

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v73i1.62122>

Macroalgas marinas como hábitat: efecto de su morfología en la composición de poliquetos (Annelida: Polychaeta) y sipúnculos (Annelida: Sipuncula)

Angie P. Ramírez-Henao^{1*};  <https://orcid.org/0009-0003-9379-4953>

Lizette I. Quan-Young²;  <https://orcid.org/0000-0002-2393-7328>

Luis F. Carrera-Parra³;  <https://orcid.org/0000-0003-0857-1054>

1. Programa de Biología, Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Calle 10A N°. 22-04, 0550021 Medellín, Colombia; ramirez.angie@uces.edu.co (*Correspondencia)
2. Grupo de Investigación Biología CES, Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Calle 10A N°. 22-04, 0550021 Medellín, Colombia; lquan@ces.edu.co
3. Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México; lcarrera@ecosur.mx

Recibido 01-X-2024. Corregido 30-I-2025. Aceptado 16-V-2025.

ABSTRACT

Marine macroalgae as habitat: effect of their morphology on the composition of polychaetes (Annelida: Polychaeta) and sipunculans (Annelida: Sipuncula)

Introduction: Marine macroalgae exhibit a wide variety of shapes and sizes, influencing habitat preferences for various organisms, including polychaetes and sipunculans.

Objective: To evaluate the relationship between the richness and abundance of polychaetes and sipunculans with red, green, and brown marine macroalgae using specimens collected in Isla Cayo Serrana, Colombian Caribbean, deposited at the *Colecciones Biológicas de la Universidad CES* (CBUCES).

Methods: To estimate the richness and abundance of polychaetes and sipunculans associated with macroalgae, the specimens were separated from each batch of macroalgae. Also, a χ^2 test was performed to evaluate if there was an association between annelids and macroalgae. In addition, some morphological measurements were taken for green and red algae, and the relationship between algae morphological complexity and richness and abundance of polychaetes was assessed using Spearman's correlation coefficient.

Results: A total of 460 polychaetes and eight sipunculans were recorded in this study, distributed in 42 species. The polychaete family with the highest richness and abundance was Syllidae, whereas in sipunculans was Phascolosomatidae. Herein, we did not find an association between red, green, and brown macroalgae regarding the richness and abundance of polychaetes and sipunculans. However, a correlation (p 0.56–0.78, $p < 0.03$) was found between some morphological measurements of width, leaf area, wet weight, and displaced volume of green macroalgae of the genus *Halimeda* with the polychaetes richness and abundance. In contrast, there was no correlation between measurements of red macroalgae (*Jania* and *Amphiroa*) and polychaete richness and abundance (ρ between -0.1 and 0.39).

Conclusions: This study underscores the relevance of specific morphological attributes of green macroalgae (*Halimeda*) in enhancing polychaete richness and abundance.

Key words: algal fronds; Cayo Serrana Island; ecology; morphological complexity; taxonomy.



RESUMEN

Introducción: Las macroalgas marinas exhiben una amplia variedad de formas y tamaños, lo que influye en las preferencias de hábitat de diversos organismos, incluidos poliquetos y sipúnculos.

Objetivo: Evaluar la relación entre la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos con las macroalgas marinas rojas, verdes y pardas utilizando especímenes recolectados en la Isla Cayo Serrana, Caribe colombiano, depositados en las Colecciones Biológicas de la Universidad CES (CBUCES).

Métodos: Para estimar la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos asociados a las macroalgas, se separaron los ejemplares de cada lote de macroalgas. Asimismo, se realizó una prueba de χ^2 para evaluar si existía una asociación entre anélidos y macroalgas. Además, se tomaron medidas morfológicas para las algas verdes y rojas, y se evaluó la relación entre la complejidad morfológica de las algas y la riqueza y abundancia de poliquetos utilizando el coeficiente de correlación de Spearman.

Resultados: En este estudio se registró un total de 460 poliquetos y ocho sipúnculos, distribuidos en 42 especies. La familia de poliquetos que presentó la mayor riqueza y abundancia fue Syllidae, mientras que en sipúnculos Phascolosomatidae. Aquí, no encontramos una asociación entre las macroalgas rojas, verdes y pardas con la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos. Sin embargo, se encontró una correlación (ρ 0.56–0.78, $p < 0.03$) entre algunas medidas morfológicas: ancho, área foliar, peso húmedo y volumen desplazado de macroalgas verdes del género *Halimeda* con la riqueza y abundancia de poliquetos. Por el contrario, no hubo correlación entre las medidas de las macroalgas rojas (*Jania* y *Amphiroa*) y la riqueza y abundancia de poliquetos (ρ entre -0.1 y 0.39).

