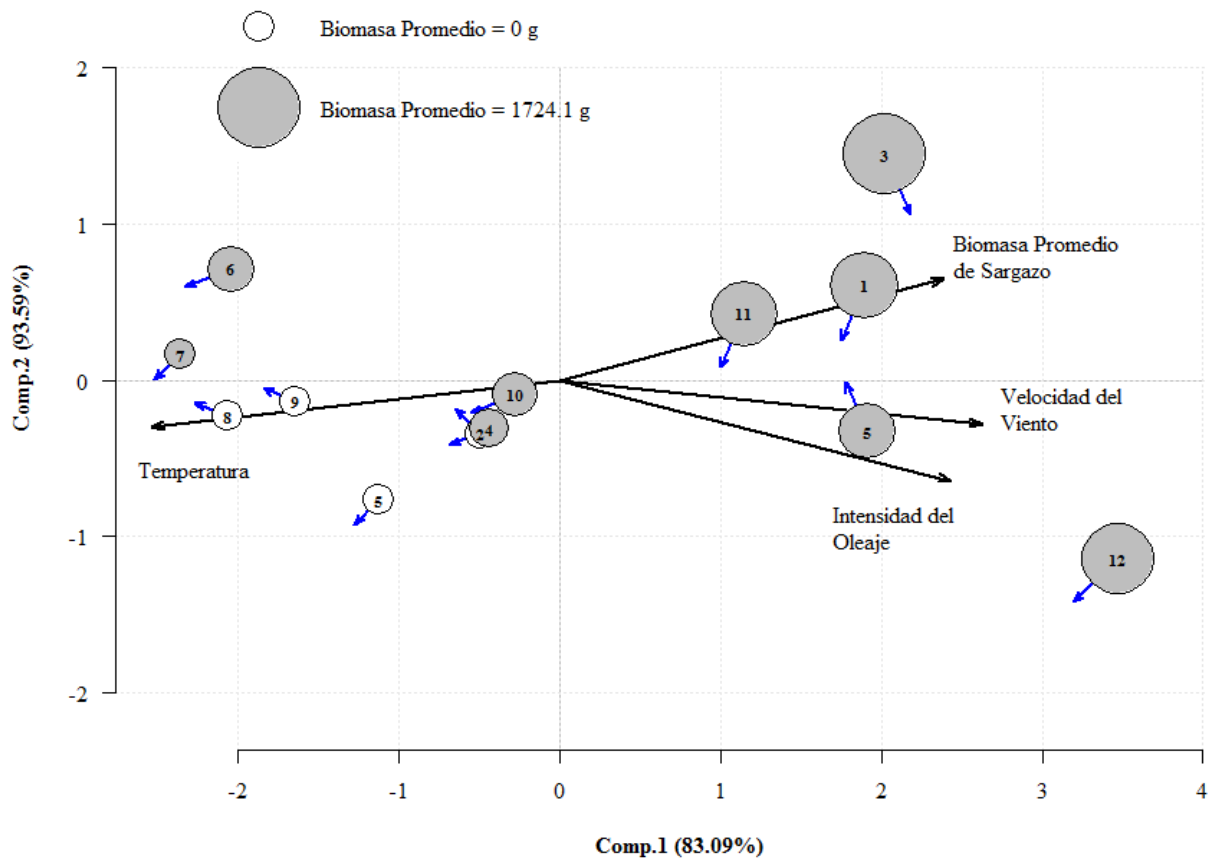


Figura 9. Influencia de las variables meteorológicas y oceanográficas sobre las arribazones promedio de macrófitas en la zona estudiada de Habana del Este. El círculo blanco señala los meses donde no hubo arribazón de macrófitas y el círculo gris señala los meses donde hubo arribazón. El tamaño del círculo señala la cantidad de arribazón. Los números indican los meses (1-enero, 2-febrero, 3-marzo, 4-abril, 5-mayo, 6-junio, 7-julio, 8-agosto, 9-septiembre, 10-octubre, 11-noviembre, 12-diciembre). Las flechas indican la dirección del viento.

