



UNIVERSIDAD DEL SINÚ
Elias Bechara Zaingm
Escuela de Biología Marina

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA ASOCIADA AL *Sargassum* spp.
FLOTANTE EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES DE
PROFUNDIDAD, CARIBE COLOMBIANO**

**KATHERIN ALICIA GARCÍA RAMOS
ISABELLA POSADA RESTREPO**

Trabajo de investigación para optar por el título de Bióloga Marina

**Directora
Dra. Patricia Romero Murillo**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA**

Contraportada

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA ASOCIADA AL *Sargassum* spp.
FLOTANTE EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES DE
PROFUNDIDAD, CARIBE COLOMBIANO**

**KATHERIN ALICIA GARCÍA RAMOS
ISABELLA POSADA RESTREPO**

Trabajo de investigación para optar por el título de Bióloga Marina

**Directora
Dra. Patricia Romero Murillo**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA**

Dedicatoria

“En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta acá sin desfallecer, mostrarme el camino en los momentos más difíciles y cuidar de nosotras siempre que salíamos a navegar. Les dedico y agradezco a mis padres que siempre me brindaron su apoyo emocional y económico incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, ellos me dieron las alas para perseguir mis sueños y me enseñaron a no rendirme ante las adversidades. A mi hermano que siempre ha sido un ejemplo a seguir y me ha apoyado incondicionalmente en el logro de mis objetivos. A mi familia, amigos y novio que me alentaron en los momentos que más lo necesite y creyeron en mí”.

Isabella posada Restrepo

“Primeramente, agradecer a Dios por darme, la salud, la sabiduría y el entendimiento para llegar hasta donde estoy. A mis padres, quienes me han dado la oportunidad de seguir mis sueños y alcanzar mis metas personales. Gracias a su dedicación, crianza y apoyo incondicional, he aprendido el valor de la perseverancia y la importancia de nunca rendirme, quienes han sido mi ejemplo y mi fortaleza en cada paso que he dado. A mis hermanos por sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles y especialmente agradecer a mi abuela quien fue un pilar fundamental en cada etapa de mi vida, siempre brindándome su apoyo incondicional y sus palabras de aliento. Su amor inmenso y su presencia constante han sido un regalo invaluable que siempre llevaré en mi corazón siempre”

Katherin Alicia García Ramos

Agradecimiento

Son muchos los docentes que han sido parte de nuestro camino universitario, y a todos ellos les queremos agradecer por transmitirnos los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. En especial a nuestra directora de Trabajo de grado Patricia Romero, a la decana de la escuela de Biología marina Martha Torres Vivares y los docentes Esteban Zarza González, Carlos Henry, Harold Castillo Navarro, Alejandro Castro Henao que acompañaron nuestro proceso formativo. De igual forma agradecemos a las auxiliares del Laboratorio Sandry Velásquez Martínez, Yulianis Álvarez Cuadrado y Mercy Ceballos Berrios, de quienes siempre recibimos acompañamiento en laboratorio con la mejor disposición, a la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena y a la facultad de Biología por Marina por contribuir a nuestra formación académica.

Agradecemos de forma muy especial al personal del Parque Nacional Corales de Profundidad, en especial al director Querubín Rodríguez Pinilla, la coordinadora investigaciones Milena Benavides Serrato, a los funcionarios Keyla Gómez Cervantes y Carlos José Reales y los practicantes Rodrigo Espejo Arias y Miguel Ávila quienes brindaron el apoyo y las condiciones necesarias para el desarrollo de esta investigación. Además, a las entidades como el INVEMAR y la Universidad de Antioquia por recibirnos en sus instalaciones en especial a la Dra. Vanessa Yepes, el Dr. Néstor Campos, el Dr. Mario Londoño y Alexandra Pardo quienes nos transmitieron su conocimiento y aportaron a nuestro desarrollo como biólogas marinas.

Así mismo agradecemos a la Bióloga Marina y amiga Laura Llano Espinosa, quien dedicó parte de su tiempo y esfuerzo contribuyendo al inicio de este proyecto, al estudiante Juan David Horta por el apoyo en el laboratorio y al docente Johan Forigua Pineda quien siempre estuvo dispuesto a guiarnos desde el principio en nuestro proceso académico, a resolver nuestras dudas, transmitiéndonos su conocimientos y experiencias en este campo de la Ciencia.

Y en especial un agradecimiento a la docente Luz Marina Mejía Ladino quien entendió perfectamente nuestro amor por la biología marina y nos inculcó el concepto de la investigación y la ciencia, estando presente en nuestra formación académica y motivándonos en todo momento a seguir con esta investigación.

Katherin Alicia García Ramos

Isabella Posada Restrepo

Contenido

1. Introducción justificada	12
2. Revisión literaria	15
2.1. Marco teórico	15
2.2. Estado del arte / antecedentes	17
3. Planteamiento del problema	21
4. Objetivos	22
4.1. Objetivo general.....	22
4.2. Objetivos específicos	22
5. Metodología	23
5.1. Área de estudio.....	23
5.2. Diseño de muestreo.....	24
5.3. Trabajo de Campo	25
5.4. Trabajo en laboratorio	25
5.5. Índices de la estructura de la comunidad faunística asociada al Sargassum flotante.....	27
5.6. Análisis de los datos	28
6. Resultados	30
6.1. Condiciones ambientales	30
6.2. Composición del <i>Sargassum</i> spp. flotante en el PNN CPR	31
6.3. Estructura de la comunidad macrofaunal asociada al <i>Sargassum</i> spp....	32
6.4. Abundancia	36
6.6. Análisis de Ordenación y Clasificación	41
6.7. Contribución de las especies.....	43
7. Discusión	44
7.1. Composición del <i>Sargassum</i> spp. flotante	44
7.2. Rol ecológico del <i>Sargassum</i> spp. flotante.....	44
7.3. Estructura de la comunidad macrofaunal asociada al <i>Sargassum</i> spp....	46
7.4. Variaciones espaciales de la comunidad macrofaunal asociada al <i>Sargassum</i> spp.	48

8. Conclusiones 50
10. Recomendaciones 51
11. Bibliografía..... 52
12. Anexos 61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos tomados en los sitios de muestreo en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. Pa: Parche.	30
Tabla 2. Abundancia de la macrofauna asociadas a <i>S. natans</i> y <i>S. fluitans</i> en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. Pa: Parche. (1-3). m: muestras (1-3). Ab(N) Abundancia.....	37
Tabla 3. Índices ecológicos para la macrofauna asociada a <i>Sargassum</i> flotante en PNNCRP en el mes de mayo y julio. S= riqueza, N= número total de individuos, J'= uniformidad de Pielou, H'= diversidad de Shannon-Winner, λ = dominio de Simpson.....	41
Tabla 4. Análisis de similitud ANOSIM. R global= 0,144 (p = 0,28).....	41
Tabla 5. Prueba SIMPER para determinar el porcentaje de contribución de las especies macrofaunales asociadas al <i>Sargassum</i> spp. flotante en los dos grupos que se agruparon las muestras. Grupo A (Pa2m1; Pa2m2; Pa2m3; Pa3m1) con un porcentaje de similitud del 67,95%. Grupo B (Pa1m1; Pa1m2; Pa1m3; Pa3m2; Pa3m3) con un porcentaje de similitud del 56,65%. Av.Abund: Abundancia Promedio. Contrib%: Porcentaje de Contribución. Cum%: Porcentaje de Contribución Acumulado.	43

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación geográfica de PNNCPR. Realizado con el Software libre QGIS 3.26. A. PNNCPR. B. Mar de los Sargazos. C. Sitios de muestreo. 23
- Figura 2. Diseño de muestreo aplicado el *Sargassum* spp. flotante presente en el PNNCPR en mayo y julio del 2022. Pa1: Parche 1. Pa2: Parche 2. Pa3: Parche 3. Pa1m1: Parche uno muestra uno. Pa1m2: Parche uno muestra dos, Pa1m3: Parche uno muestra tres; Pa2m1: Parche dos muestra dos, Pa2m3: Parche dos muestra tres; Pa3m1: Parche tres muestra uno, Pa3m2: Parche tres muestra dos, Pa3m3: Parche tres muestra tres. 24
- Figura 3. Metodología en campo y en laboratorio empleada para la recolección y tratamiento de la macrofauna asociada a los parches de *Sargassum* spp. presentes en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. A-G. Trabajo de campo. H-L. Trabajo en laboratorio. 26
- Figura 4. Patrones de viento y oleaje de los meses de mayo y julio del 2022 para el Caribe colombiano. Las flechas indican la dirección mientras que la escala de color hace referencia a la altura de la ola. Tomado de CIOH, 2022. 30
- Figura 5. Ejemplares tomados del parche de *Sargassum* spp. recolectados con red manual en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. En donde se señalan los caracteres taxonómicos de las dos especies: A. *S. natans* y B. *S. fluitans*. 31
- Figura 6. Composición de la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. A. briozoo (*Jellyella tuberculata*), B. gasterópodo (Familia Litiopidae), C. poliqueto (*Platynereis mucronata*), D. anfípodo (Familia Ampithoidae), E. camarón (*Leander tenuicornis*), F. cangrejo (*Portunus sayi*), G y H. peces (*Histrio histrio*). (*Lobotes surinamensis*)..... 36
- Figura 7. Abundancia Relativa de los grupos taxonómicos encontrados en los parches de *Sargassum* spp. flotante en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. 37
- Figura 8. Abundancia por sitios de muestreo de la fauna asociada a los parches de *Sargassum* flotante en el PNNCPR en mayo y julio de 2022. Pa: Parche..... 39
- Figura 9. Abundancia por meses de muestreo de la fauna asociada a los parches de *Sargassum* flotante en el PNNCPR en el 2022. 39
- Figura 10. Dendrograma de similitud de Bray Curtis, complementado con la prueba SIMPROF de las diferentes muestras de macrofauna asociada al *Sargassum* spp. recolectadas en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. índice cofenético 0,75. 42
- Figura 11. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de las diferentes muestras de macrofauna asociada al *Sargassum* spp. recolectadas

en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. Stress:
0,11..... 44

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Principales Sistemas de corrientes en el Caribe: Giro Panamá-Colombia (GPC), Corriente del Caribe (CC), Contra Corriente Panamá-Colombia (CCPC). (Dueñas-Lagos et al., 2017)	61
Anexo B. Imágenes proporcionadas por el satélite el SIMAR-SATsum en el mes de mayo y julio del 2022. A. 11 de mayo de 2022. B. 07 de julio de 2022.	62
Anexo C. Soluciones empleadas para la preservación y fijación de la macrofauna. Adaptado de Quijada, B. B. (s.f).	63
Anexo D. Matriz de datos brutos de la macrofauna asociada a los parches de <i>Sargassum</i> spp. encontrado en el PNN CPR en mayo y julio del 2022	1
Anexo E. Registro fotográfico de la macrofauna asociada a los parches de <i>S. natans</i> y <i>S. fluitans</i> encontrados en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022.	1

Resumen

El *Sargassum* es un género de macroalgas pardas que posee especies bentónicas y pelágicas, siendo estas últimas las formadoras del Mar de los Sargazos. Este mar está ubicado en el Atlántico Norte, delimitado por corrientes, vientos y tormentas, lo que hace que estas macroalgas sean transportadas al Atlántico Sur y al Mar Caribe, formando pequeños parches e hileros de varios kilómetros. Todo esto, constituye un lugar apto para el desarrollo de los procesos vitales de muchos organismos. Las macroalgas llegan temporalmente a Colombia, donde su presencia ha sido reportada por varios autores, sin tener en cuenta la fauna acompañante. Por lo tanto, esta investigación caracterizó la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante presente en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNN CPR), en el Caribe Colombiano. Para ello, se realizó un seguimiento satelital y un muestreo mensual exploratorio en los meses de mayo y julio de 2022, evaluándose tres sitios de muestreo (Parches= Pa), dispuestos de forma aleatoria. En cada sitio de muestreo, con ayuda de una red, se recolectaron tres muestras de *Sargassum*, que fueron pesadas y dispuestas en baldes con una solución anestésica. Las muestras se trasladaron al laboratorio de la Universidad del Sinú, donde los organismos adheridos a las macroalgas fueron separados, y el contenido de cada balde se filtró con un tamiz de 150µm. Tanto la macrofauna como el *Sargassum* spp. fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Con los datos obtenidos, se estimó la abundancia, riqueza, los índices de diversidad y la contribución de las especies (SIMPER). Se evidenció que los parches de *Sargassum* spp. están compuestos por *S. natans* y *S. fluitans*, mientras que la estructura de la comunidad está compuesta por Cnidaria, Bryozoa, Mollusca, Annelida, Crustacea y Chordata, siendo Crustacea la de mayor abundancia con 833 individuos y 21 especies donde *Latreutes fucorum* fue el más abundante. Esta investigación representa el primer reporte de macrofauna asociada al *Sargassum* spp. en el PNN CPR y reconoce el importante valor ecológico de este hábitat.

Palabras clave: Comunidad, Fauna, Índices de diversidad, Mar de los Sargazos, Macroinvertebrados.

Abstract

Sargassum is a genus of brown algae that has both benthic and pelagic species, the latter being the ones that form the Sargasso Sea. This sea is located in the North Atlantic, delimited by currents, winds and storms, which causes these algae to be transported to the South Atlantic and the Caribbean Sea, forming small patches and rows of several kilometers. All this constitutes a suitable place for the development of the vital processes of many organisms. Macroalgae arrive temporarily in Colombia, where their presence has been reported by several authors, without taking into account the accompanying fauna. Therefore, this research characterized the macrofauna associated with the floating *Sargassum* spp. present in the Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR), in the Colombian Caribbean. For this purpose, satellite monitoring and monthly exploratory sampling was carried out between May and July 2022, evaluating three sampling sites (Patch= Pa), randomly arranged. At each sampling site, with the help of a net, three *Sargassum* spp. samples were collected, weighed and placed in buckets with an anesthetic solution. The samples were transferred to the laboratory of the Universidad del Sinú, where the organisms attached to the algae were separated, and the contents of each bucket were filtered with a 150 µm sieve. Both macrofauna and *Sargassum* spp. were identified to the lowest possible taxonomic level. With the data obtained, abundance, richness, diversity indices and species contribution (SIMPER) were estimated. It was evidenced that *Sargassum* spp. patches are composed of *S. natans* and *S. fluitans*, while the community structure is composed of Cnidaria, Mollusca, Annelida, Crustacea and Chordata, being Crustacea the most abundant with 833 individuals and 21 species where *Latreutes fucorum* was the most abundant, This research represents the first report of macrofauna associated with *Sargassum* spp. in the PNNCPR and recognizes the important ecological value of this habitat.

Key words: Community, Fauna, Diversity indices, Sargasso Sea, Macroinvertebrates.

1. Introducción justificada

En el medio acuático muchos animales han establecido asociaciones con diferentes macroalgas debido a que las praderas, parches o cinturones que estas forman constituyen un lugar apto para sus procesos vitales como resguardo, alimentación y desove (López-Sánchez, 2009). Dentro de las macroalgas que tienen una relación con la fauna marina se encuentran principalmente las especies del género *Sargassum* C. Agardh, 1820. Estas macroalgas pardas pertenecen al orden Fucales, que junto con otros 25 géneros integran la familia Sargassaceae, la cual cuenta con 550 especies, de las cuales el 80% se encuentran en este género (Muñoz-Bautista et al., 2015).

El género *Sargassum* presenta un talo diferenciado, una forma arbustiva, un eje principal cilíndrico, filoides generalmente con aerocistos en su base, convirtiéndolo en uno de los géneros más complejos anatómicamente dentro de las macroalgas pardas (Suárez, 2008). Además, estas estructuras pueden modificarse, dando resultado a especies bentónicas y pelágicas, siendo estas últimas las que componen el Mar de los Sargazos.

Las principales especies que conforman el Mar de los Sargazos son *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans* estas macroalgas son holopelágicas, puesto que desarrollan todo su ciclo de vida flotando en el mar y presentan una reproducción asexual por medio de la fragmentación vegetativa (Hunn et al., 2022). Forman agrupaciones que van desde pequeños parches hasta hileros de varios kilómetros influenciados por la intensidad de los vientos, corrientes y tormentas que permiten el reclutamiento de diferentes grupos faunísticos (Hallett, 2011, Uribe-Martínez et al., 2020, Hunn et al., 2022).