Conclusiones: Este estudio resalta la relevancia de los atributos morfológicos de las macroalgas verdes (*Halimeda*) en el aumento de la riqueza y abundancia de poliquetos.

Palabras claves: frondas algales; Isla Cayo Serrana; ecología; complejidad morfológica; taxonomía.

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas marinas generalmente forman parte del bentos, desde el intermareal hasta profundidades de más de 200 m, relacionado con su uso de la luz fotosintética (Raven & Hurd, 2012). Estas algas se constituyen en sustratos biogénicos, son productores primarios y desempeñan un papel clave en el ciclo de carbono al brindar energía a las comunidades de fauna y flora asociadas. Además, las macroalgas actúan como ingenieras de los ecosistemas al alterar la hidrodinámica, la sedimentación, y la incidencia de la luz al añadir complejidad física al sustrato, afectando los ensamblajes del sotobosque (Bégin et al., 2004; Chava et al., 2019; Włodarska-Kowalczyk et al., 2009). Dentro de las macroalgas marinas se incluyen a las algas rojas (Rhodophyta: Plantae), algas verdes (Chlorophyta: Plantae), algas pardas (Ochrophyta-Phaeophyceae: Chromista), y cianobacterias (Cyanobacteria: Eubacteria) (Guiry & Guiry, 2021). Cuentan con una amplia diversidad filogenética y ecológica que se traduce en una gran variedad de formas y tamaños, lo que les confiere características

funcionales (Krause-Jensen et al., 2018). Esta variedad de rasgos funcionales contribuye a procesos ecológicos a nivel comunitario, como alimento, refugio y hábitat (Ware et al., 2019), y biológicos, como el ciclo de vida y defensa química; todos ellos determinan la preferencia de hábitat de algunos organismos sésiles o móviles en escalas espaciales y temporales (Cacabelos et al., 2010). Para entender la estructura de la comunidad algal en función de la complejidad morfológica, se utilizan varios atributos de las macroalgas, como el grado de ramificación, ancho y largo, que proporciona una explicación de la estructura de las comunidades (Chemello & Milazzo, 2002).

Los grupos morfofuncionales se han utilizado para estudiar las comunidades de macroalgas para entender su mejor su diversidad y sus respuestas a los cambios ambientales (Vélez-Rubio et al., 2021). Entre estos grupos se encuentran las algas calcáreas articuladas y calcáreas incrustantes, grupos morfofuncionales que contienen carbonato de calcio (CaCO_3) tanto dentro como en las superficies de sus paredes celulares. En particular, las algas calcáreas articuladas se caracterizan por un

tallo principal con segmentos articulados, a diferencia de las algas calcáreas incrustantes, que tienen un crecimiento plano (Littler & Littler, 1980; Steneck & Dethier, 1994). Dentro de este grupo morfofuncional, encontramos ejemplos como los lechos de *Halimeda incrasata* (J. Ellis) J. V. Lamouroux, pertenecientes al grupo de las algas verdes, que desempeñan un papel ecológico significativo en los ecosistemas tropicales. Estas algas son productoras de CaCO_3 y carbono orgánico, proporcionando así un microambiente para diversas especies de invertebrados epifaunales en fondos arenosos (Mateo-Ramírez et al., 2022); estas características son de gran importancia a nivel ecológico ya que se relaciona con la multiplicidad de asociaciones con la macrofauna. Al ser un sustrato secundario, cuentan con diversas estrategias, creando un mayor número de microhábitats que no solo implica más espacio habitable, sino también tiene implicaciones en la disminución de la presión de depredación y en la mayor disponibilidad de alimentos (Cacabelos et al., 2010; Diez et al., 2020; Mateo-Ramírez et al., 2022; Sánchez-Molina et al., 2007; Torres et al., 2015).

Entre la macrofauna identificada en las macroalgas marinas se encuentran anélidos poliquetos y sipúnculos. En los poliquetos, tanto errantes como sedentarios, muchas de las especies son oportunistas, con alto potencial adaptativo y capacidad reproductiva, incluso están comúnmente relacionados con la estructura y zonificación de las praderas algales que constituyen un sustrato favorable (Quirós-Rodríguez et al., 2013; Mateo-Ramírez et al., 2022); sin embargo, según Chryssanthi et al. (2004), la distribución de estos gusanos marinos depende de la cobertura algal más que de la presencia de especies particulares de algas.