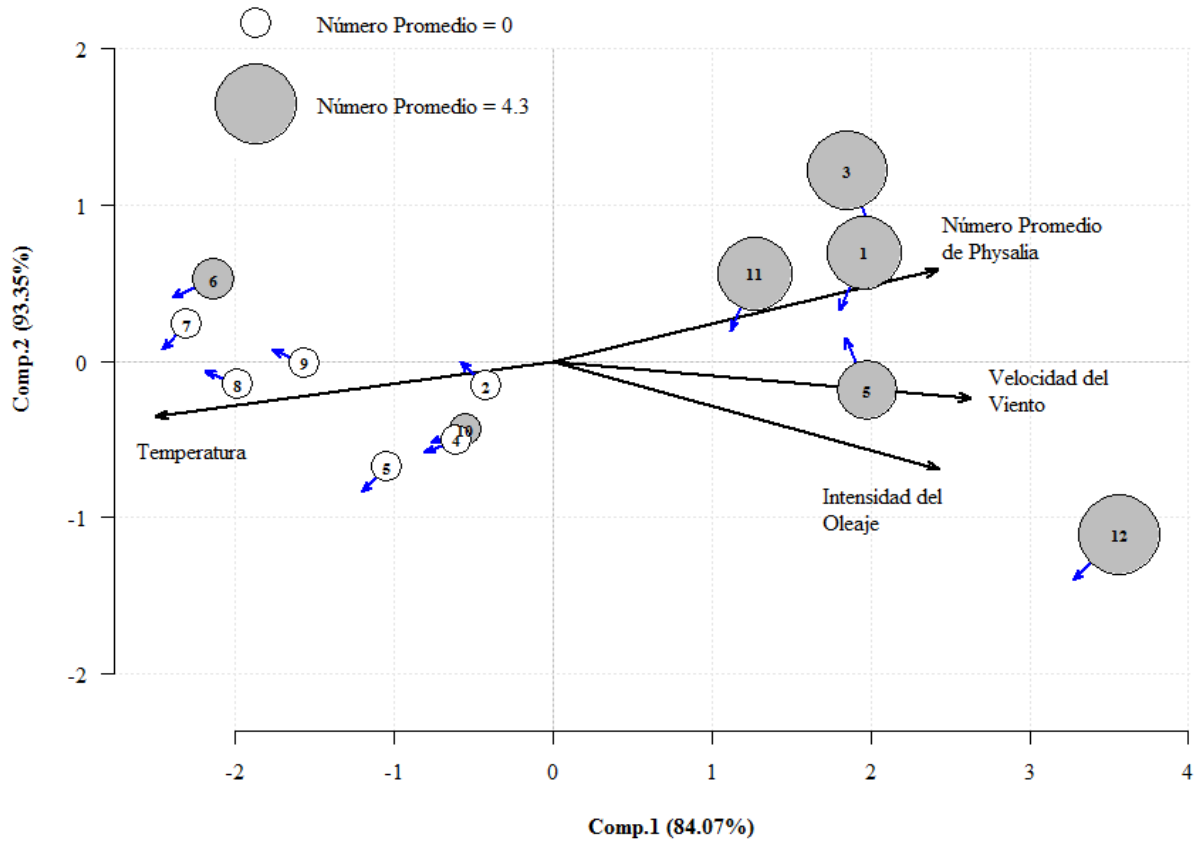


Figura 10. Influencia de las variables meteorológicas y oceanográficas sobre las arribazones promedio de colonias de *P. physalis* en la zona estudiada de Habana del Este. El círculo blanco señala los meses donde no hubo arribazón de macrófitas y el círculo gris señala los meses donde hubo arribazón. El tamaño del círculo señala la cantidad de arribazón. Los números indican los meses (1-enero, 2-febrero, 3-marzo, 4-abril, 5-mayo, 6-junio, 7-julio, 8-agosto, 9-septiembre, 10-octubre, 11-noviembre, 12-diciembre). Las flechas indican la dirección del viento.

5. Discusión

Los meses de noviembre y diciembre coincidieron con Moreira *et al.* (2006) como uno de los meses de mayor arribazón de macrófitas, aunque no con marzo y al menos mayo/2018 en sus resultados que alcanzaron biomasa de arribazón considerables en el período de muestreo. Mayo/2019 sí coincide con los resultados del autor con una biomasa nula. Al parecer mayo/2018 fue un mes inusual influenciado por una situación sinóptica atípica. Esto fue semejante con lo ocurrido en el 2012 en la bahía de Cienfuegos, donde se presentó una situación sinóptica interesante atípica que trajo consigo una arribazón inusual según Moreira y Alfonso (2013). De igual manera pudo pasar con marzo, el cual se comportó como el mes de mayor arribazón de macrófitas. Los meses de agosto, septiembre, febrero y mayo/2019 no reportaron arribazones de macrófitas, mientras que el mes de julio fue prácticamente nula la biomasa arribada, coincidiendo julio, agosto y mayo/19 con los resultados de Moreira *et al.* (2006). Moreira y Alfonso (2013) plantean que las mayores arribazones de macrófitas llegan durante el invierno en la costa norte y en verano en la costa sur. Esto coincide con los resultados reportados en este trabajo, donde la mayor biomasa de arribazón fue fundamentalmente del período seco (invierno). En este estudio la llegada de *P. physalis* ocurrió en los meses de mayor biomasa arribada de macrófitas coincidiendo también en la época de seca (excepto mayo/2018, que al parecer pudo ser una llegada inusual). Canepa *et al.* (2016) señalan que las arribazones de *P. physalis* es típica de meses estivales en las costas de Chile, sin embargo en el 2014-2015 se reportaron de manera atípica los meses entre invierno-primavera como la época donde mayor arribazón se observó del hidrozoo. En este estudio se reportó la llegada de 658 colonias en total para las 5 playas de Habana del Este en el período de muestreo, siendo un número más bajo que las 1021 colonias reportadas para 2014 y las

2780 registradas en el 2015 en las costas de Chile según el estudio de Canepa *et al.* (2016). A pesar de que no se han hecho estudios anteriores sobre las arribaciones de *P. physalis* a las costas cubanas, hay que destacar que las colonias arribadas durante el período de muestreo en solo una pequeña porción del territorio cubano comparadas con las arribadas en toda la costa chilena es proporcionalmente significativa. Para el Mediterráneo Prieto *et al.* (2015) han reportado arribaciones fundamentalmente entre los meses de noviembre y marzo entre los años 2009-2012, arribando hasta 100.000 colonias en el 2010, aunque en los otros años han llegado menos de 60 colonias. Estos autores han reportado también la llegada atípica en meses de verano del hidrozoo.