Este mar está situado en el Atlántico Norte, delimitado al Norte y al Oeste por la Corriente del Golfo y del Atlántico Norte, al Este por la Corriente de las Canarias y al Sur por la Corriente Ecuatorial del Norte y la Corriente de las Antillas (Trott et al., 2010; Laffoley et al., 2011). No obstante, al estar sometido a las corrientes estos límites cambian constantemente y permiten su distribución hasta el Mar Caribe y el Atlántico Sur (Cabrera et al., 2021).

Estas macroalgas ingresan al Mar Caribe a través de las Antillas menores por el pasaje entre Cuba y Haití. Posteriormente, son transportadas hasta las Islas de San Andrés y Providencia y las islas cayos, donde se presentan durante todo el año, incrementado su biomasa en los meses de julio, noviembre y diciembre. La mayoría de los parches de *Sargassum* spp. se quedan varados en las playas, mientras el resto es arrastrado por el giro de Panamá-Colombia, el cual se conecta con la contracorriente de Panamá-Colombia que hacen que estas macroalgas se dirijan a las zonas costeras del departamento de Bolívar, pasando por el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCPR) y por el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) (Bula-Meyer et al., 1993; Dueñas-Lagos et al., 2017) (Anexo A).

El PNNCPR fue creado en el año 2013 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Chasqui-Velasco y González, 2019), gracias a las campañas de investigación realizadas a lo largo de la plataforma continental del Golfo de Morrosquillo y del Archipiélago de San Bernardo, donde se registraron formaciones coralinas ramificadas sobre sustratos blandos, arenosos y duros entre los 160 y 200m de profundidad. Con aproximadamente el 40% de la biodiversidad del borde de la plataforma continental del Caribe colombiano, protegiendo estas importantes formaciones coralinas de profundidad conocidas en el país (Alonso et al., 2015).

Desde el punto de vista ecológico se ha reconocido que el *Sargassum* spp. flotante proporciona el sustrato necesario para el establecimiento y desarrollo de la fauna sésil que está representada por hidozoos, briozoos, anémonas, tunicados y percebes, que se alimentan de protistas y se convierten en presas fáciles para la fauna móvil de invertebrados, como poliquetos, nudibranchios, cangrejos, camarones, anfípodos, isópodos, caracoles y platelmintos estos, que a su vez son una fuente de alimento para un amplio grupo de vertebrados, principalmente peces, creando así una red trófica (Martin et al., 2021). Adicionalmente, muchas especies migratorias son visitantes temporales, siendo aves, tortugas juveniles y mamíferos marinos los más recurrentes que utilizan los parches para su alimentación y transporte (Trott et al., 2010; Hallett, 2011).

A nivel mundial se han desarrollado múltiples estudios sobre la comunidad del *Sargassum* spp. flotante, principalmente en el Mar de los Sargazos y el Golfo de México. Sin embargo, para el Caribe colombiano los pocos trabajos que se han realizado se limitan a reportar la presencia de estas macroalgas, pero ninguno se ha enfocado en la fauna acompañante, desconociendo su importancia biológica como refugio, alimento, transporte y sombra para decenas de especies en fases larvales hasta adultas, las relaciones interespecíficas, la presencia de especies

nativas, de importancia ecológica o económica y su posible influencia en la fauna presente en las formaciones coralinas como las que se encuentran en el PNNCPR.

Los entes encargados del control ambiental y monitoreo, junto con los pescadores que frecuentan esta área protegida, han evidenciado *Sargassum* spp. flotante en los últimos años. Sin embargo, no se identifican estudios realizados en la zona del PNNCPR sobre la composición de esos conglomerados (conocidos como parches de *Sargassum*) y los organismos asociados a ellos, lo que genera vacíos de información sobre la gran biodiversidad que alberga y su importancia ecológica.

En consecuencia, este proyecto surge por la oportunidad brindada por el PNNCPR en convenio con la Universidad del Sinú, para generar información que aporte a la línea base del parque, así como insumos para el manejo y la toma de decisiones. Además, conocer, los grupos faunísticos asociados al *Sargassum* spp. flotante, su abundancia, diversidad y su rol ecológico constituyendo así fundamentos para elaborar investigaciones futuras.

2. Revisión literaria

2.1. Marco teórico

Sargassum C. Agradh, 1820 es el género más rico en especies de los Fucales (Mattio & Payri, 2009). Cuenta con 361 especies confirmadas, de las cuales la mayoría son bentónicas, que se caracterizan por poseer un disco que las mantiene adheridas al sustrato, mientras que *S. natans* y *S. fluitans* son las únicas especies holopelágicas de éste género (Dibner et al., 2022).

El *Sargassum* flotante es altamente tolerante a las variaciones en los parámetros ambientales como la desecación, la luz solar, la salinidad y la temperatura permitiendo su distribución en aguas templadas y tropicales (Oyesiku & Egunyomi, 2014). Se pueden encontrar en pequeños grupos ampliamente dispersos, por lo que se denomina distribución en forma de parches, hasta extensas líneas (hileros) que continúan durante muchos kilómetros debido a los cambios en el flujo de corrientes, tormentas, vientos y la manera en la que se entrelazan sus hojas (Casazza & Ross, 2008).

Las especies *S. natans* y *S. fluitans* se diferencian principalmente por la presencia y/o ausencia de espinas en los aerocistos y la forma de sus filoides (Moreira & González, 2013). Sin embargo, su compleja variación morfológica ha llevado a los investigadores a separarlas por morfotipos (*S. natans* III, X ; *S. fluitans* I, II, VIII, IX), donde la distancia entre los filoides y los aerocistos, la frecuencia de ramificación, el área de la superficie de los filoides y los espacios tridimensionales generan diferentes complejidades estructurales que pueden influir en la composición de la fauna asociada a estas macroalgas, lo que indica que los morfotipos que tiene una foliación más densa constituyen un hábitat más complejo en comparación a los morfotipos con una foliación menos densa y arquitectónicamente más sencilla (Martin et al., 2021).

Por años se ha considerado que estos parches de *Sargassum* provienen solo del Mar de los Sargazos, sin embargo, estudios recientes han demostrado que en el Atlántico Sur se presentaron afloramientos entre las costas de Brasil y África hasta el Golfo de México. (Rodríguez-Martínez et al., 2016; Serebryakova et al., 2018; Wang et al., 2019). Torres-Conde et al. (2020). Atribuye que este fenómeno se ha presentado debido a la descarga de nutrientes provenientes de la cuenca del río Amazonas, del polvo del Sahara y de la eutrofización de las aguas del Caribe, lo

que ha generado grandes arribazones que han sido arrastrados periódicamente a las zonas costeras de esta región.

El Mar de los Sargazos cuenta con una larga historia evolutiva, que ha permitido el establecimiento de fauna nativa (Trott et al., 2010; Hallett, 2011), la cual ha desarrollado un alto grado de crípsis o mimetismo (Russell & Dierssen, 2015) y hasta adaptaciones para asemejar frondas, estípes o vesículas, tales como: el pez del sargazo *Histrionotus histrionotus*, el pez pipa *Syngnathus pelagicus*, los cangrejos *Portunus sayi* y *Planes minutus*, el camarón *Latreutes fucorum*, los moluscos como *Litiopa melanostoma* y *Scyllea pelagica*, la anémona *Anemonia sargassensis* y el platelminto *Hoploplana grubei*, siendo algunos representantes de la macrofauna recurrente que han definido otros autores por su presencia en el *Sargassum* flotante (Laffoley et al., 2011; Hunn et al., 2022; Trott et al. 2010; Hallett, 2011).

Las adaptaciones morfológicas del *Sargassum* flotante y su estructura tridimensional proporcionan refugio y alimento para más de 145 especies de invertebrados, incluidos esponjas, hidrozoos, briozoos, moluscos, anélidos y crustáceos que desarrollan una parte o todo su ciclo de vida entre estas macroalgas. Adicionalmente se encuentra un amplio grupo de bacterias, macroalgas y hongos que han sido poco estudiados a pesar de su importancia en la red trófica que se desarrolla en el *Sargassum* (Monrroy-Velasquez; Laffoley et al., 2011).

Además, el *Sargassum* flotante ha sido designado como hábitat esencial para peces por el *South Atlantic Fisheries Administration Council*. (Trott et al., 2010), puesto que se encuentran cerca de 140 especies registradas, que han establecido asociaciones con estas macroalgas holopelágicas donde se incluyen peces migratorios, de importancia comercial o que se encuentran amenazados, tales como: jureles, peces espada, dorados, ballestas, palometas, pargos, seriolas, barracudas, atunes y peces voladores, entre otros (Laffoley et al., 2011; Hallett, 2011). También se han observado visitantes temporales como: aves marinas, tortugas marinas juveniles y mamíferos marinos (Trott et al., 2010; Hallett, 2011; Huffard et al., 2014; Martin et al., 2021).

2.2. Estado del arte / antecedentes

La comunidad de *Sargassum* flotante es un ecosistema importante para el desarrollo y alimentación de la fauna asociada (Muñoz-Bautista, 2013). Además, permite la conectividad y transporte de la biodiversidad entre áreas alejadas por miles de kilómetros, lo cual facilita el intercambio genético, el flujo de especies y nutrientes entre la costa oeste y este del Atlántico, lo que contribuye a la formación de grandes extensiones de parches (Uribe-Martínez et al., 2020).

A nivel global existen investigaciones relacionadas con la fauna asociada al *Sargassum* flotante, las cuales se describen a continuación:

En primer lugar, Fine (1970) estableció la variación de la fauna presente en los parches de *Sargassum* sobre las corrientes del Golfo, donde obtuvo como resultado 67 especies y 11.234 individuos, con mayor abundancia de individuos en primavera, comparada con los de otoño.

Años más tarde, Stoner & Greening (1984) estudiaron la macrofauna asociada al *Sargassum* flotante en la Corriente del Golfo (Florida). Evidenciaron la presencia del camarón *Latreutes fucorum* y el gasterópodo *Litiopa melanostoma*, donde concluyeron que el número de individuos y especies aumenta con relación al peso de las muestras del alga.

Otra investigación realizada en el Golfo de México fue la de Wells & Rooker (2004), quienes examinaron la distribución y abundancia de peces asociados con los parches de *Sargassum* frente al norte y el sur de Texas. Identificaron 36 especies de peces, de las cuales más del 95% se encontraban en las primeras etapas de vida (larvas), lo que sugiere que el *Sargassum* flotante sirve como hábitat de cría y puede influir en el éxito del reclutamiento de varias especies. Posteriormente, Hoffmayer et al. (2005) identificaron larvas y peces juveniles que utilizan este hábitat, en el cual registraron 69 géneros y 57 familias, de las cuales Exocoetidae, Carangidae, Clupeidae, Gerreidae, Mugilidae, Scombridae, Balistidae, y Monacanthidae fueron las dominantes.

Otro estudio importante para entender la estructura de la comunidad del *Sargassum* y sus cambios a través del tiempo, fue realizado por Huffard et al. (2014), que compararon los datos recolectados en el entre 1966 y 1975 sobre los atributos de la comunidad y la cobertura de la epibiotia sésil de las especies asociadas al *Sargassum*. Encontraron cambios en la estructura de la comunidad, disminuciones en diversidad y uniformidad, además de menor cobertura de epibiontes sésiles.

Mientras que, Muñoz-Bautista et al. (2015) determinaron la variación espacial y temporal de la macrofauna asociada al *Sargassum* en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Evaluaron la abundancia, riqueza, equidad, diversidad, distinción taxonómica y la similitud de especies. Registraron un total de 33 especies, siendo los crustáceos los más abundantes. La biomasa del *Sargassum* se relacionó con la abundancia de la macrofauna, pero no con la riqueza. Además, se determinó que la diversidad de la macrofauna no varía con la abundancia del *Sargassum*.

En el mismo año, Smith et al. (2015) realizaron un exhaustivo muestreo de la comunidad del *Sargassum* alrededor de las Bermudas en dos cruceros. Los resultados obtenidos demostraron patrones altos de abundancia para dos especies de camarones (*L. fucorum* e *Hippolyte coerulescens*). Este es de los pocos estudios en reportar la presencia de aves marinas, con un total de 43 en los dos cruceros, principalmente pardelas grandes (*Ardenna gravis*) y cola larga (*Phaethon lepturus catesbyi*).

En cambio, Moráis (2017) decidió centrar su estudio solo en la comunidad de macroinvertebrados sésiles asociados al *Sargassum* flotante en la costa de Pará (Brasil), donde las especies más representativas fueron *Obelia dichotoma* colonizando principalmente los tallos de *S. fluitans* y las hojas de *S. natans* y *Membranipora* sp. que se registró como dominante sobre *S. natans*. Sin embargo, en ese estudio se encontró que la fauna sésil de vida libre asociada a estas macroalgas difiere a lo encontrado en el Mar de los Sargazos y Corriente del Golfo, lo que se relaciona con una recolonización dentro de la Región de Recirculación Ecuatorial del Norte (NERR).

Por otro lado, Baker et al. (2018) decide estudiar la contribución del *Sargassum* flotante a los ecosistemas de aguas profundas en el sur del Atlántico Norte, donde recolectaron muestras superficiales y de profundidad de las macroalgas y la fauna asociada, encontrando diferentes taxones, incluidos Caenogastropoda (Gastropoda), Cheilostomatida (Bryozoa), Leptothecata (Cnidaria), Polycladida (Plathelminthes) y Sabellida, Phyllodocida, Clitellata (Annelida) y Maxillopoda, Malacostraca (Crustacea) que se alimentan del amplio grupo de protistas que alberga el *Sargassum*. Además, la sedimentación del *Sargassum* forma un vínculo trófico importante entre la superficie y la producción bentónica considerándose como una entrada regular de carbono a las profundidades.

Por otra parte, Monroy-Velázquez et al. (2019) desarrolló su estudio en una laguna arrecifal de México, donde registró 10. 296 individuos siendo Artrópoda, Annelida y Mollusca los principales grupos. Se determinó que la composición de especies y la

abundancia varió con el mes y la zona, mostrando que la más cercana a la costa fue la de menor abundancia. También afirmaron que de las cuatro especies más abundantes tres son típicas del *Sargassum* flotante.

En cambio, Uribe-Martínez et al. (2020) realizaron una revisión general del tema, la descripción global de las características del *Sargassum* flotante, su ecología y las especies asociadas a él. Además, estudiaron la relación que existe entre los fenómenos atmosféricos, el crecimiento y dispersión del *Sargassum*. Indicando el impacto ecológico sobre el Caribe mexicano, para el que se diseñó un plan de manejo que incluye la predicción, y la disposición final de esas macroalgas.

Por otro lado, Martín et al. (2021) examinó la epifauna móvil en tres morfotipos del *Sargassum* flotante (*S. fluitans* III, *S. natans* VIII, *S. natans* I) en el Caribe, el Golfo de México y el Mar de los Sargazos. Establecieron que para los tres sitios muestreados se registraron 32 taxones, donde la epifauna móvil estuvo constituida por un grupo de especies dominantes, comunes y muchas raras, observando una diferencia en la abundancia y diversidad de la fauna asociada. Debido a las características morfológicas de las especies de macroalgas y cada uno de los morfotipos registrados, *S. fluitans* III evidenció densidades más altas de individuos y un mayor número de taxones que los morfotipos de *S. natans* VIII o *S. natans* I.

Recientemente, Hunn et al. (2022) recolectaron un total de 5.413 individuos del hábitat de *Sargassum* flotante en el Estrecho de Florida y la corriente del Golfo, que representan 14 especies de 10 familias, donde encontró un grupo central de organismos (*Platynereis dumerilii*, *L. melanostoma*, *P. sayi*, *Portunus spinimanus*, *Leander tenuicornis* y *L. fucorum*) en todo el rango geográfico estudiado, a su vez la comunidad no presentó variaciones significativas, tampoco hubo correlación con variables ambientales, sin embargo, se encontró que la estructura de la comunidad variaba con el tamaño del grupo, es decir, grupos más grandes albergan comunidades más específicas.