A nivel global existen estudios sobre macrofauna asociada con la morfología de macroalgas. Así, por ejemplo, Christie et al. (2007), Cacabelos et al. (2010) y Torres et al. (2015) mencionaron que hay un efecto de la arquitectura de las macroalgas como hábitat para el ensamblaje de la epifauna asociada, identificando que a mayor complejidad mayor

riqueza y abundancia de la fauna asociada. Antoniadou & Chintiroglou (2006) estudiaron las relaciones tróficas de poliquetos asociados a diferentes formas de crecimiento de algas, mientras que Hamdy (2018) estudió la diversidad y distribución de los poliquetos, y Rossbach et al. (2021) la abundancia de poliquetos de la familia Serpulidae en macroalgas rojas. Particularmente para Colombia, López-Sánchez (2009) estudió la macrofauna asociada a praderas de *Sargassum* spp. Sin embargo, solo Quirós-Rodríguez et al. (2013) estudiaron los poliquetos asociados a macroalgas rojas, describiendo que la estructura vegetativa y las diferentes formas de crecimiento de las macroalgas resultan un importante hábitat para el asentamiento de poliquetos.

Es notoria la falta de información y la necesidad de realizar investigaciones que permitan documentar la diversidad de anélidos asociados a los otros grupos de algas, como las pardas, verdes y rojas. Pese a lo expuesto, no se han publicado estudios que cuantifiquen la relación entre la morfología de las macroalgas y las comunidades epifaunales en latitudes tropicales, especialmente en Colombia. De este modo, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos asociados a las macroalgas marinas rojas, verdes y pardas, de la Isla Cayo Serrana, a partir de la revisión del material depositado en las Colecciones Biológicas de la Universidad CES (CBUCES).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La Reserva de la Biósfera Seaflower (RBS) fue declarada por la UNESCO en el año 2000 y comprende 300 000 km^2 . Se ubica en el extremo jurisdiccional de Colombia, en el centro-occidente del Caribe, y abarca todo el Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina con un área de 60 000 ha y una profundidad máxima de 1 500 m. Este departamento está conformado por una serie de islas, entre ellas Isla Cayo Serrana ($14^{\circ}19'58.8''\text{N}$ & $80^{\circ}0'0''\text{W}$) (Fig. 1), ubicada a 143 km al noreste de Providencia y 70 km al este del Banco

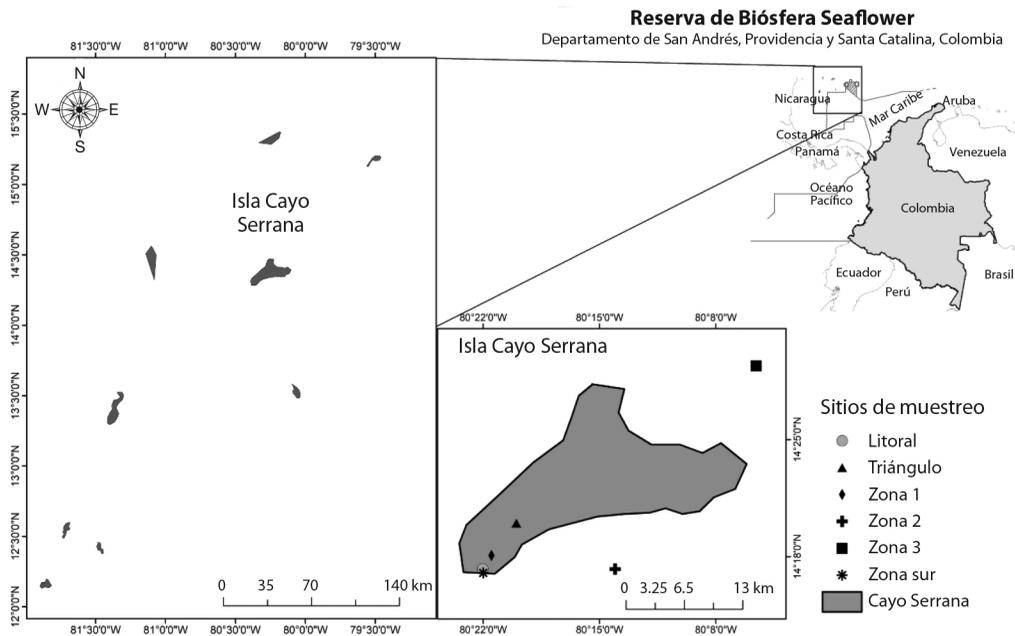


Fig. 1. Área de estudio, Isla Cayo Serrana, del Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano occidental. / **Fig. 1.** Study area, Isla Cayo Serrana, in the Department of San Andrés, Providencia and Santa Catalina, Western Colombian Caribbean.