El ancho de banda de arribazón de macrófitas medido por número de marcos cuadrados tuvo los menores valores en las playas de Cojímar y Bacuranao, coincidiendo con los valores bajos o nulos de biomasa seca de macrófitas. Santa María, Mégano y Tarará presentaron un ancho de banda de arribazón mayor (hasta los 10 m en los períodos de mayor arribazón), relacionado con la mayor llegada de macrófitas a la zona. Según la prueba de correlación de rangos de Spearman el número de marcos cuadrados y la biomasa seca de arribazón de macrófitas tienen una alta correspondencia, por lo que entre más biomasa arribó, mayor era el ancho de banda en la franja de la playa.

La distribución de las macrófitas y de *P. physalis* sobre las costas no fue homogéneo a pesar de ser playas con cierto grado de cercanía. Las playas Santa María, Tarará y Mégano fueron las de mayor biomasa de arribazón de macrófitas y de colonias de *P. physalis* encontradas con respecto a Cojímar y Bacuranao. Estas playas se diferencian en cuanto a su geomorfología y perfil costero. Santa María, Mégano y Tarará con perfil costero relativamente lineal, mientras Cojímar y Bacuranao con un perfil en forma de bolsa o herradura. Moreira *et al.* (2006)

plantea la geomorfología como un condicionante y un aspecto a tener en cuenta a la hora de evaluar la biomasa de arribazón de macrófitas a las costas. Este autor señala que la ubicación de las zonas donde el aporte de algas resulta significativo, no es ni regular a lo largo del borde del litoral, ni el aporte tiene una estacionalidad similar. Por lo que la forma de herradura de las playas Cojímar y Bacuranao pudiera estar limitando la entrada de arribazones de macrófitas y de la fragata a línea costera.

Castillo Arenas y Dreckmann (1995) registraron: 12 especies de Chlorophyta, 14 de Ochrophyta y 14 de Rhodophyta en las arribazones de Punta Cancún y Puerto Morelos; con una talla de diez a más de 40 cm, para ampliar el conocimiento de la composición taxonómica de las arribazones. En este trabajo se identificaron un total de 111 especies (53 Chlorophyta, 25 Ochrophyta, 29 Rhodophyta y cuatro Tracheophyta), con una talla mayor de 1 cm, obteniéndose una diversidad alta de ejemplares de macrófitas en las arribazones de macrófitas. Según Suárez *et al.* (2015) estas especies han sido registradas con anterioridad en el norte, entre las provincias La Habana y Matanzas. Las especies comunes para las cinco playas muestreadas coincidieron ser comunes y abundantes en toda la plataforma marina cubana según Suárez *et al.* (2015), para biotopos fangosos-arenosos, rocosos y arrecifales. Además, la gran mayoría forman parte de la flora algal del Atlántico occidental tropical y subtropical (Wynne, 2017).

Las más comunes y abundantes en las arribazones fueron las especies de sargazo de vida pelágica *S. natans I*, *S. fluitans III* y *S. natans VIII*, las cuales contribuyeron a un 80% de la biomasa total de macrófitas. *S. fluitans* típica del Mar de los Sargazos se encontró a lo largo de todo el período de muestreo en los meses de arribazón al igual que *S. natans I*. Además, se encontró en biomasa considerable una variedad rara de *S. natans* descrita por Schell *et al.*

(2015) la cuál posee características similares a *S. fluitans III* y a *S. natans I*. Posee filoides con mayor proporción en largo y ancho que la *S. natans* común y *S. fluitans*, tiene la característica ausencia de espinas en el estípe de *S. natans* y la presencia de rara vez de espinas en las vesículas de gas. Esto difiere con los resultados de Zúñiga Ríos (1996) para Playa Larga, donde plantea que las mayores arribazones de sargazo fueron de hábitos bentónicos, específicamente de *Sargassum buxifolium* (Chauvin) M.J. Wynne. Los resultados coinciden con Moreira *et al.* (2006) y Moreira y Alfonso (2013), donde la mayor parte de las arribazones son de *S. fluitans*, aunque en este trabajo las dos especies de *Sargassum* de vida pelágica estuvieron visiblemente presentes de igual forma lo largo de todo el año. De los morfotipos de sargazo de vida pelágica *S. fluitans III*, *S. natans I* y *S. natans VIII* en las cinco playas muestreadas, *S. natans I* es fundamentalmente del Mar de los Sargazos y *S. fluitans III* puede estar desde el norte al sur del Atlántico según Schell *et al.* (2015). Sin embargo estos autores plantean que *S. natans VIII* es fundamentalmente del Occidente del Atlántico Tropical, del Oriente del Caribe y en la corriente de las Antillas en general. Según Schell *et al.* (2015) la morfología de la especie *S. natans* varía en estos sitios con respecto al sur del Mar de los Sargazos.