En Colombia existen diferentes investigaciones relacionadas al *Sargassum* flotante:

En primer lugar, Bula-Meyer (1985) reporta la presencia de macroalgas holopelágicas del género *Sargassum* en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, su estudio se concentró en describir los diferentes usos que se le pueden dar a esta alga. Más tarde Bula-Meyer et al. (1993) indicaron la presencia de *S. fluitans* flotando en Islas del Rosario y su desplazamiento hacia Cartagena. En el 2002 Bula-Meyer realiza una revisión del uso de esas macroalgas y sugiere su potencial para la agronomía.

Así mismo, López-Sánchez (2009) estableció la variación temporal y espacial en cuanto a la composición, abundancia y diversidad de los diferentes grupos taxonómicos asociados *Sargassum* bentónico en Santa Marta, encontrando especies tales como: *Sargassum vulgare*, *Sargassum cf. filipéndula*, *Sargassum cymosum* *Sargassum* sp. 1 y *Sargassum* sp. 2. Para la macrofauna registró 92 especies pertenecientes a seis phyla, (Platyhelmintha, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata y Chordata), donde la especie más abundante fue *Alaba incerta*.

Años más tardes, Ortiz y Gavio (2012) realizaron una nota sobre las macroalgas marinas a la deriva en la Isla de San Andrés, y señalan la presencia de *S. natans* y *S. fluitans* en pocas cantidades, sin embargo, tres años después Gavio et al (2015) reportaron la llegada masiva e inusual de biomasa compuesta por estas dos especies al archipiélago.

A pesar de los múltiples estudios que se tienen del *Sargassum* flotante para Colombia, no se han publicado investigaciones sobre la comunidad faunística asociadas a las macroalgas holopelágicas *S. natans* y *S. fluitans*.

3. Planteamiento del problema

Durante la última década se han registrado en las diferentes costas del Atlántico extensos parches de *Sargassum*, principalmente en Brasil, las costas de África y el Caribe, siendo recurrentes cada año hasta alcanzar cantidades inusuales, lo que podría estar condicionado por cambios de temperatura, incremento de tormentas tropicales, el aporte de nutrientes del río Amazonas y el polvo del Sahara, generando así que estas macroalgas holopelágicas lleguen cada año con mayor frecuencia y abundancia a la zona costera de muchos países (Uribe-Martínez; Arencibia-Carballo et al., 2020).

Cabe destacar que el *Sargassum* tiene varias rutas de entrada al Caribe, principalmente al norte de las Antillas menores, donde llegan entre los meses de enero-abril y julio-agosto (cuando los vientos alisios están en su mayor auge) y siguen su recorrido hasta terminar varadas en playas. Como consecuencia de esto, en el Caribe colombiano se registraron masas flotantes de cientos de metros cuadrados y de dos a tres metros de espesor (Bula-Meyer 2004). Que han sido registradas por varios autores en el Chocó, la Isla de San Andrés y Bolívar (Camacho-Hadad, 2003; Dueñas-Lagos et al., 2017).

A pesar de lo anterior, el desconocimiento de la abundancia y diversidad de la macrofauna asociada a los parches de *Sargassum* genera vacíos de información sobre la red trófica que se desarrolla en este hábitat, las relaciones de interacción entre especies, la presencia de especies nativas, de importancia ecológica o económica. Así como, el rol ecológico que tienen estas macroalgas en las diferentes etapas de vida de los organismos, dejando un sin número de preguntas sin responder para los sitios a los que llegan los parches de *Sargassum*, como es el caso del PNN CPR. Con base en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta problema en esta investigación la cual se espera resolver con este estudio:

¿Cuál es la composición y abundancia de la comunidad de la macrofauna asociada al *Sargassum* flotante presente en el PNN CPR?

4. Objetivos

4.1. *Objetivo general*

Caracterizar la comunidad de la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante presente en el PNN Corales de Profundidad, Caribe colombiano.

4.2. *Objetivos específicos*

- Establecer la composición taxonómica de las especies pertenecientes al género *Sargassum* presentes en PNN CPR.
- Determinar la composición taxonómica de la macrofauna presente en los parches de *Sargassum* spp. hasta el nivel taxonómico más bajo posible.
- Evaluar la abundancia, riqueza y diversidad de la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. presente en el área protegida.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El Parque Nacional Natural Corales de Profundidad se encuentra localizado entre las coordenadas $9^{\circ}43'16.591''$ - $10^{\circ}7'30.277''$ N y $76^{\circ}0'16.254''$ - $17'41.091''$ O a unos 32 km del punto más cercano en el continente (península de Barú), abarcando un área de 142.195,15 ha con profundidades que van desde 34 hasta 1.234 m. Al igual que el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) son las áreas protegidas localizadas en la zona central del Caribe colombiano, ubicados ambos al frente de los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre. (Giraldo et al., 2017) (Figura 1A).

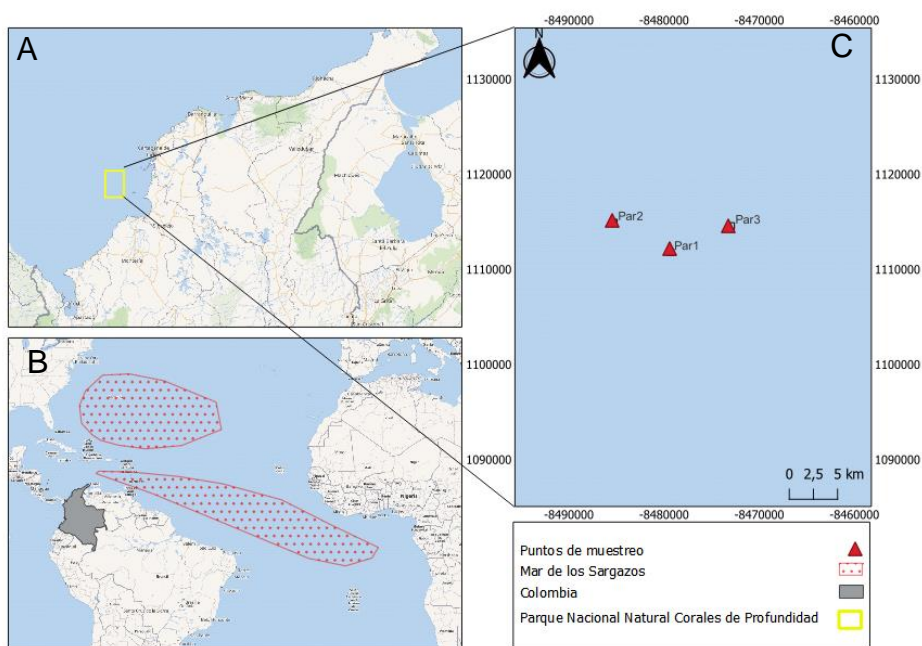


Figura 1. Ubicación geográfica de PNNCPR. Realizado con el Software libre QGIS 3.26. A. PNNCPR. B. Mar de los Sargazos. C. Sitios de muestreo.

5.2. Diseño de muestreo

En esta investigación se realizó un muestreo mensual exploratorio entre mayo y septiembre del año 2022, dentro del área protegida (PNN CPR), donde se establecieron tres sitios de muestreo que fueron georreferenciados, dispuestos de forma aleatoria, según la localización y distribución del parche de *Sargassum*, el cual fue monitoreado mediante imágenes proporcionadas por los satélites Coastwatch Oceanview (NOAA) y el SIMAR-SATsum (Figura 3A)(Anexo B), que brindan un reporte mensual que fue revisado previamente a las salidas, esto se hizo para tener una mayor precisión al momento de muestrear. De los meses muestreados se encontró un parche de *Sargassum* en el mes de mayo (Pa1) y dos en el mes de julio (Pa2 y Pa3). En cada parche se tomaron tres muestras todas del mismo peso (Figura 2).

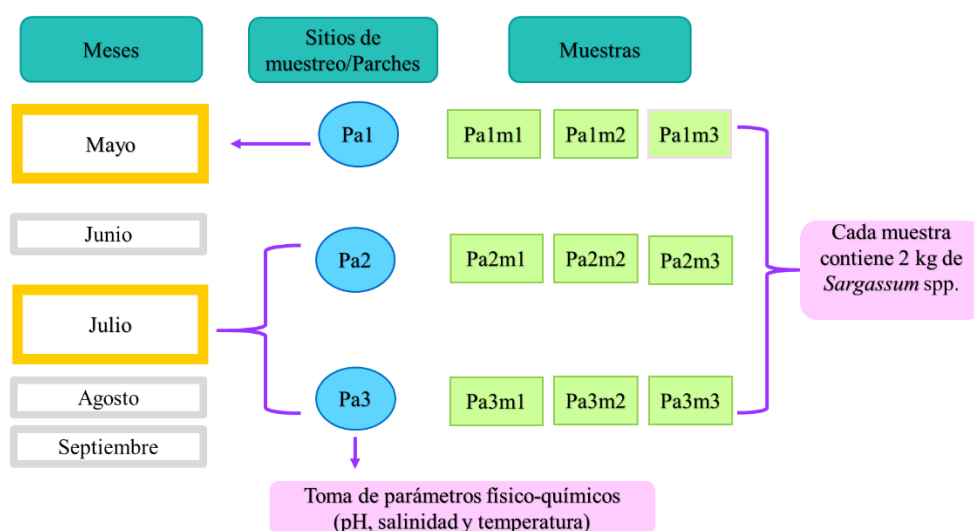


Figura 2. Diseño de muestreo aplicado el *Sargassum* flotante presente en el PNN CPR en mayo y julio del 2022. Pa1: Parche 1. Pa2: Parche 2. Pa3: Parche 3. Pa1m1: Parche uno muestra uno. Pa1m2: Parche uno muestra dos, Pa1m3: Parche uno muestra tres; Pa2m1: Parche dos muestra dos, Pa2m3: Parche dos muestra tres; Pa3m1: Parche tres muestras uno, Pa3m2: Parche tres muestra dos, Pa3m3: Parche tres muestra tres.

5.3. Trabajo de Campo

Se realizaron recorridos dentro del área protegida y se georreferenciaron los sitios donde se encontraron los parches de *Sargassum* (Figura 3B), a la vez se midieron parámetros fisicoquímicos del agua como pH y temperatura con phmetro (Hanna-HI98129) y la salinidad con un refractómetro (ATC- RHS-10) (Figura 3C).

En cada sitio de muestreo se usaron tres baldes de 20 L(muestras), los cuales se preparó una solución de sulfato de magnesio y agua de mar del sitio (1Lb:15L) (Zapata, 2004), con el fin de narcotizar la macrofauna (Figura 3D). Posteriormente se recolectó el *Sargassum* con ayuda de una red manual con ojo de malla de 1 mm (Figura 3E) (Muñoz-Bautista et al. 2015). Luego, se pesó para estandarizar la biomasa de las muestras, de manera que cada recipiente contenía 2 kg de *Sargassum* (Figura 3F). Por último, estos baldes se sellaron y rotularon para ser transportados hasta el laboratorio de acuicultura de la Universidad del Sinú, Seccional Cartagena (Figura 3G).

5.4. Trabajo en laboratorio

Las macroalgas fueron sometidas a un proceso de agitación manual para terminar de separar la fauna adherida y poder extraerlas de los baldes (Figura 3H) (Muñoz-Bautista et al. 2015). Al mismo tiempo se filtró el contenido de cada recipiente con un tamiz de 150 μm , con el fin de recoger únicamente la macrofauna que había quedado en el sobrenadante de cada balde (Figura 3I) (López-Sánchez, 2009). Después se dispuso el material en bandejas y con la ayuda de pinzas de disección se realizó la separación de los organismos adheridos a las macroalgas (Figura 3J) (Muñoz-Bautista et al. 2015), agrupándolos por phyla y almacenándolos en la solución requerida para cada grupo taxonómico (Figura 3K) (Quijada, s.f), (Anexo C).

Posteriormente, se observaron los organismos a través del microscopio (Motic BA210LED) y estereoscopio (Motic K-500L) (Figura 3L) y se emplearon las guías de identificación para cnidarios y briozoos Wedler (2017), para moluscos gasterópodos Díaz & Puyana (1994), para anélidos De León-González et al. (2009,2021), crustáceos Abele & Kim (1986) LeCroy (2000), para peces Carpenter (2002), que permitió identificar los organismos hasta el nivel taxonómico más bajo posible (Anexo D). Además, se contó con el apoyo de especialistas de diferentes

grupos taxonómicos. Así mismo, para verificar el nombre y clasificación de los organismos encontrados se empleó la base de datos World Register of Marine Species WORMS (2023).

Después de extraer los organismos adheridos, se realizó una revisión de las macroalgas con la finalidad de identificarlas, una vez hecho esto se tomó una muestra húmeda por cada especie y se preparó una solución de formalina diluyendo el formol comercial (37 %) en agua de mar filtrada hasta alcanzar una concentración de 4%. Luego se añadió bicarbonato de sodio (40 g/L) como amortiguador, se sumergieron los ejemplares, posteriormente se almacenaron en un lugar protegido de la luz solar (Flórez-Leiva et al., 2010).

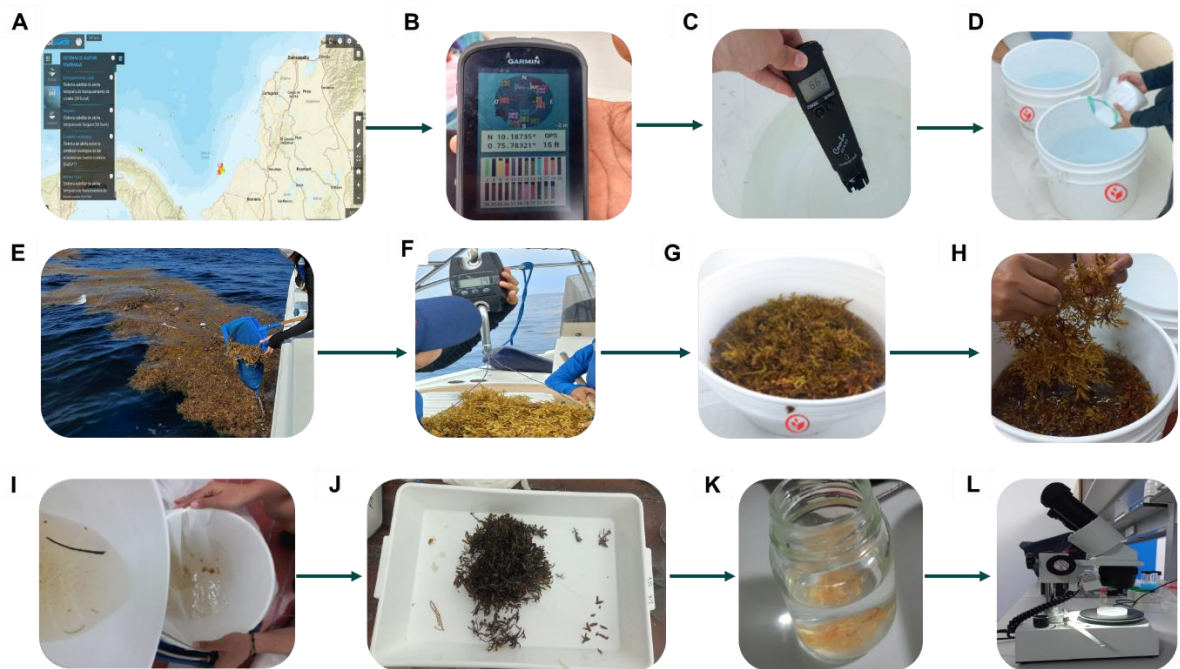


Figura 3. Metodología en campo y en laboratorio empleada para la recolección y tratamiento de la macrofauna asociada a los parches de *Sargassum* presentes en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. A-G. Trabajo de campo. H-L. Trabajo en laboratorio.

5.5. Índices de la estructura de la comunidad faunística asociada al *Sargassum* flotante.

Para determinar la estructura de la comunidad se emplearon diferentes índices como lo son abundancia (N), riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice de equidad de Pielou (J'), índice de dominancia de Simpson.