Quitaseño, tiene unas dimensiones de 1.5 km de largo por 800 m de ancho, con vegetación arbustiva densa; además, es el cayo principal del Banco Serrana, localizado cerca del extremo suroeste del arrecife periférico junto con seis cayos que no superan los 100 m² (Baron-Vargas & Pauwels-Romero, 2015; Portal Único del Estado Colombiano, 2016).

Especímenes de macroalgas revisados: El material de macroalgas estudiado forma parte de las Colecciones Biológicas de la Universidad CES, específicamente de la subcolección CBUCES-E organismos marino-costeros, que fueron recolectados en seis localidades durante la tercera Expedición Científica Seaflower 2016 Isla Cayo Serrana, RSB, Caribe colombiano, a través del programa Colombia BIO (Portal Único del Estado Colombiano, 2016). En cada sitio de muestreo se colocó un transecto a cada una de dos profundidades (1-3 m y 3-7 m), a lo largo de cada transecto se extrajeron tres rocas de coral muerto cubierto de macroalgas (con

un diámetro aproximado de 15 cm); así como tres núcleos de sedimento (10 cm de diámetro x 30 cm de alto y borde aserrado). El material biológico fue fijado y conservado en solución de formalina al 4 % (Quan-Young, 2022).

De este material depositado, se revisaron 58 lotes de macroalgas marinas de los Phyla Chlorophyta (*Halimeda*-Halimedaceae, n = 21), Rhodophyta (*Laurencia*-Rhodomelaceae, n = 10; *Jania*-Corallinaceae, n = 6; *Amphiroa*-Lithophyllaceae; n = 1), y Ochrophyta-Phaeophyceae (*Dictyota*-Dictyotaceae, n = 20), abarcando una variedad de géneros con diferente complejidad morfológica.

Estimación de la complejidad morfológica de macroalgas marinas: para obtener mediciones de las macroalgas verdes y rojas, estas se dejaron en agua durante 24 h para realizar las siguientes mediciones: se estimó el peso húmedo (PH) después de dejar 10 min sobre papel secante, usando una balanza (Ohaus EJ-1202, 0.01); posteriormente, con el Software de

procesamiento de imágenes ImageJ se tomaron las mediciones en centímetros del alto (AT), ancho (AH) y área foliar (AF) del talo; además, se midió en mililitros el volumen desplazado (VD). Siguiendo la propuesta de Steneck & Dethier (1994) las macroalgas del género *Halimeda*, *Jania* y *Amphiroa* fueron agrupadas en el grupo morfofuncional calcáreas articuladas. Las algas pardas fueron excluidas debido a que se encontraban fragmentadas, lo que dificultaba obtener unas medidas representativas.

Poliquetos y sipúnculos asociados: De cada lote de macroalga fueron separados los poliquetos y sipúnculos por medio de un filtrado con tamices a simple vista y bajo el estereoscopio; posteriormente fueron conservados en etanol al 70 % en frascos independientes y depositados en la CBUCES-E. La identificación de los poliquetos y sipúnculos se llevó a la máxima resolución posible, con la ayuda de estereoscopio y microscopio, usando claves especializadas por familia (de León-González et al., 2021) y descripciones originales o recientes para corroborar las identificaciones. Se realizaron tinciones utilizando azul de metileno para diferenciar una serie de patrones definidos para separar especies o por lo menos, géneros. También se realizaron disecciones de parápodos y extracción de estructuras claves para la identificación taxonómica, lo cual implicó realizar montajes semipermanentes en portaobjetos, usando glicerol y sellando el cubreobjetos con barniz.

Análisis de datos: Una vez identificados los poliquetos y sipúnculos se creó una tabla de contingencia con los valores observados y esperados para cada categoría, para esto se consideraron solo muestras/lotes con una buena cantidad de frondas de la macroalga (verdes, n = 21 lotes; pardas, n = 14; rojas, n = 13). Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de chi-cuadrado (χ^2) para evaluar si existía una relación entre la riqueza y abundancia de poliquetos, sipúnculos y las macroalgas verdes, pardas y rojas (lotes) de las cuales fueron separados.

Finalmente, debido a que en los lotes de macroalgas (*Dictyota*-Phaeophyceae-Ochrophyta y *Laurencia*-Rhodophyta), los poliquetos separados se encontraban en el líquido y/o en los sedimentos en el cual fueron conservados, no se tuvo la certeza de qué talo algal en particular provenían, por lo que se tomó la decisión de analizar las relaciones entre las variables medidas (AT, AH, AF, PH, VD) solamente de las macroalgas verdes (n= 21 lotes) del género *Halimeda* y las macroalgas rojas (n = 6) de los géneros *Jania* y *Amphiroa* del grupo morfofuncional calcárea articulada, con respecto a la riqueza y abundancia de poliquetos. Para esto, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) en el Software RStudio (R Core Team, 2023). Con el objetivo de visualizar y comparar la distribución de las variables medidas en las muestras de los phyla Chlorophyta y Rhodophyta, se realizó un diagrama de caja.