En el otoño del 2014 la concentración media de sargazo en el Caribe era diez veces más grande que la registrada en el evento de 2011-2012 y 300 veces mayor que la de cualquier otro otoño en las últimas dos décadas; mientras que en el Mar de los Sargazos no se registraron diferencias significativas entre ambos períodos Schell *et al.* (2015). Al parecer la entrada de estas especies hacia las costa norte de Cuba no viene en un solo sentido, dígame Mar de los Sargazos, sino también desde el golfo de México y del sur através de la Corriente Ecuatorial y de las Antillas ante la presencia de *S. natans VIII*. En contraste con el Mar de los

Sargazos, que es oligotrófico (Morel *et al.*, 2010), en la región sur tropical del Atlántico hay descarga de nutrientes desde el río Amazonas y de un afloramiento en el occidente Africano, incrementando la biomasa algal en esa región y por consecuente las llegadas hacia el Caribe (Wang *et al.* 2019). La gran cantidad de sargazo pelágico en el Caribe se ha atribuido al alto contenido de nutrientes de estas aguas del sur, y posiblemente la eutrofización de aguas costeras caribeñas también pudo aportar a la biomasa algal (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016).

Fernández *et al.* (2016) plantean que un inconveniente a usar *Sargassum* spp. como fertilizantes podrían ser los altos niveles de sodio, calcio y magnesio presentes que podrían causar la salinización de los suelos de cultivo. Además indican que estas algas pudieran ser posibles bioacumuladoras de metales. Por lo que no se recomendaría usar el sargazo que llega a la playa de Cojímar (altamente contaminada), debido que podría tener bioacumulados ciertos metales que hacen inutilizable estas algas como fertilizante y para la industria en general.

A lo largo del estudio se encontraron pocos ejemplares de macrófitas que conservaran la estructura basal de adhesión al sustrato. Según Dreckman y Senties (2013) las especies se desprenden en consecuencia a la dinámica oceanográfica de la zona (corrientes superficiales predominantes y temporada ciclónica), estructura por edades y estacionalidad de las mismas. Además, estos autores plantean que en la época en que comienza la temporada ciclónica, una gran cantidad de especies tanto estacionales como perennes liberan ejes o talos completos, los cuales pueden ser arrastrados por las corrientes y depositados finalmente en las playas, como consecuencia directa de contracorrientes de zonas someras y por los efectos asociados a las puntas o cabezas de bahías.

Las especies *Ulva lactuca* Linnaeus y *Ulva intestinalis* Linnaeus predominaron en las playas de Bacuranao y Cojímar, especialmente en esta última. Según Ramos *et al.* (2015) Cojímar recibe la influencia de contaminantes provenientes del río homónimo, así como del vertimiento de residuales por desagües y vertederos desde casas que colindan con la zona. Esto pudo favorecer el crecimiento de estas algas típicas de zonas eutrofizadas. El crecimiento de estas algas en Bacuranao se restringe a la desembocadura del río, el cual puede traer nutrientes para la proliferación de estas en esa zona. Según Páez-Osuna *et al.* (2000) estas especies de clorofíceas son bioindicadoras de contaminación en aguas costeras debido a su mayor abundancia y heterogeneidad en la composición química. Todo indica que en estas dos playas, parte de las macroalgas que llegan a la orilla proceden de los fondos de las mismas, en vez de ser arrastradas por el viento y la circulación de las aguas. En las otras tres playas, al tener forma lineal y estar más expuestas al viento, la composición de las arribazones depende más de especies pelágicas y de las que viven en los fondos rocosos y arrecifales de la plataforma marina cubana.

Según el análisis de componentes principales el viento (velocidad y dirección) fue la variable que más influyó sobre la arribazón de biomasa de macrófitas y en una menor medida la altura de las olas. La temperatura se comportó inversamente proporcional a la biomasa, donde a menores temperaturas mayor biomasa reportada por mes, coincidiendo estos valores con las condiciones generadas por frentes fríos. Brooks *et al.* (2018) plantean que la advección constituye un elemento determinante en la distribución de sargazo en el Atlántico. De los meses en los que mayor biomasa seca de arribazón de macrófitas fue registrada: noviembre, diciembre, enero y marzo estuvieron influenciados por la presencia de frentes fríos (www.insmet.com) con vientos desde el norte que superaban los 33 km/h desde el

componente norte y olas con una altura superior a los 1.5 m que provocaron la llegada y permanencia de varios ejemplares sobre la arena de las playas analizadas. Los meses de mayor arribazón ocurrieron con la entrada de 2 o más frentes fríos durante el mes (Anexo 1) y marcaron el inicio de las arribazones de invierno en octubre con la formación del huracán Michel y la entrada del primer frente frío de la temporada, la cual concluyó en abril. Febrero a pesar de estar en la temporada de frentes fríos del período invernal no presentó arribazones de macrófitas. Esto pudo ser debido a que solo ocurrió un frente frío en el mes, acompañado de condiciones meteorológicas con valores máximos inferiores (velocidad del viento máxima 28 km/h y altura de las olas máxima de 1.3 m) a las que reportaron los meses de gran arribazón al norte. Mayo/2018 pudo ser un mes atípico, debido a que presentó fuertes vientos que, aunque en su mayoría provenían desde el sur, hubo algunos días con dirección del norte con velocidades de hasta 42 km/h acompañados de fuertes lluvias, marejadas y oleaje (de hasta 2.2 m) que pudo favorecer la arribazón de cantidades significativas de macrófitas. A diferencia, el mes de mayo/2019 presentó vientos que alcanzaron velocidades de 25 km/h y olas con 1.6 m de altura. Mayo/2018 tuvo la aparición del ciclón tropical Alberto (www.insmet.com), el cuál se trasladó por el oeste de Cuba hacia el golfo de México. El golfo de México desarrolla grandes masas flotantes de *Sargassum* durante la primavera provenientes del Mar de los Sargazos (Heller, 2000). Pudo haber ocurrido que esta tormenta tropical haya trasladado esas masas de sargazo con los fuertes vientos generados hacia la costa norte de Cuba, las cuales coincidían con el período (primavera) en que mayores desarrollos estos alcanzan en el golfo. Marzo se comportó como el mes que mayor arribazón aportó de todos. El 18 de marzo entró un frente frío al país acompañado de influencias anticilónicas con vientos que alcanzaron los 34 km/h, con dirección Noreste