Abundancia (N): “Número de individuos de cada especie que se encuentra en un área determinada” (García-Barajas, 2011).

Riqueza específica (S): “Expresa el número total de especies presentes en una muestra” (Muñoz-Bautista, 2013).

Índice de Diversidad de Shannon (H'): “Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección”.

$$H' = -\sum (p_i \ln p_i).$$

Dónde p_i es la proporción de individuos de la i -ésima especie = n_i/N (Valdez et al., 2018).

Índice de Simpson (λ): “Determina la probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie. Este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad”.

$$1 - \lambda. \lambda = \sum (p_i)^2$$

Dónde p_i es la abundancia proporcional de la especie i y se obtiene mediante el número de individuos de la especie i entre el número total de individuos de la muestra. (Proporción de individuos de la i -ésima especie) = n_i/N (Valdez et al., 2018).

Índice de Equidad de Pielou (J): “Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad”.

$$J = H' / H'_{\max}$$

Donde H'_{\max} = es el $\ln(S)$ y H' es el índice de Shannon-Wiener (Valdez et al., 2018)

5.6. Análisis de los datos

Se construyó una base de datos con las abundancias registradas por los taxones que fue procesada por los programas estadísticos PRIMER-E v7 y PAST 4.08 donde inicialmente se realizó análisis de estadística descriptiva y se aplicó un test de normalidad. La prueba indicó que los datos no se ajustan a la distribución normal ($p > 0,05$), luego se empleó la prueba de Levene's la cual arrojó un resultado de 0,082, lo que indica que no hay homogeneidad de varianzas.

De acuerdo con los resultados anteriormente descritos, se emplearon análisis de estadística no paramétrica, para lo cual se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, dado que mide las medianas e indicó que para este estudio no existen diferencias estadísticamente significativas en la abundancia relativa entre las muestras ($p=0.086$) (Sawilowsky y Fahoome, 2014).

Adicionalmente se calcularon la abundancia, la riqueza y los índices de diversidad por muestra ($Pa1m1, \dots, Pa2m1, \dots, Pa3m1$) y el índice de similitud de Bray-Curtis para el cual se transformaron los datos a raíz cuarta con el propósito de disminuir el error en los análisis, puesto que la gran mayoría de taxones identificados presentaron abundancias bajas en comparación de unos pocos con valores altos. Posteriormente se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) para evaluar si existen diferencias significativas entre las muestras con los factores que se asignaron (muestra y mes). Los resultados de este análisis fueron representados mediante un dendrograma de similitud (clúster) y una prueba SIMPROF. (Contreras-Vega et al., 2021; Muñoz-Bautista, 2013).

Así mismo para comprobar la agrupación que realizó el clúster con el índice de Bray-Curtis se empleó un análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS

por sus siglas en inglés) que indica la agregación y ordenación de las muestras con respecto a los taxones encontrados (Contreras-Vega et al., 2021). Finalmente se realizó un SIMPER para determinar cuáles especies son las que tienen una mayor contribución en todo el muestreo (Clarke et al., 2014).

6. Resultados

6.1. Condiciones ambientales

Durante el mes de mayo se presentaron olas de 2,2 y 2,4 metros y la velocidad del viento osciló entre los 15 a 17 nudos en todo el Caribe colombiano, debido a al flujo de vientos alisios predominantes del este, mientras que en mes de julio se registraron vientos de 13 a 18 nudos, con una altura de las olas de 1,8 y 2,1 metros (Figura 4) (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH, 2022). Los parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad y temperatura) de los tres sitios de recolección de *Sargassum* spp. fueron datos puntuales que se presentan en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos tomados en los sitios de muestreo en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. Pa: Parche.

Mes	Fecha	Sitio de muestreo	Hora	pH	Temperatura °C	Salinidad UPS	Coordenadas
Mayo	25/05/22	Pa1	1:56	6.8	30,9	34	N10.18735- O75.783210
Julio	15/07/22	Pa2	9:07	6.7	29	30	N10.185200- O75.94910
	15/07/22	Pa3	10:35	6.7	30	32	N10.04820N- O76.03110

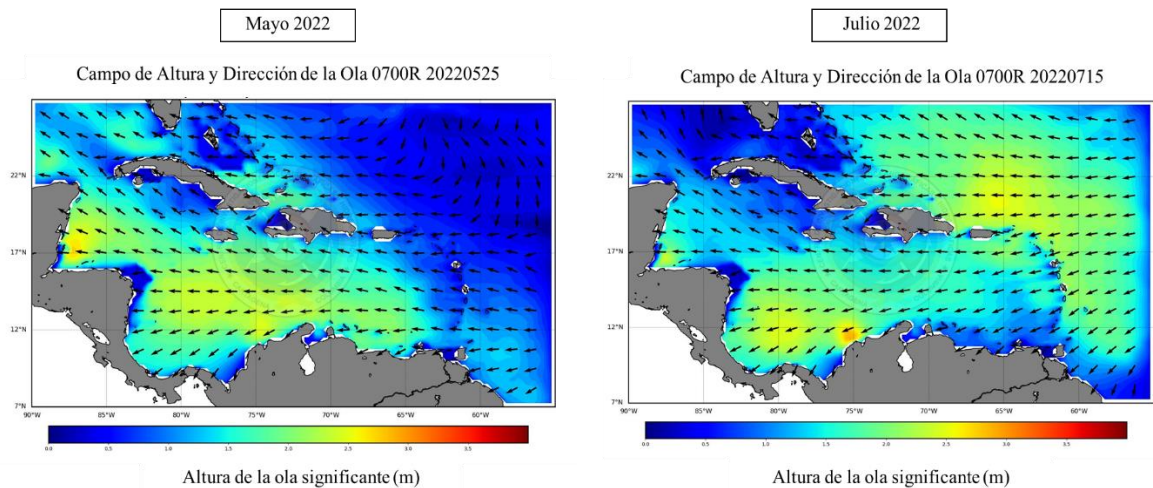


Figura 4. Patrones de viento y oleaje de los meses de mayo y julio del 2022 para el Caribe colombiano. Las flechas indican la dirección mientras que la escala de color hace referencia a la altura de la ola. Tomado de CIOH, 2022.

6.2. Composición del *Sargassum* spp. flotante en el PNN CPR

En el presente estudio se lograron identificar las dos principales especies que conforman los parches de *Sargassum* spp., las cuales presentan diferencias morfológicas. *S. natans* (Linnaeus), Gaillon, 1828 se caracteriza por filoides estrechos y pequeños, estipes ramificados, lisos y aerocistos con espinas, puntiagudos y con pedúnculos largos. Por el contrario *S. fluitans* (Børgesen) Børgesen, 1914 tiene hojas lanceoladas y anchas, estipes con espinas flexibles y aerocistos sin espinas y con pedúnculo corto como se puede apreciar en la Figura 5. (Oyesiku y Egunyomi., 2014; Fernández et al., 2017; Hunn et al., 2022).

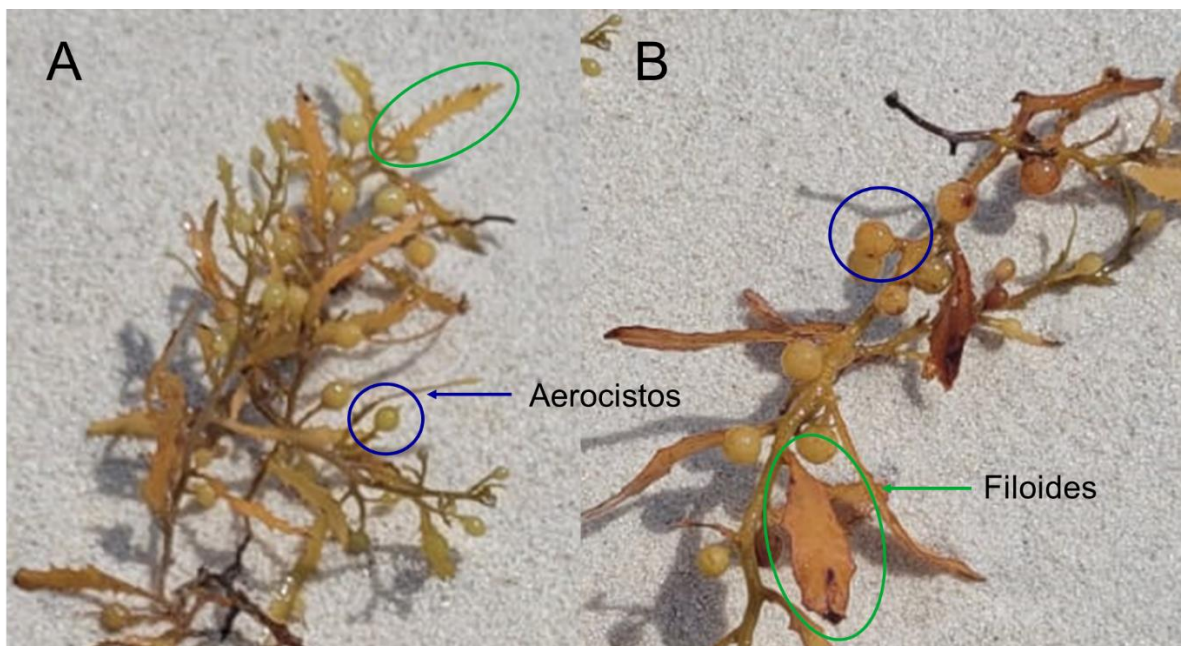


Figura 5. Ejemplares tomados del parche de *Sargassum* spp. recolectados con red manual en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. En donde se señalan los caracteres taxonómicos de las dos especies: A. *S. natans* y B. *S. fluitans*.

6.3. Estructura de la comunidad macrofaunal asociada al *Sargassum* spp.

La composición taxonómica de la comunidad macrofaunal asociada al parche de *Sargassum* spp. estuvo representada por seis phyla, seis clases, 13 órdenes, cuatro infraórdenes, 20 familias, 15 géneros, 20 especies y 19 morfotipos. En la clasificación muchos organismos fueron llevados hasta el nivel de especie, otros a género (Figura 6) y algunos que no permitieron llegar a ninguno de los dos niveles se contabilizaron como morfotipos. Lo cual se describe a continuación en el listado sistemático de la macrofauna asociada a *Sargassum* spp. flotante en el PNN CPR de acuerdo con las guías de identificación utilizadas; cnidarios y briozoos Wedler (2017), moluscos gasterópodos Díaz & Puyana (1994) anélidos De León-González et al. (2009,2021); crustáceos Abele & Kim (1986) LeCroy (2000), peces Carpenter (2002) y la base de datos World Register of Marine Species WORMS (2023):

- Phylum** Cnidaria Hatschek, 1888
 Clase Hydrozoa Owen, 1843
 Orden Leptothecata Cornelius, 1992
 Familia Campanulariidae Johnston, 1836
 Género: *Obelia* Péron & Lesueur, 1810
 Obelia geniculata Linnaeus, 1758
 Familia Lafoeidae Hincks, 1868
 Morfotipo19
 Familia Hebellidae Fraser, 1912
 Género *Anthohebella* Boero, Bouillon & Kubota, 1997
 Anthohebella parasitica Ciamician, 1880
- Phylum** Bryozoa
 Clase Gymnolaemata Allman, 1856
 Orden Cheilostomatida Busk, 1852
 Familia Membraniporidae Busk, 1852
 Género *Jellyella* Taylor & Monks, 1997
 Jellyella tuberculata Bosc, 1802
- Phylum** Mollusca Cuvier, 1797
 Clase Gastrópoda Cuvier, 1795
 Orden Caenogastropoda L. R. Cox, 1960
 Familia Litiopidae Gray, 1847
 Morfotipo10
 Morfotipo11
 Morfotipo12
 Morfotipo13
 Morfotipo14
 Morfotipo15
 Orden Cycloneritida
 Familia Neritidae Rafinesque, 1815
 Morfotipo 16
- Phylum** Annelida Lamarck, 1802
 Clase Polychaeta Grube, 1850
 Orden Phyllodocida Dales, 1962
 Familia Nereididae Blainville, 1818
 Morfotipo18
 Género *Platynereis* Kinberg, 1865
 Platynereis mucronata de León-González, Solís-Weiss
 & Valadez Rocha, 2001

Phylum: Arthropoda Siebold, 1845

Subphylum: Crustacea Brünnich, 1772

Clase: Malacostraca Latreille, 1802.

Orden: Decapoda Latreille, 1802

Infraorden: Brachyura Latreille, 1802

Familia: Portunidae Rafinesque, 1815

Morfotipo1

Género: *Achelous* Haan, 1833

Achelous ordwayi Stimpson, 1860

Achelous gibbesii Stimpson, 1859

Achelous ventralis A. Milne-Edwards, 1879

Achelous spinimanus Latreille, 1819

Género: *Portunus* Weber. 1795

Portunus sayi Gibbes, 1850

Género: *Laleonectes* Manning & Chace, 1990

Laleonectes vocans A. Milne-Edwards, 1878

Infraorden: Caridea Dana, 1852

Morfotipo2

Familia: Palaemonidae Rafinisque, 1815

Morfotipo3

Género: *Leander* Demarest, 1849

Leander tenuicornis Say, 1818

Género: *Palaemon* Weber, 1795

Palaemon sp. 1

Género: *Periclimenes* O.G. Costa,

Periclimenes sp. 1

Familia: Hippolytidae Dana, 1852

Morfotipo4

Género: *Latreutes* Stimpson, 1860

Latreutes fucorum Fabricius, 1798

Latreutes sp. 1

Orden: Amphipoda Latreille, 1816

Infraorden: Corophiida Leach, 1814

Familia: Ampithoidae Boeck, 1871

Morfotipo5

Género: *Ampithoe* Leach, 1814

Ampithoe sp. 1

Familia: Aoridae Stebbing, 1899

Morfotipo6

Familia: Podoceridae Leach, 1814
 Morfotipo7
Infraorden: Hadziida S. Karaman, 1943
Familia: Melitidae Bousfield, 1973
 Morfotipo8
Orden: Isopoda Latreille, 1816
Familia: Bopyridae Rafinesque, 1815
 Morfotipo9
Phylum: Chordata Haeckel, 1874
Clase: Teleostei
Orden: Ovalentaria
Familia: Pomacentridae Bonaparte, 1831
Género: *Abudefduf* Forsskål, 1775
Abudefduf tauro Müller & Troschel, 1848
Orden: Gobiiformes
Familia: Gobiidae Cuvier, 1816
 Morfotipo17
Orden: Acanthuriformes
Familia: Lobotidae Gill, 1861
Género: *Lobotes* Cuvier, 1829
Lobotes surinamensis Bloch, 1790
Orden: Lophiiformes
Familia: Antennariidae Jarocki, 1822
Género: *Histrion* Fischer, 1813
Histrion histrion Linnaeus, 1758
Orden: Syngnathiformes
Familia: Syngnathidae Bonaparte, 1831
Género: *Syngnathus* Linnaeus, 1758
Syngnathus sp. 1

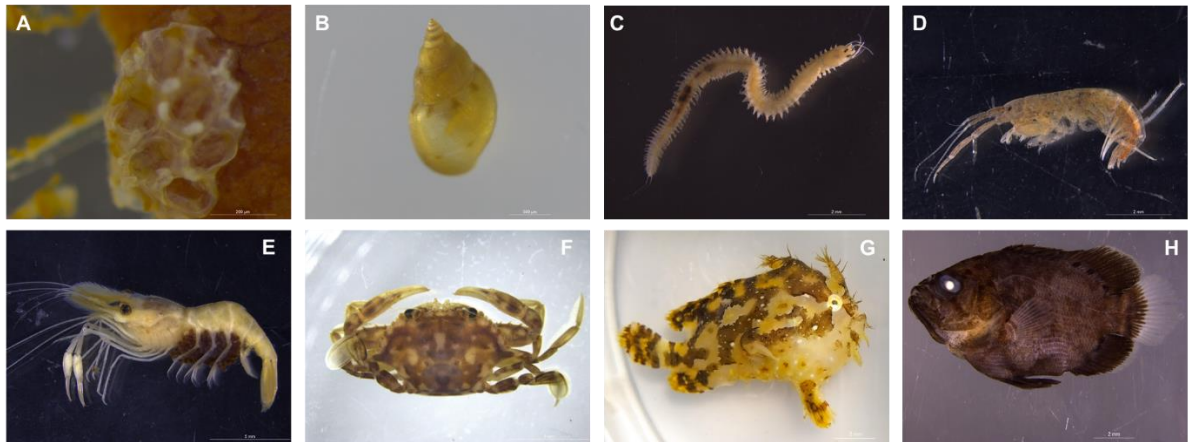


Figura 6. Composición de la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. A. Briozoo (*Jellyella tuberculata*), B. Gasterópodo (Familia Litiopidae), C. Poliqueto (*Platynereis mucronata*), D. Anfípodo (Familia Ampithoidae), E. Camarón (*Leander tenuicornis*), F. Cangrejo (*Portunus sayi*), G y H. Peces (*Histrio histrio* y *Lobotes surinamensis*).

6.4. Abundancia.

Se revisaron 994 individuos (Cnidaria, Bryozoa, Mollusca, Annelida, Crustacea y Chordata) (Tabla 2) donde el grupo más abundante estuvo representado por el subphylum Crustacea, con 833 individuos, que representa el 84% y una densidad de 46 individuos / kg. Seguido de Mollusca con 98 individuos, (10%) lo que es equivalente a 5 individuos/ kg y Annelida con 54 individuos (5%) y una densidad de 3 individuos/ kg. El resto de los grupos (Cnidaria, Bryozoa y Chordata,) estuvieron por debajo de 10 individuos, equivalente al 1% (Figura 7) con densidades menores a 1 individuos/ kg.

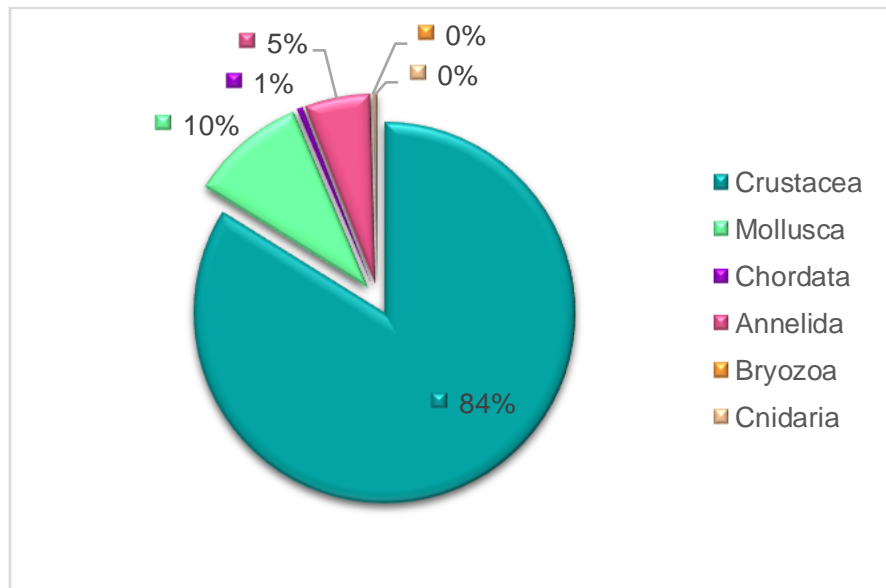


Figura 7. Abundancia Relativa de los grupos taxonómicos encontrados en los parches de *Sargassum* spp. flotante en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. Tabla 2 abundancia total y densidad de la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante.

Tabla 2. Abundancia de la macrofauna asociadas a *S. natans* y *S. fluitans* en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022. Pa: Parche. (1-3). m: muestras (1-3). Ab(N) Abundancia.

Taxón	Mayo						Julio			Ab (N)	
	Pa1m2	Pa1m2	Pa1m3	Pa2m1	Pa2m2	Pa2m3	Pa3m1	Pa3m2	Pa3m3		
Cnidaria	<i>O. geniculata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Lafoeidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>A. parasitica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
3											
Bryozoa	<i>J. tuberculata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Litiopidae 1	0	0	0	6	0	0	3	0	0	9
	Litiopidae 2	0	0	0	2	1	0	1	0	0	4
	Litiopidae 3	0	0	1	1	1	2	6	0	1	12
	Litiopidae 4	0	0	0	14	3	3	17	0	0	37
	Litiopidae 5	0	0	14	0	0	2	0	0	0	16
	Litiopidae 6	0	0	0	5	2	2	10	0	0	19
Neritidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
98											
Annelida	Nereididae	0	0	1	1	0	0	1	2	0	5
	<i>P. mucronata</i>	0	8	4	8	4	8	2	10	5	49

											54
	Portunidae	3	0	2	0	0	0	0	2	0	7
	<i>A. ordwayi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	<i>A. gibbesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	<i>A. ventralis</i>	1	1	1	0	0	0	0	2	1	6
	<i>A. spinimanus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	<i>P. sayi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>L. vocans</i>	1	0	1	1	0	0	0	2	0	5
	Caridea	30	5	9	51	16	22	5	14	10	162
	Palaemonidae	0	1	3	0	0	0	1	2	4	11
	<i>L. tenuicornis</i>	0	3	16	1	0	1	5	10	2	38
Crustacea	<i>Palaemon</i> sp. 1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Periclimenes</i> sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Hippolytidae	2	0	0	1	0	0	0	2	1	6
	<i>Latreutes</i> sp. 1	3	0	0	1	0	0	0	3	0	7
	<i>L. fucorum</i>	121	12	31	109	49	29	25	71	63	510
	Bopyridae	4	6	5	6	8	6	9	12	8	64
	Ampithoidae	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	<i>Amphitoe</i> sp. 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Aoridae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Podoceridae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Melitidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
											833
Chordata	<i>A. Taurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Gobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	<i>L. surinamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	<i>H. histrio</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	<i>Syngnathus</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
											5

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que en los tres parches (Pa1, Pa2, Pa3) cada uno con 6 kg de *Sargassum* spp. revisado, albergan en promedio 331 individuos. Pa2 mostró una mayor abundancia (367) (Figura 8). La abundancia por meses permitió determinar que en el mes de julio se registró un total de 693 individuos con una abundancia más alta que en el mes de mayo con 301 individuos, teniendo en común que el subphylum Crustacea presentó los valores más altos de abundancia en ambos meses (Figura 9).

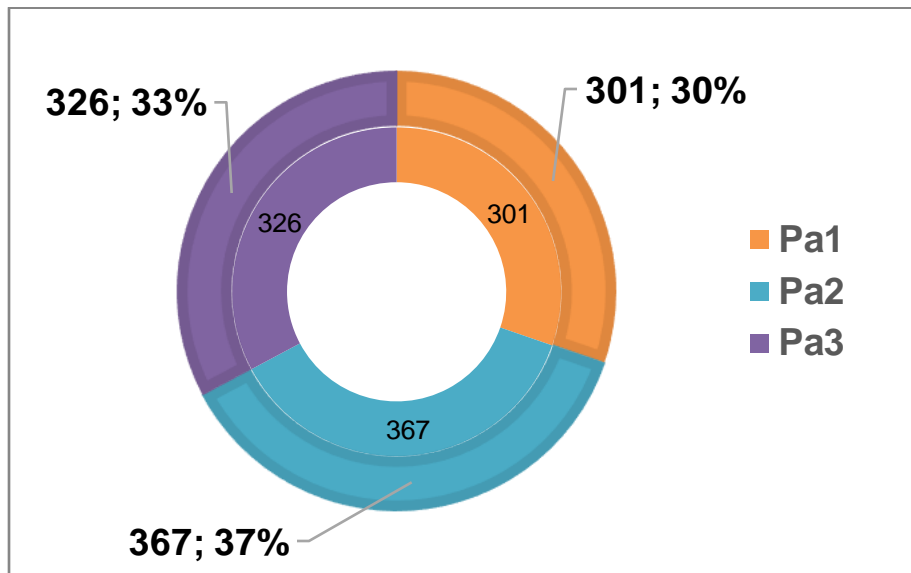


Figura 8. Abundancia por sitios de muestreo de la fauna asociada a los parches de *Sargassum* spp. flotante en el PNN CPR en mayo y julio de 2022. Pa: Parche.

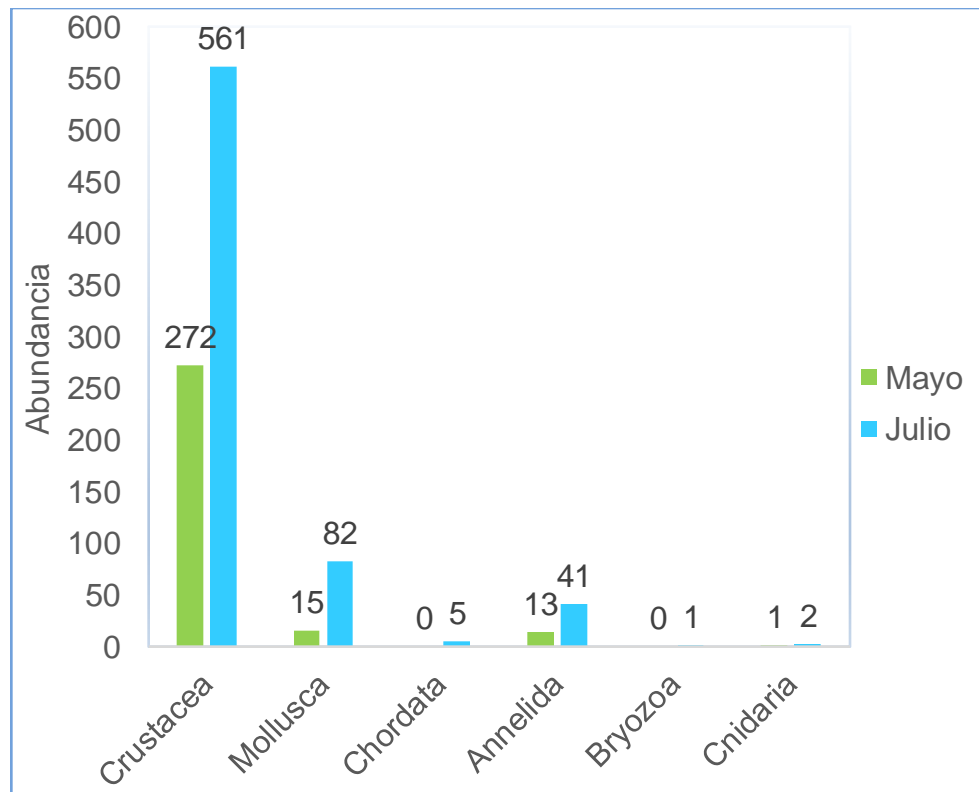


Figura 9. Abundancia por meses de muestreo de la fauna asociada a los parches de *Sargassum* flotante en el PNN CPR en el 2022.

6.5. Índices de la estructura de la comunidad faunística asociada al *Sargassum* spp. flotante.

La tabla 3 presenta los resultados de los atributos que a continuación se detallan. En cuanto a la riqueza, la mayor se registró en el Pa3 (30 especies) mientras que la menor riqueza se presentó en el Pa2 (16 especies), así mismo al analizar las muestras de cada sitio de muestreo (parches) se encontró que Pa1m3 y Pa3m1 coincidieron con el mismo valor (18 especies) mientras que la muestra que presentó menor riqueza de todo el muestreo fue Pa1m2 (8 especies).

La mayor diversidad según el índice de Shannon-Wiener correspondió a la muestra Pa3m1 ($H' = 2,28$), mientras que el menor valor se observó en Pa1m1 ($H' = 0,95$). Con respecto al índice de Pielou las muestras Pa1m2 ($J' = 0,84$) y Pa3m1 ($J' = 0,78$) presentaron una alta uniformidad, por lo que todas las especies son igualmente abundantes, contrario a la muestra Pa1m1 que solo registró $J' = 0,41$ lo que indica una baja uniformidad para esta muestra. Igualmente, al analizar las muestras se evidenció que el índice de dominancia de Simpson tiene los valores más altos para Pa1m1 ($\lambda = 0,55$), mientras que el valor más bajo se registró Pa3m1 ($\lambda = 0,14$).

De acuerdo con los resultados obtenidos por los índices de diversidad se puede afirmar que la muestra que presentó una mayor diversidad de especies fue Pa3m1, el cual mostró el índice de Shannon más alto ($H' = 2,28$), de igual modo el índice de Simpson mostró una baja dominancia, debido a que tiende a ser más pequeño cuando la comunidad es más diversa, en este caso se obtuvo un valor de $\lambda = 0,14$; esto se puede corroborar porque el valor del índice de Pielou para esta muestra fue de $J' = 0,78$ lo que indica que hay una alta uniformidad. Caso contrario se evidenció en el Pa1m1 que presentó la menor diversidad con el índice de Shannon más bajo de todo el muestreo ($H' = 0,95$), además esta muestra arrojó un predominio de Simpson de $\lambda = 0,55$ infiriendo que una especie presenta una dominancia del 55% del total de la muestra. (Tabla 3).

Tabla 3. Índices ecológicos para la macrofauna asociada a *Sargassum* spp. flotante en PNNCRP en el mes de mayo y julio. S= riqueza, N= número total de individuos, J'= uniformidad de Pielou, H'= diversidad de Shannon-Winner, λ = dominio de Simpson.

Muestras	S	N	J	H'	λ
Pa1m1	10,00	167,00	0,41	0,95	0,55
Pa1m2	8,00	37,00	0,85	1,76	0,21
Pa1m3	18,00	97,00	0,76	2,19	0,17
Pa2m1	14,00	207,00	0,56	1,49	0,35
Pa2m2	9,00	85,00	0,62	1,36	0,38
Pa2m3	9,00	75,00	0,75	1,64	0,26
Pa3m1	18,00	91,00	0,78	2,28	0,14
Pa3m2	15,00	135,00	0,64	1,74	0,31
Pa3m3	14,00	100,00	0,55	1,45	0,42

6.6. Análisis de Ordenación y Clasificación

El ANOSIM determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p = 0,28$) (R global de 0,144) (Tabla 4). Con los análisis de clasificación empelados, se buscó establecer el comportamiento de la macrofauna en las distintas muestras evaluadas. Por lo tanto, se empleó el índice de Bray-Curtis con una prueba SIMPROF que mostró la separación de la comunidad en dos grupos: el grupo A donde están las muestras Pa2m1, Pa2m2, Pa2m3 y Pa3m1, con un porcentaje de similitud del 67,95%, mientras que el grupo B agrupó las muestras Pa1m1, Pa1m2, Pa1m3, Pa3m2 y Pa3m3 con un porcentaje de similitud del 56,65%. Con los resultados obtenidos de las anteriores pruebas se realizó un Dendrograma el cual registró un porcentaje de similitud del 55% (Figura 10) y un índice cofenético de 0,75. Además el NMDS comprobó la separación arrojada por el Dendrograma con un stress 0,11(Figura 11) que indicó la agrupación por la presencia de ciertas especies en las muestras, lo que hace que se separe en dos grupos.