(www.insmet.com). Autores como Zuñiga (1996), Pazos *et al.* (1996), Moreira *et al.* (2006) indican la presencia de frentes fríos, presencia de Anticiclón Continental, vientos del componente Norte y Norte- Noreste, velocidades del viento mayores de 11-19 km/h y altura de las olas por encima de 5 m como parámetros que favorecen la llegada de arribazones al norte de Cuba.

Los meses de mayor arribazón de *P. physalis* estuvieron correlacionados con los meses de mayor arribazón de macrófitas, especialmente de sargazo según la prueba de correlación de rangos de Spearman. No se ha realizado un estudio que evalúe las llegadas de manera conjunta de *Sargassum* spp. y de *P. physalis*, pero al ser ambas especies influenciadas por factores meteorológicos y oceanográficos similares, esto pudiera condicionar la llegada al unísono.

De igual manera el viento (velocidad y dirección) y en una menor medida la altura de las olas fueron los parámetros que más influyeron sobre las llegadas de *P. physalis*, según el análisis de componentes principales. La temperatura se comportó inversamente proporcional a los meses que mayor número de colonias reportaron. El viento es el principal mecanismo que controla el rumbo de la fragata portuguesa (Ferrer & Pastor, 2017). Según estos autores la *P. physalis* es típica de las aguas cálidas de la Florida, de la Corriente del golfo, del golfo de México, el Mar Caribe y el Mar de los Sargazos. Pudiera estar sucediendo que con los fuertes vientos del norte que generan los frentes fríos en los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo en Cuba estén impulsando la llegada desde el Mar de los Sargazos y el golfo de México no solo arribazones de sargazo sino también la llegada de la fragata. Para mayo/2018, los fuertes vientos generados por la aparición del ciclón tropical Alberto, el cual se internó en el golfo de México pudo ocasionar la llegada de colonias hacia la costa norte de Cuba, dado

que el golfo de México es un sitio de aconglomeración de *P. physalis* según Ferrer y Pastor (2017). Iosilevskii y Weihs (2009) plantean que *P. physalis* navega con su neumatóforo alineado en dirección donde los vientos son más fuertes, y Canepa y Palma (2015) que ante condiciones de marejadas sostenidas se favorece el desplazamiento de las colonias.

En este trabajo el análisis de componentes principales muestra lo planteado por Ferrer y Pastor (2017) y Rodríguez-Martínez *et al.* (2016) al ser el viento (velocidad y dirección) el principal parámetro a tener en cuenta en las arribazones de *P. physalis* y de macrófitas respectivamente, siendo la variable que más contribuyó a la variación acumulada de las arribazones. La intensidad del oleaje (para valores mayores de 1.5 m de altura) y la temperatura (para valores menores de 30°C) aportaron también a la variación acumulada, recalcando que en el período de muestreo las mayores arribazones a la costa norte de Cuba fueron en época de seca, salvo la aparición de alguna situación sinóptica atípica.

Las arribazones de sargazo traen consigo que con su descomposición en las playas y aguas litorales se afecten los ecosistemas costeros, la salud humana y la industria turística, que es el motor económico de muchos países del Caribe (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2016). Bamba *et al.* (2013) plantean que la descomposición de *Sargassum* en las costas y playas puede provocar anoxia y el incremento de sulfuro de hidrógeno venenoso, lo cual es dañino para los animales marinos y humanos. *P. physalis* genera un gran impacto sobre las comunidades zooplanctónicas, especialmente de huevos y larvas de peces (algunos de interés comercial), ya que es conocido que estos hidrozooos son los depredadores invertebrados más específicos sobre huevos y larvas de peces y pueden causar grandes impactos sobre las pesquerías (Canepa & Palma 2015). La gran concentración y su potente veneno puede llegar a producir en algunas situaciones un shock neurógeno provocado por el intensísimo dolor, con el

consiguiente peligro de ahogamiento (Anónimo, 2011). Por lo que la llegada combinada de macrófitas y colonias de la fragata portuguesa se vuelve un resultado alarmante para las costas cubanas.

Según Azanza y Pérez (2016) el éxito de anidación de la caguama (*Caretta caretta*) en playa La Barca fue menor al 50% debido a la acumulación de sargazo. Ponce García y López Vera (2013) plantean que las tortugas marinas son depredadores de zooplancton gelatinoso. Las poblaciones de las tortugas marinas han experimentado una disminución a nivel mundial en los últimos años también por la pesca no selectiva indiscriminada, el desarrollo costero y la contaminación marina (Abella, 2010). Al disminuir la población de los depredadores por excelencia de *P. physalis* y el creciente aumento de la eutrofización y la temperatura del mar por el cambio climático llama a la alerta para Cuba y el resto de países que componen el Caribe, debido a que las arribazones pueden volverse más frecuentes en los próximos años.

7. Conclusiones

1. Los meses de mayo/2018, noviembre, diciembre, enero y marzo fueron los meses de mayor biomasa de arribazón de macrófitas.
2. Las playas Santa María, Mégano y Tarará fueron donde arribó mayor biomasa de macrófitas, al parecer por su geomorfología y perfil costero relativamente lineal a diferencia de las playas Cojímar y Bacuranao, las cuales presentaron un perfil costero más cerrado al tener forma de herradura.
3. Se registró un total de 111 especies de macrófitas (107 macroalgas y cuatro angiospermas marinas) en las arribazones. Las más comunes fueron las especies de sargazo de vida pelágica *S. natans I*, *S. fluitans III* y *S. natans VIII*.
4. Los meses con mayor número de colonias de *P. physalis* fueron mayo/18, noviembre, diciembre, enero y marzo, coincidiendo con los meses de mayor arribazón de macrófitas según la prueba de correlación de rangos de Spearman. Las playas de Santa María, Mégano y Tarará fueron también a donde más arribaron las fragatas portuguesas.
5. Las mayores arribazones tanto de macrófitas como de *P. physalis* ocurrieron con vientos superiores a los 33 km/h, fundamentalmente desde el componente norte, altura de las olas por encima de los 1.5 m y en temperaturas por debajo de los 30°C. Generalmente ante la presencia de frentes fríos como ocurrió en los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo o ante alguna situación sinóptica atípica como el ciclón tropical Alberto en el mes de mayo/2018.

8. Recomendaciones

Implementar un proyecto destinado al seguimiento de las arribazones de sargazo y *P. physalis* no solo para Cuba, sino para la región del Caribe en general. Las condiciones para mayores avistamientos están creadas. La comunidad científica debe ofrecer soluciones para evitar un colapso aún mayor de los ecosistemas costeros, en los cuales se ven afectadas actividades como el turismo y las pesquerías, aspectos en los que en Cuba y otras regiones del Caribe depende su economía.

9. Bibliografía

- Abella, E. (2010). *Factores ambientales y de manejo que afectan el desarrollo embrionario de la tortuga marina Caretta caretta. Implicaciones en programas de incubación controlada*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Akhtar, Y., Aziz, F., Jabeen, F., Arshad, S., (2014). The effect of seaweed organic fertilizer on growth and biochemical parameters of different flowering plants. *IJAR* No. 2320-5407, 2(9), 935-944.
- Amaya, J.A., Ballesteros, M., Moral, A. (2015). Formación de papel por medio de residuos de marea. *Biosaia*, No. 4.
- Anónimo (2011). Campaña Medusas, Experiencias y Resultados Obtenidos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. NIPO: 770-11-246-8.
- Araya, J.F., Aliaga, J.A., Araya, M.E. (2015). On the distribution of *Physalia physalis* (Hydrozoa: Physaliidae) in Chile. *Mar. Biodiv.* DOI 10.1007/s12526-015-0417-6.
- Areces, A.J., Suárez, A.M., Valdés, O., Cano, M. (1993). Recomendaciones metodológicas para evaluar el sargazo de arribazón. *Archivo Científico, Instituto de Oceanología, 1*, 758-93.
- Azanza, J., Borrego, R., Same-Vargas, N., Sosa, E.C., Cabrera, E.S., Pantoja, R., López, L.G., García, A.R. (2010). Anidación de tortugas marinas en Punta Francés, Isla de la Juventud, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 31(2), 108-114.
- Azanza, J., Pérez, R. (2016). Impacto de la acumulación de sargazo del verano del 2015 sobre las tortugas marinas de playa La Barca, península de Guanahacabibes. *Rev. Invest. Mar.*, 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.
- Becerra-Amezcuca, M.P., González-Márquez, H., Guzmán-García, X., Guerrero-Legarreta, I. (2016). *Rev. Mex. Cienc.Farm.*, 47(2), 7-21.