Tabla 4. Análisis de similitud ANOSIM. R global= 0,144 ($p = 0,28$)

	Pa1m1	Pa1m2	Pa1m3	Pa2m1	Pa2m2	Pa2m3	Pa3m1	Pa3m2	Pa3m3
Pa1m1									
Pa1m2	44,71								
Pa1m3	44,88	55,11							
Pa2m1	55,13	47,15	48,69						
Pa2m2	50,18	52,43	43,13	70,16					
Pa2m3	41,39	61,98	54,18	70,03	80,44				
Pa3m1	26,57	48,49	45,76	67,44	59,9	59,7			
Pa3m2	65,28	60,81	62,15	60,8	43,92	48,14	44,56		
Pa3m3	48,15	65,58	59,23	53,67	53,88	57,26	51,13	60,63	

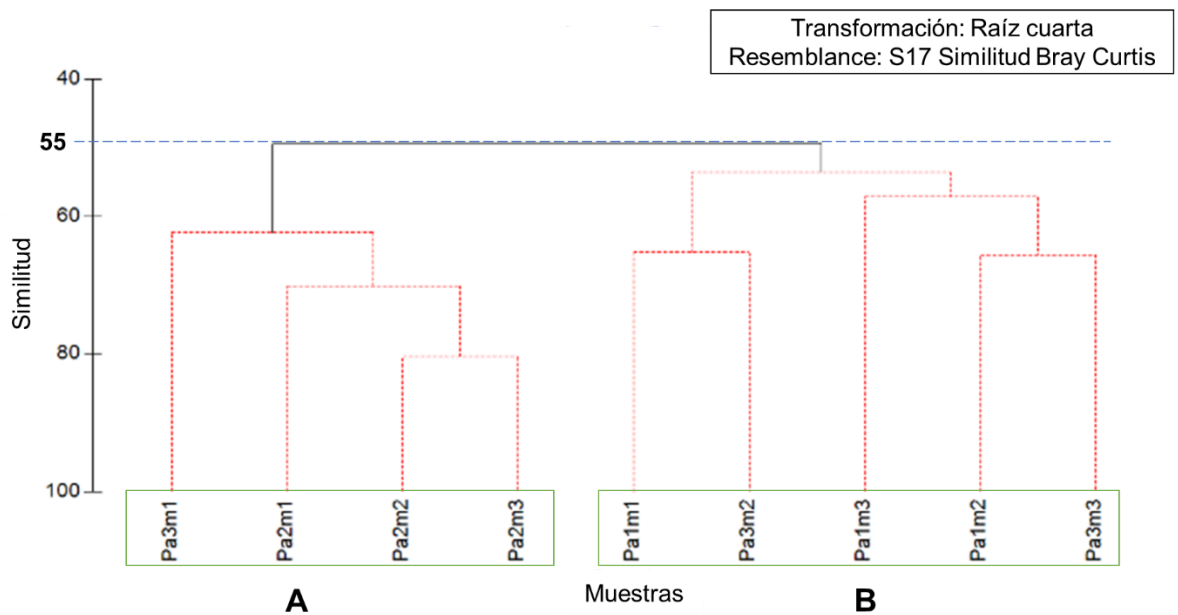


Figura 10. Dendrograma de similitud de Bray Curtis, complementado con la prueba SIMPROF de las diferentes muestras de macrofauna asociada al *Sargassum* spp. recolectadas en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. índice cofenético 0,75.

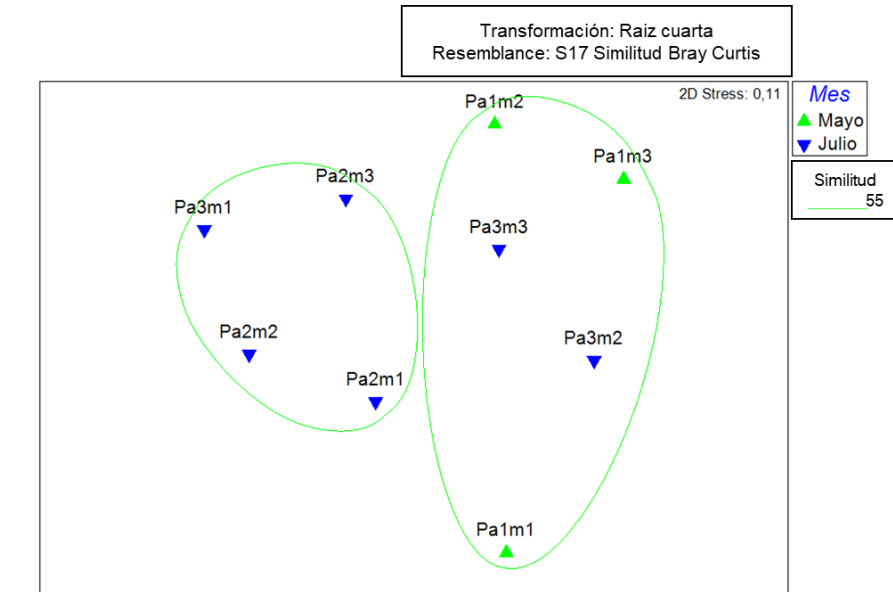


Figura 11. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de las diferentes muestras de macrofauna asociada al *Sargassum* spp. recolectadas en el PNNCPR en los meses de mayo y julio del 2022. Stress: 0,11.

6.7. Contribución de las especies

Se realizó una prueba SIMPER, para conocer la contribución de las especies en los grupos A y B. se determinó que para el grupo A, *L. fucorum* (19,56%) es la especie de mayor contribución, seguida del infraorden Caridea (15,09%), la familia Bopyridae (13,25%), el morfotipo Litiopidae 14 (11,68%), la especie *P. mucronata* (11,37%) y los morfotipos Litiopidae 16 (10,28%), Litiopidae 13 (8,62%), Litiopidae 12 (3,83%).

Resultados similares fueron observados en el grupo B que mostró a *L. fucorum* (22,91%) nuevamente como la especie de mayor contribución, luego Caridea (16,67%), Bopyridae (15,07%) *A. ventralis* (10,1%), *P. mucronata* (8,65%), *L. tenuicornis* (7,61%) Palaemonidae (6,37%) y Portunidae (3,15%). (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba SIMPER para determinar el porcentaje de contribución de las especies macrofaunales asociadas al *Sargassum* spp. flotante en los dos grupos que se agruparon las muestras. Grupo A (Pa2m1; Pa2m2; Pa2m3; Pa3m1) con un porcentaje de similitud del 67,95%. Grupo B (Pa1m1; Pa1m2; Pa1m3; Pa3m2; Pa3m3) con un porcentaje de similitud del 56,65%. Av.Abund: Abundancia Promedio. Contrib%: Porcentaje de Contribución. Cum%: Porcentaje de Contribución Acumulado.

	Taxón	Av,Abund	Contrib%	Cum, %
Grupo A	<i>L. fucorum</i>	2,61	19,56	19,56
	Caridea	2,08	15,09	34,65
	Bopyridae	1,64	13,25	47,9
	Litiopidae 14	1,65	11,68	59,59
	<i>P. mucronata</i>	1,49	11,37	70,96
	Litiopidae 16	1,41	10,28	81,24
	Litiopidae 13	1,19	8,62	89,86
	Litiopidae 12	0,8	3,83	93,69
Grupo B	<i>L. fucorum</i>	2,65	22,91	22,91
	Caridea	1,86	16,67	39,58
	<i>L. fucorum</i>	1,6	15,07	54,66
	<i>A. ventralis</i>	1,04	10,1	64,76
	<i>P. mucronata</i>	1,27	8,65	73,41
	<i>L. tenuicornis</i>	1,26	7,61	81,02
	Palaemonidae	0,98	6,37	87,39
	Portunidae	0,74	3,15	90,54

7. Discusión

7.1. Composición del *Sargassum* spp. flotante

En este estudio se confirmó la presencia de *S. natans* y *S. fluitans*, que han sido reportadas por otros autores para el Océano Atlántico y el Mar Caribe, (Wang et al., 2019; Franks et al., 2016, Torres-Conde & Martínez-Daranas, 2020) las cuales presentan una complejidad al momento de realizar la clasificación taxonómica debido a las variaciones morfológicas que presentan sus estructuras, por lo que han sido divididas en diferentes morfotipos (Martin et al., 2021; Torres-Conde & Martínez-Daranas, 2020).

No obstante, para esta investigación no se logró describir específicamente los morfotipos que corresponden a las dos especies encontradas, por lo que no se puede confirmar lo dicho por Martin et al. (2021), quienes resaltan que factores como el tamaño y área de superficie de las hojas, la distancia entre estas y las vesículas, el tipo de ramificación y la tridimensionalidad generan arquitecturas diferentes en cada morfotipo, siendo los de mayor complejidad arquitectónica los que presentan una mayor densidad y diversidad de organismos sésiles y móviles, lo que permite no solo adherirse sino también refugiarse (Martin et al., 2021). Para comprobar estos supuestos sería necesario otra investigación donde se evalúe los atributos de la comunidad por morfotipo y no en general como se realizó en este estudio y en los elaborados por Stoner & Greening (1984), Muñoz-Bautista et al. (2015), Huffard et al. (2014) y Monroy-Velázquez et al. (2019).

7.2. Rol ecológico del *Sargassum* spp. flotante

Varios estudios han denotado la importancia del hábitat que proporciona *S. natans* y *S. fluitans* al constituir parches de gran superficie y espesor que facilita el asentamiento de una gran diversidad de invertebrados de tamaño pequeño (Hallett, 2011), lo que proporciona una fuente de alimento para niveles tróficos más altos, especialmente peces (Martin et al., 2021).

Este ecosistema con una larga historia evolutiva permitió el establecimiento de fauna nativa (Trott et al., 2010; Hallett, 2011), que ha desarrollado un alto grado de crípsis (Russell & Dierssen, 2015) y hasta adaptaciones como se evidencia en la macrofauna asociada al *Sargassum* spp. en el PNNCPR. En este estudio se encontraron especies como el pez del sargazo *H. histrio*, el pez pipa *Syngnathus* sp. los cangrejos de la familia Portunidae en especial *P. sayi*, el camarón *L. fucorum*, y moluscos de la familia Litiopidae con posibles ejemplares de *L. melanostoma*, los cuales son algunos de los representantes más concurrentes del *Sargassum* spp. flotante según Laffoley et al. (2011); Hunn et al. (2022); Trott et al. (2010); Hallett, (2011)

Además de las especies nativas, el *Sargassum* ha sido designado como hábitat esencial para peces por el South Atlantic Fisheries Administration Council. (Trott et al., 2010) puesto que se encuentran cerca de 140 especies registradas, de las cuales muchas son migratorias, de importancia comercial o que se encuentran amenazadas (Laffoley et al., 2011; Hallett, 2011). Dentro de estas clasificaciones entran también aves marinas, tortugas marinas juveniles y mamíferos marinos (Trott et al. 2010 Hallett, 2011, Huffard et al., 2014; Martin et al., 2021) y aunque en este estudio la diversidad de peces fue baja y, si bien no se reportaron tortugas marinas juveniles, aves u otras especies migratorias asociadas al *Sargassum* spp. que se encontraba en el PNNCPR, si se observaron grupos de delfines y peces voladores cerca a estos parches flotantes. Adicionalmente los pescadores de la zona comentan encontrar pequeñas tortugas en el *Sargassum* spp. y hacen referencia que los peces utilizan como sombra las macroalgas lo que puede confirmar lo dicho por otros autores, pero para esto se requiere reunir la evidencia con nuevos muestreos.

El *Sargassum* spp. flotante cumple diferentes roles ecológicos en el medio marino como los mencionados anteriormente y que han sido ampliamente estudiados y descritos, no obstante, poco se ha investigado sobre el fenómeno de la sedimentación del *Sargassum* spp., el cual fue reportado por primera vez por Schoner & Rowe (1970) y Wolff (1979) que registraron *Sargassum* spp. en el fondo submarino, lo identificaron a partir de pequeños montículos entre los 1.200 m y 5.300 m. Junto con este hallazgo, encontraron partes de *Sargassum* spp. flotante en el contenido intestinal de equinodermos, poliquetos e isópodos. Por otra parte, Baker et al. (2018) propone la existencia del aprovechamiento del *Sargassum* spp. por parte de especies protistas que constituyen una red alimenticia para organismos como crustáceos, poliquetos, platelmintos, gasterópodos y briozoos según lo encontrado en su investigación. A partir de estos trabajos se considera necesario realizar estudios de sedimentación dentro del PNNCPR para establecer la presencia de aprovechamiento del *Sargassum* spp. por parte de la fauna asociada a los corales de profundidad.

7.3. Estructura de la comunidad macrofaunal asociada al *Sargassum* spp.

A fines de la década de 1960, el *Sargassum* spp. en la Corriente del Golfo y en el Mar de Sargazos presentaron comunidades de macrofauna móviles similares (Fine 1970), un patrón que no se observó 10 años después (Stoner & Greening 1984), debido a que la fauna presentó valores de abundancia diferentes para los grupos de crustáceos, moluscos y poliquetos, con un aumento significativo de las especies *L. fucorum*, *L. melanostoma* y *P. dumerilli*. Esto coincide con los resultados obtenidos por Muñoz-Bautista et al. (2015), Huffard et al. (2014), Monroy-Velásquez (2019), Hunn et al. (2022), Martin et al. (2021).

Como ya se ha mencionado, la estructura de la comunidad asociada al *Sargassum* spp. flotante en este estudio coincide en gran medida con lo reportado por otras investigaciones. Sin embargo, en la naturaleza se pueden presentar variaciones que están dadas por procesos naturales y que condiciona la estructura de la comunidad como reporta Muñoz-Bautista et al (2015) y Martin et al. (2021), que pueden estar determinadas por condiciones oceanográficas locales, la cercanía a la costa, el tiempo que lleve flotando o la morfología de las especies holopelágicas del *Sargassum* spp. Junto con esto, la estructura de la comunidad puede estar influenciada por la presencia de algunas especies que ocupan el alga temporal o permanentemente, así como depredadores que generan cambios en la composición faunística. Lo que indica que existe una competencia interespecífica en esta comunidad.

A lo largo del estudio, se evidenció que la estructura de la comunidad macrofaunal asociada a los parches de *Sargassum* spp. flotante encontrados en el PNNCPR no presentó diferencias en la composición de especies entre las muestras. También se evidenció en los estudios realizados por Muñoz-Bautista et al. (2015); Baker et al. (2018) y Hunn et al. (2022). Sin embargo, para este estudio el índice de Bray-Curtis y el NMDS separaron las muestras en dos grupos (A y B) con un porcentaje de similitud del 55%. Lo cual se confirmó al aplicar la prueba SIMPER, donde, *L. fucorum* Caridea y Bopyridae, presentaron los más altos porcentajes de contribución en ambos grupos. Además, se demostró que estos grupos se separan debido a la contribución y presencia de los morfotipos de la familia Litiopidae y *P. mucronata* para el grupo A y *Achelous ventralis*, Paleomonidae y Portunidae para el grupo B.

Para el grupo de los Cnidarios se identificaron tres taxones, dos de estos fueron llevados hasta especie (*Obelia geniculata* y *Antohebella parasítica*) y solo uno hasta familia (Lafoeidea), debido a que se encontraba incompleto. Además de hidroides, se observó el briozoo, *Jellyella tuberculata*, en un aerocisto lo que coincidió con los reportes de Schoner & Rowe (1970); Smith et al. (2015); Baker et al (2018); Mendoza-Becerril et al., (2020), siendo muy común de encontrar *Obelia geniculata* y *Jellyella tuberculata*, contrario de *Antohebella parasítica* que hasta este estudio no había sido reportada como formadora de la comunidad del *Sargassum* spp.

Por otro lado, Muñoz-Bautista et al. (2015) y Baker et al. (2018) reportaron que el molusco *L. melanostoma* es la especie más común en el *Sargassum* spp. flotante, en contraste con los resultados obtenidos en esta investigación desarrollada en PNNCPR, en donde se logró identificar la familia Litiopidae con posibles individuos de la especie *L. melanostoma*. Sin embargo, no se logró comprobar la especie puesto que los organismos se encontraban en estadios juveniles. Por otra parte, este estudio es el primero en reportar la presencia de la familia Neritidae para *Sargassum* spp. flotante, no obstante, López-Sánchez (2009) encontró esta familia en *Sargassum* spp. bentónico en el Caribe colombiano y señaló que este género de macroalgas son muy utilizadas por los moluscos gasterópodos para sus procesos de asentamiento y reclutamiento.

Para el grupo de poliquetos autores como Hunn et al. (2022); Smith et al. (2015), Martin et al. (2021), Stoner & Greening (1984), Fine (1970), Huffard et al. (2014) y Monroy-Velázquez et al. (2019), hacen reporte de la especie *P. dumerilli*, que ha sido catalogada como especie nativa del *Sargassum* spp. Aunque en esta investigación los poliquetos registrados se ubicaron dentro del género *Platynereis*, la especie reportada es otra, con lo cual se presenta un primer registro de *P. mucronata* para la fauna asociada al *Sargassum* spp., lo que sugiere que se debe hacer mayores estudios para definir si la ocurrencia de *P. mucronata* está presente solo en el Caribe colombiano o si se trata de que la comunidad del *Sargassum* spp. puede estar teniendo cambios que aún no han sido reportados. Esto debido a que los trabajos anteriores en su gran mayoría usaron guías de identificación muy antiguas, lo cual podría ser una causante de que no se haya reportado antes en la fauna asociada al *Sargassum* spp.