- Brooks, M. T., Coles, V. J., Hood, R. R., Gower, J. F. R. (2018). Factors controlling the seasonal distribution of pelagic *Sargassum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 599, 1-18.
- Bula-Meyer, G. (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del *Sargassum* flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia. *Rev. Introp.*, 1, 191-103.
- Canepa, A., Palma, S. (2015). *Arribazones masivas de fragata portuguesa (Physalia physalis, LINNAEUS, 1758) a lo largo de la costa de Chile*. Instituto de Ciencias del Mar, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, P. Marítimo de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona, España; Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, P.O. Box 1020, Valparaíso, Chile.
- Canepa, A., Córdova, P., Fernández, M., Palma, S. (2016). *Physalia physalis en Chile: Análisis espacio-temporal de las arribazones y de las condiciones oceanográficas durante los años 2014 y 2015*. Instituto de Ciencias del Mar y Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Cano-Mallo, M., Díaz-Larrea, J., Valdés-Iglesias, O., Bustio, I. (2007). Componentes químicos y biomasa de *Ulva fasciata* (Chlorophyta) en la costa Norte de la Ciudad de La Habana, Cuba. *Hidrobiol.* 17 (1), 41-51.
- Castillo Arenas, G., Dreckmann, K.M. (1995). Composición taxonómica de las arribazones algales en el Caribe mexicano”. *Cryptogamie. Algol.*, 16,115-123.
- Comisión Nacional de Nombres Geográficos (2000). *Diccionario Geográfico de Cuba*(pp. 386). La Habana: Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia. La Habana.
- Cruz-Rivera, E., Flores-Díaz, M., Hawkins, A. (2015). A fish kill coincident with dense *Sargassum* accumulation in a tropical bay. *Bull. Mar. Sci.*, 91(4), 455-456.
- Dreckmann, K.M., Senties, A. (2013). Las arribazones de algas marinas en el Caribe mexicano: Evento biológico natural o basura en las playas, CONABIO. *Biodiversitas*, 107, 7-11.
- Durbha, R.S., Mohan, S.S., Guntuku, G., Tadimalla, P., Yechuri, R.V., Nittala, R.S., Muktinutalapati, R.S.V. (2016). Ethanol production from the biomass of two marine

algae, *Padina tetrastromatica* and *Sargassum vulgare*. *American Journal of Biomass and Bioenergy*, 5 (1), 31-42.

Fernández, F., Boluda, J. C., Olivera, J., Guillermo, L. A., Gómez, B., Echavarría, E., Gómez, A. M. (2016). Análisis elemental prospective de la biomasa algal acumulada en las costas de la república dominicana durante 2015. *Centro Azúcar*, 44 (1), 11-22.

Ferrer, L., Zaldua-Mendizabal, N., Del Campo, A., Franco, J., Mader, J., Cotano, U., Uriarte, A., Aranada, J.A. (2013). Protocolo operacional para el avistamiento y seguimiento del cnidario *Physalia physalis* (carabela portuguesa) en el sureste del golfo de Bizkaia. *Rev. Invest. Mar. Azti-Tecnalia*, 20(7), 88-102.

Ferrer, L., Pastor, A. (2017) The Portuguese man-of-war: Gone with the wind. *Regional Studies in Marine Science*, 14, 53-62.

Gavio, B., Rincón-Díaz, M., Santos-Martínez, A. (2015). Massive quantities of pelagic *Sargassum* on the shores of San Andres Island, Southwestern Caribbean. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 239-241.

Gower, J., Young, E., King, S. (2013). Satellite images suggest a new *Sargassum* source region in 2011. *Remote Sensing Letters*, 4(8), 764–773.

Gracia, L.B. (2014). *Impacto de las proliferaciones de medusas en la valoración económica ambiental de las playas de Denia (Sud Oeste Mediterráneo)*. Tesis en opción al título de Licenciado. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Guiry, M. D., Guiry, M. G. (2019). AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 03 May 2019.

Haddad, J.V., Virga, R., Bechara, A., Silveira, F.L., Morandini, A.C. (2013). An outbreak of Portuguese man-of-war (*Physalia physalis*- Linnaeus, 1758) envenoming in Southeastern Brazil. *Revista de Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-1518-2013>.

Heller, R. (2000). *A Sea Within a Sea: Secrets of the Sargasso*. Price Stern Sloan, pp. 421.

Iosilevskii, G., Weihs, D. (2009). Hydrodynamics of sailing of the Portuguese man-of-war *Physalia physalis*. *J. R. Soc. Interface*, 6, 613-626.

- Johnson, D. R., Ko, D. S., Franks, J. S., Moreno, P., Sánchez-Rubio, G. (2013). *The Sargassum invasion of the Eastern Caribbean and dynamics of the Equatorial North Atlantic* (pp. 102-103). In: Proceedings of the 65th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, November 5-9, 2012. Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Santa Marta, Colombia.
- Littler, D.S., Littler, M.M. (2000). *Caribbean Reef Plants* (pp. 542). OffShore Graphics, Inc.: Washington, D.C.
- Littler, D.S., Littler, M.M., Hanisak, M.D. (2008). *Submersed plants of the Indian River Lagoon* (pp. 286). Offshore Graphics: Washington, D.C.
- López, B.R. (2015). *Extracto de un alga marina (Sargassum spp.) en una plantación de VID, su relación con el contenido de clorofila, intercambio neto de bióxido de carbono, rendimiento y calidad del fruto*. Tesis presentada en opción al grado académico de Máster.
- Martínez-Daranas, B., Suárez, A.M. (2018). An overview of Cuban seagrasses. *Bulletin of Marine Science*, 94, <https://doi.org/10.5343/bms.2017.1014>.
- Martínez, R.M., Zálvez, M.E.V., Jara, I.M., La Orden, J.M. (2010). Picadura por Carabela Portuguesa, una “medusa” algo especial. *Rev. Clín. Med. Fam.*, 3(2), 143-145.
- Maurer, S.A., Neef, D.E., Stapleton, S. (2015). *Sargassum* accumulation may spell trouble for nesting sea turtles. *Eco. Soc. Ame.*, pp. 394.
- Moreira, A., Alfonso, G. (2013). Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 33(2), 17-20.
- Moreira, L., Cabrera, R., Suárez, A.M. (2006). Evaluación de macroalgas marinas del género *Sargassum* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). *Rev. Invest. Mar.*, 27(2), 115-120.
- Morel, A., Claustre, H., Gentili, B. (2010). The most oligotrophic subtropical zones of the global ocean: similarities and differences in terms of Chlorophyll and yellow substance. *Biogeosciences*, 7, 3139-3151.
- Moritz, T. (2015). Fishes of a stranded *Sargassum* meadow at Punta Cana, Dominican Republic. *Bull. Fish Biol.*, 15, 1-2.