De acuerdo con Muñoz-Bautista (2013), Martín et al. (2021) y Hunn et al. (2022) la especie que presentó una mayor abundancia para el grupo de los crustáceos fue *L. fucorum* como se describe en este estudio, seguida de la familia Portunidae, mientras que la menor abundancia fue atribuida a las familias Bopirydae y Ampithoidae en contraste con el estudio realizado por Smith et al. (2015) quien

reportó para las Bermudas un aumento significativo en la abundancia de la familia Ampithoidae.

En cuanto al registro de la ictiofauna asociada al *Sargassum* spp. flotante en el PNN CPR se evidenció que los organismos de las cinco familias (Pomacentridae, Syngnathidae, Lobotidae, Antennariidae y Gobiidae) recolectadas se encontraron en estadios juveniles, con una baja abundancia y un tamaño mucho menor a los reportados por Monroy-Velásquez et al. (2019) Wells & Rooker (2004). Las especies *H. histrio*, *Syngnathus* sp. *L. surinamensis* se asocian comúnmente al *Sargassum* spp. flotante, principalmente en el Mar de los Sargazos y el Caribe descritas por Casazza & Rose (2008) Trott (2010), mientras que la familia Gobiidae y la especie *Abudeduf tauro* registradas en este estudio no han sido reportada por estos y otros autores en *Sargassum* spp. flotante.

7.4. Variaciones espaciales de la comunidad macrofaunal asociada al *Sargassum* spp.

La variabilidad océano-atmósfera en la cuenca Caribe de Colombia está determinada por las migraciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) como son la ubicación de los centros de presión atmosférica, los vientos Alisios y las descargas de los ríos que provienen de los Andes colombianos, y por procesos de ocurrencia global de corto periodo como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Esta interacción entre el océano y la atmósfera determina aspectos oceanográficos fundamentales como la circulación y la temperatura superficial del mar (Bernal et al., 2010).

Para el PNN CPR se evidenció una diferencia entre la velocidad del viento y en oleaje durante los meses en los que se recolectaron las muestras, y se determinó que para el mes de mayo se presentaron olas de 2,2 y 2,4 m y la velocidad del viento osciló entre los 15 a 17 nudos en todo el Caribe colombiano, debido al flujo de vientos alisios predominantes del este, mientras que en mes de julio se registraron vientos de 13 a 18 nudos, con una altura de las olas de 1,8 y 2,1 m (CIOH, 2022).

Las diferencias entre el oleaje y viento en los dos meses de muestreo en los que se localizaron los parches de *Sargassum* spp. influenciaron en su forma y distribución. En mayo se observó una agrupación en forma circular con pequeños montículos a

diferencia de julio que el *Sargassum* spp. estaba dispuesto en forma de hilera con una mayor extensión y menor segmentación, lo que se atribuye a que los fuertes vientos inciden en la fragmentación del parche. De igual forma la abundancia y la riqueza presentaron variaciones para estos dos meses, con el mayor registro en julio frente a mayo, al tener un mayor número de muestras.

8. Conclusiones

En el *Sargassum* spp. flotante revisado en este estudio se encuentran *S. natans* y *S. fluitans*, que se distribuyen desde el mar de los Sargazos hasta el Atlántico Sur y el Mar Caribe.

La variación en los vientos y el oleaje en los meses de muestreo (mayo y julio) influenciaron la distribución y biomasa del *Sargassum* spp. flotante dentro del PNNCPR, formando pequeños parches hasta hileros de varios kilómetros.

El *Sargassum* spp. flotante presente en el PNNCPR es un hábitat de importante valor ecológico que permite el refugio, desove, alimentación y transporte para una gran variedad de grupos faunísticos que pasan toda o una importante etapa de su vida adheridos a estas macroalgas.

Los crustáceos poseen una gran diversidad y son muy abundantes en los ecosistemas marinos, lo que ha llevado a que colonicen diferentes tipos de sustratos, como es el caso del *Sargassum* spp. flotante donde se encontró una alta abundancia.

Este estudio constituye el primer registro de la fauna asociada al *Sargassum* spp. flotante para el PNNCPR y el Caribe colombiano. Donde se describió una alta biodiversidad de invertebrados y peces, siendo algunos nativos del *Sargassum* spp., otros de importancia ecológica o económica. Además, se encontraron organismos asociados al *Sargassum* spp. flotante que, al realizar la revisión bibliográfica, no fueron reportados por otros autores, tales como: *A. parasítica* (Bryozoa), la familia Neritidae (Mollusca), el poliqueto *P. mucronata* (Annelida), cangrejos como *A. ordwayi*, *A. ventralis* y *L. vocans* (Artrópoda, Crustacea, Brachyura) y los peces *A. tauro* y la familia Gobiidae (Chordata).

No existen protocolos de muestreo o metodologías diseñadas para el estudio de la comunidad asociada al *Sargassum* spp. flotante, como para su recolección y tratamiento, varían mucho dependiendo del grupo faunístico que se quiere evaluar y de las herramientas que se tengan, por lo que es necesario estandarizar estos procedimientos para no perder grupos faunísticos de interés.

Debido a la falta de literatura y estudios taxonómicos de toda la macrofauna asociada al *Sargassum* spp., mucho continúa siendo indescrito o nuevo para la ciencia, lo que impidió que muchos organismos en este estudio no pudieran ser identificados hasta especie.

10. Recomendaciones

Realizar análisis moleculares para *S. natans* y *S. fluitans* que permitan identificar cuáles son los morfotipos presentes en el PNN CPR, así como a la macrofauna descrita en este estudio para la confirmación de las especies y clasificarlas de acuerdo a la literatura

Es importante el constante monitoreo de estas macroalgas en el PNN CPR para establecer su temporalidad, donde se incluyan las épocas de mayor abundancia del *Sargassum* spp. flotante que permita generar información que aporte a la línea base, así como insumos para el manejo y la toma de decisiones.

Es necesario ampliar la investigación sobre los parches de *Sargassum* spp. que llegan temporalmente al PNN CPR para establecer la influencia que tienen estas macroalgas con la comunidad de corales mesofíticos y la fauna asociada.

11. Bibliografía

- Abele, L. G., & Kim, W. (1986). An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida (Vol. 8, No. 1). State of Florida, *Department of Environmental Regulation*.
- Alonso, D., Vides, M., Cedeño, C., Marrugo, M., Henao, A., Sanchez, J.A., Dueñas, L., Andrade, J.C., Gonzalez, F. & M. Gomez. (2015). Parque Nacional Natural Corales de Profundidad: descripción de comunidades coralinas y fauna asociada. *Serie de Publicaciones Generales del Invermar* No. 88, Santa Marta. 20 p.
- Arencibia-Carballo, G, Irañeta Batallán, J.M., Morell, J., Moreira González, A.R.,2020. Arribazones de Sargassum en la costa norte occidental de Cuba. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático* 2(1): 19-30. doi10.26359/52462.0220.
- Baker, P., Minzlaff, U., Schoenle, A., Schwabe, E., Hohlfeld, M., Jeuck, A., & Arndt, H. (2018). Potential contribution of surface-dwelling *Sargassum* algae to deep-sea ecosystems in the southern North Atlantic. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 148, 21-34.
- Bernal, G., Ochoa, M. R., & Beier, E. (2010). Variabilidad estacional e interanual océano-atmósfera en la cuenca Colombia. *Cuadernos del Caribe*, (14), 49-72.
- Bula-Meyer, G. (1985). Aprovechamiento y potencial de las macroalgas de las islas de San Andrés & Providencia. *Mem. Sem., Desarrollo y Planificación Ambiental, islas de San Andrés y Providencia, FIPMA-Ministerio de Agricultura, Colombia*.
- Bula-Meyer, G., Díaz-Pulido, G., & Celis Rincón, A. (1993). Adiciones a las macroalgas de los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario, con nuevos registros para el Caribe colombiano y el Atlántico. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 22(1), 21-29.

- 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. *Intropica*, 91-103.
- Cabrera, R., J. Díaz-Larrea, A. J. Areces, L. Nuñez-García, J. R. Cruz-Aviña & R. Radulovich. 2021. Registro de arribazón inusual de *Sargassum* (Phaeophyceae) para la costa Atlántica de Costa Rica. *Hidrobiológica* 31 (1): 31-42. DOI:10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2021v31n1/Cabrera.
- Camacho-Hadad, O. M. (2003). *El género Sargassum C. Agardh 1820 (Phaeophyta-Fucales) del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano*. [Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional UTADEO. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1336>.
- Carpenter, K. E., (Ed.). (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic* (Vol. 1, Vol. 2, Vol.3). Rome: Food and agriculture organization of the United Nations.
- Casazza, T.L., & S. W. Ross, (2008). Fishes associated with pelagic *Sargassum* and open water lacking *Sargassum* in the Gulf Stream off North Carolina. *Fish Bull*, (106), p. 348-363. <http://hdl.handle.net/1834/25466>.
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH (15 de mayo de 2022). *Pronóstico de las condiciones meteorológicas y oceanográficas*. <https://cioh.dimar.mil.co/meteorologia/PreCaAltamar.php>.
- Chasqui-Velasco, L. H., & González, J. D. (2019). Peces registrados en ambientes mesofóticos de Bajo Frijol, la porción más somera del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, usando buceo técnico CCR. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras – IMVEMAR* 48 (1), p. 89-101. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2019.48.1.759>.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., Somerfield, P. J., & Warwick, R. M. (2014). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.

- Clarke, K.R., & Gorley, R.N. (2015) *PRIMER v7: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Plymouth.
- Contrera-Vega, L., Henao-Castro, A., & Navas, G. R. (2021). Zooplankton distribution in a mesophotic corals reef habitat at Bajo Frijol seamount, Colombian Caribbean. *Universitas Scientiarum*, 26(3), 281-300.
- De León-González, J. A., Bastida-Zavala, J. R., Carrera-Parra, L. F., García-Garza, M. E., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S. I., & Solís-Weiss, V. (2009). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical. *Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México*.
- De León González, J. A., Bastida Zavala, J. R., Carrera Parra, L. F., García Garza, M. E., Sergio Ignacio, S. V., Solís Weiss, V., & Tovar Hernández, M. A. (2021). Anélidos marinos de México y América tropical.
- Díaz Merlano, J. M., & Puyana Hegedus, M. (1994). Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado.
- Dibner, S., Martin, L., Thibaut, T., Aurelle, D., Blanfuné, A., Whittaker, K., ... & Siuda, A. N. (2022). Consistent genetic divergence observed among pelagic *Sargassum* morphotypes in the western North Atlantic. *Marine Ecology*, 43(1), e12691.
- Dueñas-Lagos, A., Bastidas-Salamanca, M., & Ricaurte-Villota, C.. (2017). Región 2: Contracorriente. pp (50-61). En Ricaurte-Villota, C. & M.L. Bastidas Salamanca (Eds.).2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés (INVEMAR). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR 14. Santa Marta, Colombia 180 p.
- Fernández, F., Boluda, C. J., Olivera, J., Guillermo, L. A., Gómez, B., Echavarría, E., & Mendis Gómez, A. (2017). Análisis elemental prospectivo de la biomasa

algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. *Centro azúcar*, 44(1), 11-22.

Fine, M. L. (1970). Faunal variation of pelagic *Sargassum*. *Marine Biology*, (7), P.112-122. <https://doi.org/10.1007/BF00354914>.

Franks, J. S., Johnson, D. R., & Ko, D. S. (2016). Pelagic *Sargassum* in the tropical North Atlantic. *Gulf and Caribbean Research*, 27(1), SC6-SC11.

Florez-Leiva, L., Gavio, B., Díaz-Ruiz, M., Hadad, O. C., & Pulido, G. D. (2010). Recolección y preservación de macroalgas marinas: una guía para estudios ficológicos. *Intropica*, 5(1), p. 97-103.

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

García-Barajas, L. (2011). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación.
https://www.academia.edu/37809418/Ecologia_y_Medio_Ambiente_1ed_Carabias.

Giraldo, D. F. M., Gutiérrez, V. L. R., & Posada, B. O. P. (2017). Geomorfología de los fondos submarinos del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 46(2), p.73-90.
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.2.727>.

Hallett, J. 2011. The Importance of the Sargasso Sea and the Offshore Waters of the Bermudian Exclusive Economic Zone to Bermuda and its People. *Sargasso Sea Alliance Science Report Series*, No 4, 18 pp. ISBN 978-0-9847520-6-5.

- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: *Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
- Hoffmayer, E. R., Franks, J. S., Comyns, B. H., Hendon, J. R., & Waller, R. S. (2005). Larval and juvenile fishes associated with pelagic *Sargassum* in the north-central Gulf of México. *Gulf Carib. Fish. Inst.*, (56), p. 256-269. <http://hdl.handle.net/1834/29772>.
- Hunn, D., Blonar, C., & Kerstetter, D. W. (2022). Evidence of Spatial Stability in Core Fauna Community Structure of Holopelagic *Sargassum*. *Caribbean Journal of Science*, 52(2), 177-184.
- Huffard, C. L., Von Thun, S., Sherman, A. D., Sealey, K., & Smith, K. L. (2014). Pelagic *Sargassum* community change over a 40-year period: temporal and spatial variability. *Marine biology*, 161, 2735-2751.
- Laffoley, D. D. A., Roe, H. S., Angel, M. V., Ardron, J., Bates, N. R., Boyd, I. L., & Vats, V. (2011). *The Protection and Management of the Sargasso Sea*. Sargasso Sea Alliance.
- LeCroy, S. E. (2000). *An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida* (Vol. 1, Vol. 2, Vol.3, Vol. 4). Florida Department of Environmental Protection, Division of Resource Assessment and Management, Bureau of Laboratories.
- López-Sánchez, C. M. (2009). *Macrofauna vágil asociada a Sargassum spp., su abundancia y diversidad de marzo-julio de 2007 en el área del Caribe colombiano*. [Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio Utadeo. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1227>.
- Martin, L. M., Taylor, M., Huston, G., Goodwin, D. S., Schell, J. M., & Siuda, A. N. (2021). Pelagic *Sargassum* morphotypes support different rafting motile epifauna communities. *Marine Biology*, 168, 1-17.

- Mattio, L. & E. Payri. (2009). Taxonomic revision of *Sargassum* species (Fucales, Phaeophyceae) from New Caledonia based on morphological and molecular analyses. *Journal of Phycology*, (45t), p.1374-1388. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2009.00760.x>.
- Mendoza-Becerril, M. A., Serviere-Zaragoza, E., Mazariegos-Villarreal, A., Rivera-Perez, C., Calder, D. R., Vázquez-Delfín, E. F., ... & Robledo, D. (2020). Epibiont hydroids on beachcast *Sargassum* in the Mexican Caribbean. *PeerJ*, 8, e9795.
- Monroy-Velázquez, L. V., Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., Aguiar, T., Solis-Weiss, V., & Briones-Fourzán, P. (2019). Motile macrofauna associated with pelagic *Sargassum* in a Mexican reef lagoon. *Journal of environmental management* (252), Art. 109650. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109650>.
- Morais, L. M. S. (2017). Macroinvertebrados sésseis associados a arribações de espécies pelágicas de *Sargassum* (phaeophyceae: fucales) na costa amazônica. [Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia), Universidade Federal Do Pará Instituto De Geociências Faculdade De Oceanografia]. Disponível em: <http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/905>.
- Muñoz-Bautista, A.N., J. A. Aké-Castillo, A. Granados-Barba & H. Pérez-España, (2015). Macrofauna asociada a *Sargassum* flotante (Fucales: Sargaceae) en el Sistema Arrecifal Veracruzano, México, p. 141-158. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Muñoz-Bautista, A. N. (2013). Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna asociada a *Sargassum* (Phaeophyceae: Fucales) flotante en el Sistema Arrecifal Veracruzano, suroeste del Golfo de México. [Tesis de

maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio de la Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/veracruz/mep/files/2012/10/Tesis-A-Nereida-Munoz-B-Version-Final-Maestria.pdf>. Ortiz, J. & Gavio, B. (2012). Notes on the marine algae of the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombia II: diversity of drift algae in San Andres island, Caribbean Colombia. *Caribbean Journal of Science*. 46. 313-321. 10.18475/cjos. v46i2.a19.