- Muñoz, N.A. (2013). *Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna asociada a Sargassum (Phaeophyceae: Fucales) flotante en el sistema arrecifal veracruzano, suroeste de golfo de México. Univerdiad de Veracruzana. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, México. Tesis presentada en opción al grado académico de Máster.*
- Oyesiku, O.O., Egunyomi, A. (2014). Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgessen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10), 1188-1193. Doi: <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Páez-Osuna, F., Ochoa-Izaguirre, M.J., Bojórquez-Leyva, H., Michel-Reynoso, I. L. (2000). Macroalgae as biomonitors of heavy metal availability in coastal lagoons from the subtropical Pacific of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 846-851.
- Pazos, C., Zuñiga, D., Gómez, R. (1996). Las situaciones meteorológicas extremas, su relación con las arribazones de *Sargassum* en Cayo Coco, *Rev. Enlace*, 8(3), 4.
- Ponce García, D.P., López Vera, E. (2013). Medusas: las bailarinas del mar. CONABIO. *Biodiversitas*, 109, 1-6.
- Prieto, L., Macías, D., Peliz, A., Ruiz, J. (2015). Portuguese Man-of-War (*Physalia physalis*) in the Mediterranean: A permanent invasion or a casual appearance? *Sci. Rep.* 5, 11545; doi: 10.1038/srep11545.
- Queiroz, M.C.P., Caldas, J.N.A.R. (2011). Comparative dermatology: skin lesion produced by attack of jellyfishes (*Physalis physalis*). *An. Bras. Dermatol.*, 86(3), 611-2.
- Ramos, D.B., Sardiñas, O., Mena, K., Landeiro, E., Muños, L., Labrada, M., Llerena, M., Torres, S., Sánchez, C.J., Lambert, A.E., Mchin, S., Suárez, A., Pérez, N., Roque, A., Rodríguez, E., Torrado, C. (2005). *Diagnóstico Ambiental Integral del Sitio urbano de Cojímar*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Instituto de Geografía Tropical.
- Rodríguez-Martínez, R., van Tussenbroek, I. B. Jordán-Dahlgren, E. (2016). *Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe mexicano (2014-2015)*. Universidad Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

- Schell, J.M., Goodwin, D.S., Sluda, A.N.S. (2015). Recent *Sargassum* inundation events in the Caribbean: Shipboard observations reveal dominance of a previously rare form. *Oceanography*, 28(3), 8-10. Doi: <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2015.70>.
- Silva, Q.F.L., Iturra, Q.F.P. (2016). *Carabela o fragata portuguesa (Physalia physalis)*. Información Toxicológica. CITUC.
- 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., Akinnigbagbe, 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.
- Suárez, A. M. (1989). Ecología del macrofitobentos de la plataforma de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 10(3), 187-206.
- Suárez, A. M., Martínez-Daranas, B., Alfonso, Y. (2015). *Macroalgas marinas de Cuba* (pp. 262). Editorial UH: La Habana, Cuba.
- Taylor, W. R. (1960). *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of Americas* (pp. 870). Editorial The University of Michigan Press.
- van Tussenbroek, B.I., Hernández-Arana, H.A., Rodríguez-Martínez, R.E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H.M., González-Godoy, C.E., Barbara-Santos, M.G., Vega-Zepeda, A., Collado-Vides, L. (2017). Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, 272, 281.
- Wang, M., Hu, Ch., Barnes, B.B., Mitchun, G., Lapointe, B.E., Montoya, J.P. (2019). The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science*, 365 (6448), 83-87.
- Wynne, M. J. (2017). A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: fourth revision. *Nova Hedwigia Beihefte*, 145, 1–202.
- Zúñiga Ríos, D. (1996). *El género Sargassum (Phaeophyta, Fucales) y sus arribazones a Playa Larga, Cayo Coco, Cuba*. Tesis presentada en opción al grado académico de

Máster en Biología Marina y Acuicultura, Centro de Investigaciones Marinas,
Universidad de La Habana, Cuba.

Anexo:

Tabla que muestra la situación sinóptica presentada por mes durante el período de muestreo (mayo/18-mayo/19).

Meses	Frentes fríos	Situación sinóptica
mayo/18	0	Ciclón tropical Alberto
junio	0	No
julio	0	No
agosto	0	No
septiembre	0	No
octubre	1	Huracán Michel, Frente frío
noviembre	2	Frente frío
diciembre	4	Frente frío
enero	5	Frente frío
febrero	1	Frente frío
marzo	3	Frente frío
abril	2	Frente frío
mayo/19	0	No