Oyesiku, O. O., & Egunyomi, A. (2014). Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgesen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10).

Quijada, B. B. (s.f). *Métodos usados en las estaciones de biología para la conservación de los organismos acuáticos*. Apuntes tomados de las obras de Bolles Lee Et Henneguy, Lo Bianco I Capus Et Bohn. Recuperado de https://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-63612_archivo_01.pdf.

QGIS.org, %Y. QGIS 3.28. *Geographic Information System Developers Manual*. QGIS Association. Electronic document: https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/developers_guide/index.html.

Russell, B. J., & Dierssen, H. M. (2015). Use of hyperspectral imagery to assess cryptic color matching in *Sargassum* associated crabs. *PLoS One*, 10(9), e0136260.

Sargassum Information Hub. (s.f.). *Information about Sargassum in the Tropical Atlantic*. Viewers and forecasting systems <https://sargassumhub.org/monitoring/>.

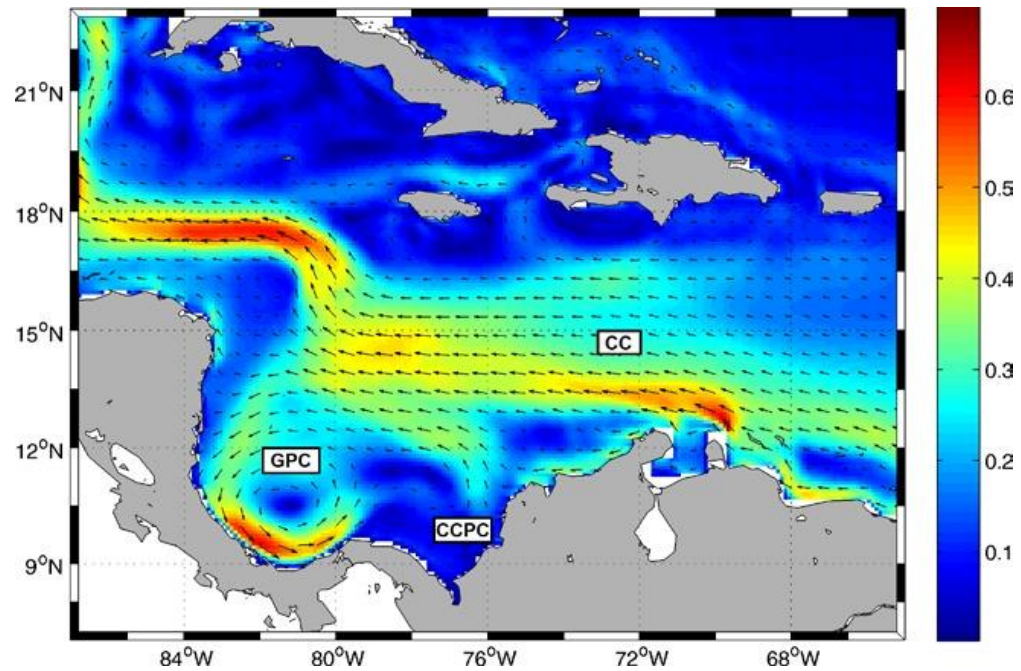
Sarochar, H. (2009). *Introducción a la meteorología general*. Universidad Nacional de la Plata.

- Sawilowsky, S. & Fahoome, G. (2014). Test Kruskal-Wallis: Básico. En Wiley StatsRef: Statistics Reference Online (eds N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri y JL Teugels). <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat06567>.
- Schneider, W., Fuenzalida, R., & Garcés, J. (2004). *Corrientes marinas y masas de agua*. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y proceso. Trama impresores S.A., Cap 10, p. 77-194.
- Schoener, A., & Rowe, G. T. (1970). Pelagic *Sargassum* and its presence among the deep-sea benthos. *Deep Sea Research A*, 17(5), 923-IN1.
- Smith, S. R., Hall, M., & Beland, S. (2015). *Sargassum* Community Studies near Bermuda.
- Stoner, A. & Greening, H. (1984). Geographic variation in the macrofaunal associates of pelagic *Sargassum* and some biogeographic implications. *Marine Ecology Progress*, vol 20, p. 185-192. estado. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio de IPN. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14112>.
- Theirlynck, T., Mendonça, I. R. W., Engelen, A. H., Bolhuis, H., Collado-Vides, L., van Tussenbroek, B. I., ... & Amaral-Zettler, L. (2023). Diversity of the holopelagic *Sargassum* microbiome from the Great Atlantic *Sargassum* Belt to coastal stranding locations. *Harmful Algae*, 122, 102369.
- Torres-Conde, E. G., & Martínez-Daranas, B. (2020). Análisis espacio-temporal y oceanográfico de los arribazones de *Sargassum* pelágico en las playas del Este de La Habana, Cuba.
- Trott, T.M., Mckenna, S.A., Pitt, J.M., Hemphill, A.H., Ming, F.W., Rouja, P.M., Gjerde, K.M., Causey, B.D., & Earle, S.A. (2010). Efforts to Enhance Protection of the Sargasso Sea.

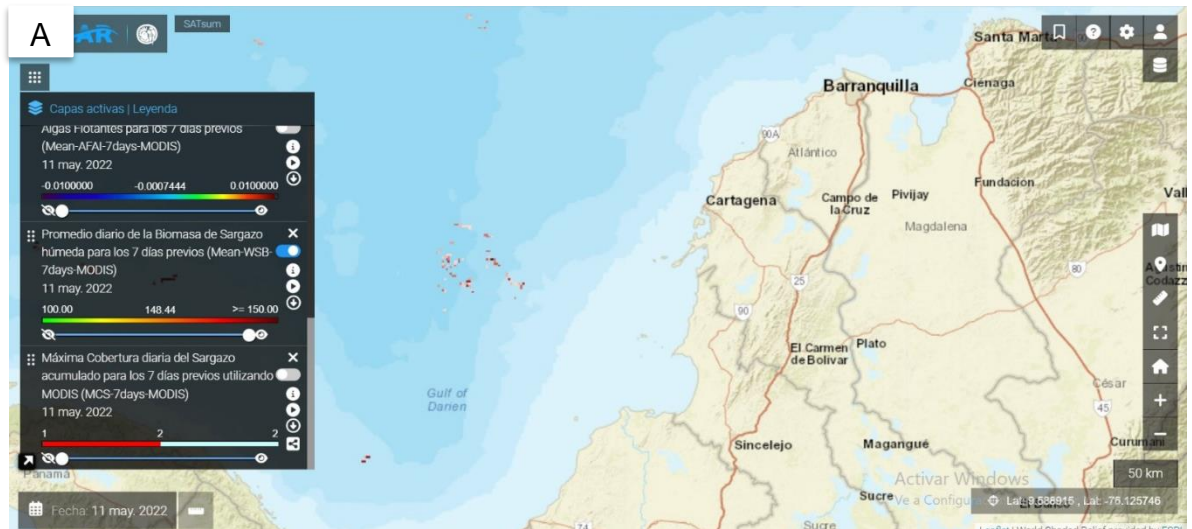
- Uribe-Martínez, A., Guzmán-Ramírez, A., Arreguín-Sánchez, F., & Cuevas, E. (2020). El sargazo en el Caribe mexicano, revisión de una historia impensable. En *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre*. Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeth, I., Cervantes Rosas, O.D., Espinoza-Tenorio, A., Silva Casarín, R., Ortega-Rubio, A., et al., Eds.; *Universidad Autónoma de Campeche, RICOMAR: Campeche, Mexico*, p. 743–768.
- Valdez M., Carlos Gerardo, Guzmán L., Marco Antonio, Valdés G., Arcadio, Forougbakhch P., Rahim, Alvarado V., Marco Antonio, & Rocha E., Alejandra. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66 (4), 1674-1682. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>.
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science*, 365(6448), 83-87.
- Wedler, E. (2017). *Hidroides del Mar Caribe con énfasis en la región de Santa Marta, Colombia*. INVEMAR.
- Wells, RJ & Rooker, JR (2004). Patrones espaciales y temporales de uso de hábitat por peces asociados con esteras de *Sargassum* en el noroeste del Golfo de México. *Boletín de Ciencias Marinas*, 74 (1), p. 81-99.
- Wolff, T. (1979). Macrofauna utilization of plant remains in the deep sea. *Sarsia*, 64(1-2), 117-143.
- WoRMS Editorial Board (2023). *World Register of Marine Species*. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2023-06-22. doi:10.14284/170.
- Zapata, J. A. R. (2004). *Microorganismos del suelo*. En *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*, p. 183- 303.

12. Anexos

Anexo A. Principales Sistemas de corrientes en el Caribe: Giro Panamá-Colombia (GPC), Corriente del Caribe (CC), Contra Corriente Panamá-Colombia (CCPC). (Dueñas-Lagos et al., 2017)



Anexo B. Imágenes proporcionadas por el satélite el SIMAR-SATsum en el mes de mayo y julio del 2022. A. 11 de mayo de 2022. B. 07 de julio de 2022.



Anexo C. Soluciones empleadas para la preservación y fijación de la macrofauna. Adaptado de Quijada, B. B. (s.f).

Phylum	Métodos
Crustacea	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Primero ponerlos en formalina al 4% por 15 minutos
	Preservar en alcohol al 70%
Chordata	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Preservar en alcohol al 70%
Annelida	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Preservar en alcohol al 70%
Platyhelminthes	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Preservar en alcohol al 70%
Mollusca	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Gasterópodos y Bivalvos: Preservar en alcohol al 70%
	Nudibranquios y Cefalópodos: preservar en formalina al 4% + gotas de glicerina.
	Anémonas: Preservar en alcohol al 70%
Cnidaria	Sulfato de magnesio + agua de mar para anestesiarse
	Hidroideos: preservar en formalina 4% + gotas de glicerina



Anexo D. Matriz de datos brutos de la macrofauna asociada a los parches de *Sargassum* encontrado en el PNN CPR en mayo y julio del 2022

Phyla	Orden	Infraorden	Familia	Género	Especie	Codigo	Pa1m1	Pa1m2	Pa1m3	Pa2m1	Pa2m2	Pa2m3	Pa3m1	Pa3m2	Pa3m3	Total
Crustacea	Decapoda	Brachyura	Portunidae	Por01	Por01	Por01	3	0	2	0	0	0	0	2	0	7
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Achelous</i>	<i>A.ordwayi</i>	Aord	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Achelous</i>	<i>A. gibbesii</i>	Agib	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Achelous</i>	<i>A. ventralis</i>	Aven	1	1	1	0	0	0	0	2	1	6
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Achelous</i>	<i>A. spinimanus</i>	Aspi	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Portunus</i>	<i>P. sayi</i>	Psay	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Decapoda	Brachyura	Portunidae	<i>Laeonectes</i>	<i>L. vocans</i>	Lvoc	1	0	1	1	0	0	0	2	0	5
	Decapoda	Caridea	Car02	Car02	Car02	Car02	30	5	9	51	16	22	5	14	10	162
	Decapoda	Caridea	Palaemonidae	Pal03	Pal03	Pal03	0	1	3	0	0	0	1	2	4	11
	Decapoda	Caridea	Palaemonidae	<i>Leander</i>	<i>L. tenuicornis</i>	Lten	0	3	16	1	0	1	5	10	2	38
	Decapoda	Caridea	Palaemonidae	<i>Palaemon</i>	<i>Palaemon</i> sp1	Pala	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	Decapoda	Caridea	Palaemonidae	<i>Periclimenes</i>	<i>Periclimenes</i> sp1	Peri	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Decapoda	Caridea	Hippolytidae	Hip04	Hip04	Hip04	2	0	0	1	0	0	0	2	1	6
	Decapoda	Caridea	Hippolytidae	<i>Latreutes</i>	<i>Latreutes</i> sp1	Latr	3	0	0	1	0	0	0	3	0	7
	Decapoda	Caridea	Hippolytidae	<i>Latreutes</i>	<i>L. fucorum</i>	Lfuc	121	12	31	109	49	29	25	71	63	510
	Isopoda		Bopyridae	Bop05	Bop05	Bop05	4	6	5	6	8	6	9	12	8	64
	Amphipoda	Corophiida	Ampithoidae	Amp06	Amp06	Amp06	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
	Amphipoda	Corophiida	Ampithoidae	<i>Amphitoe</i>	<i>Amphitoe</i> sp1	Amph	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Amphipoda	Corophiida	Aoridae	Aor07	Aor07	Aor07	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Amphipoda	Corophiida	Podoceridae	Pod08	Pod08	Pod8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Amphipoda	Hadziida	Melitidae	Mel09	Mel09	Mel09	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Mollusca	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit10	Lit10	Lit10	0	0	0	6	0	0	3	0	0	9

	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit11	Lit11	Lit11	0	0	0	2	1	0	1	0	0	4
	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit12	Lit12	Lit12	0	0	1	1	1	2	6	0	1	12
	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit13	Lit13	Lit13	0	0	0	14	3	3	17	0	0	37
	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit14	Lit14	Lit14	0	0	14	0	0	2	0	0	0	16
	Caenogastropoda		Litiopidae	Lit15	Lit15	Lit15	0	0	0	5	2	2	10	0	0	19
	Caenogastropoda		Neritidae	Ner16	Ner16	Net16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Chordata	Oalentaria		Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>A. Taurus</i>	Atau	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Gobiiformes		Gobiidae	Gob017	Gob017	Gob17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Acanthuriformes		Lobotidae	<i>Lobotes</i>	<i>L. surinamensis</i>	Lsur	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Lophiiformes		Antennariidae	<i>Histrio</i>	<i>H. histrio</i>	Hhis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Syngnathiformes		Syngnathidae	<i>Syngnathus</i>	<i>Syngnathus</i> sp1	Syng	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Annelida	Phyllodocida		Nereididae	Ner18	Ner18	Ner18	0	0	1	1	0	0	1	2	0	5
	Phyllodocida		Nereididae	<i>Platynereis</i>	<i>P. mucronata</i>	Pmuc	0	8	4	8	4	8	2	10	5	49
Bryozoa	Cheilostomatida		Membraniporidae	<i>Jellyella</i>	<i>J. tuberculata</i>	Jtub	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Cnidaria	Leptothecata		Campanulariidae	<i>Obelia</i>	<i>O. geniculata</i>	Ogen	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Leptothecata		Lafoeidae	Laf19	Laf19	Laf19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Leptothecata		Hebellidae	<i>Anthohebella</i>	<i>A. parasitica</i>	Apar	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1



Anexo E. Registro fotográfico de la macrofauna asociada a los parches de *S. natans* y *S. fluitans* encontrados en el PNN CPR en los meses de mayo y julio del 2022.

Cnidaria y Bryozoa



J. tuberculata



O. geniculata



A. parasitica

Mollusca



Neritidae



Litiopidae



Litiopidae



Litiopidae



Litiopidae



Litiopidae

Annelida



P. mucronata



Nereididae

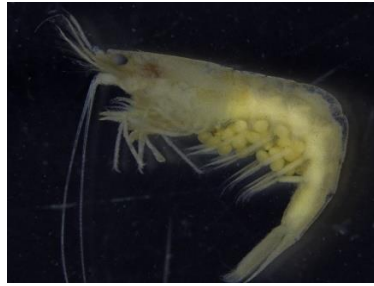


Nereididae - Parte anterior

Crustacea



Ampithoidae



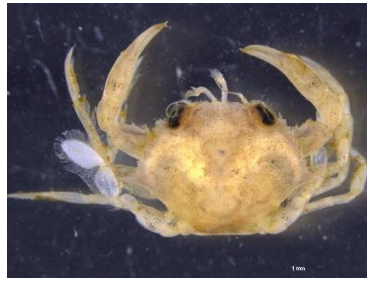
L. fucorum



L. tenuicornis



P. sayi



A. ordwayi



Bopyridae

Chordata



L. surinamensis



Syngnathus



Gobiidae



H. histrio



A. Taurus