RESULTADOS

Del total de lotes de macroalgas revisados se separaron 460 especímenes de poliquetos y ocho de sipúnculos (213 lotes). Los poliquetos pertenecen a seis órdenes, 16 familias y 39 especies, de las cuales 27 especies (355 especímenes) fueron poliquetos errantes y 12 (97 especímenes) fueron sedentarios. Los sipúnculos pertenecen a dos familias, dos géneros y tres especies (Tabla 1).

Los poliquetos errantes pertenecen a nueve familias. La familia Syllidae presentó la mayor abundancia (280 especímenes) y riqueza de especies (11), siendo el género *Syllis* (146 especímenes) el más frecuente y abundante; seguido de la familia Nereididae (51 especímenes, cuatro especies), siendo el género *Platynereis* el más abundante con 25 especímenes; y en tercer lugar la familia Eunicidae (10 especímenes, cinco especies), siendo *Lysidice* el género más abundante con cuatro especímenes. En el resto de las familias se registraron de una a dos especies con 1-4 especímenes. En cuanto a los poliquetos sedentarios pertenecen a siete familias. Se encontró que la familia Sabellidae (29 especímenes, 3 especies fue la

**Tabla 1**

Taxones y abundancia de poliquetos y sipúnculos asociados al Phylum Ochrophyta: Phaeophyceae, Rhodophyta y Chlorophyta. / **Table 1.** Taxa and abundance of polychaetes and sipunculans associated with the Phylum Ochrophyta: Phaeophyceae, Rhodophyta, and Chlorophyta.

| Taxones | Phylum | | |
|--|-------------|-----------------------------|------------|
| | Chlorophyta | Ochrophyta: Phaeophyceae | Rhodophyta |
| Errantia Audouin & Milne Edwards, 1832 | | | |
| Amphinomidae Savigny in Lamarck, 1818 | | | |
| <i>Chloeia</i> sp. ● | 1 | 1 | |
| <i>Eurythoe</i> sp. | 2 | | |
| Chrysopetalidae Ehlers, 1864 | | | |
| <i>Chrysopetalum</i> sp. | 3 | | 1 |
| Dorvilleidae Chamberlin, 1919 | | | |
| <i>Dorvillea sociabilis</i> (Webster, 1879) | 2 | | |
| Eunicidae Berthold, 1827 | | | |
| <i>Leodice rubra</i> (Grube, 1856) | | | 1 |
| <i>Lysidice caribensis</i> Carrera-Parra, Fauchald & Gambi, 2011 | | 1 | 1 |
| <i>Lysidice</i> cf. <i>L. sulcata</i> Treadwell, 1901 | | 1 | |
| <i>Nematonereis</i> sp. | | | 1 |
| <i>Nicidion cariboea</i> (Grube, 1856) | 1 | 3 | 1 |
| Nereididae de Blainville, 1818 | | | |
| <i>Ceratocephale</i> sp. ● | | | 1 |
| <i>Neanthes</i> sp. | 1 | | |
| <i>Nereis</i> sp. | 10 | 11 | 3 |
| <i>Platynereis mucronata</i> de León-González, Solís-Weiss & Valadez Rocha, 2001 | 12 | 12 | 1 |
| Oeonidae Kinberg, 1865 | | | |
| <i>Arabella (Cenothrix) multidentata</i> (Ehlers, 1887) ● | | 1 | |
| Phyllodocidae Örsted, 1843 | | | |
| <i>Phyllodoce erythrophylla</i> (Schmarda, 1861) ● | 2 | | |
| Polynoidae Kinberg, 1856 | | | |
| Polynoidae sp. | | | 1 |
| Syllidae Grube, 1850 | | | |
| <i>Branchiosyllis</i> sp. ● | 2 | | |
| <i>B. diazi</i> Rioja, 1958 ● | 2 | | |
| <i>Brania</i> sp. ▲ | | 5 | 2 |
| <i>Exogone</i> sp. ▲ | 26 | 26 | |
| <i>Haplosyllis</i> sp. | 4 | 2 | |
| <i>Nudisyllis</i> sp. ▲ | | 2 | |
| <i>Opisthosyllis</i> sp. | | 2 | |
| <i>Salvatoria</i> sp. ▲ | 7 | 50 | 1 |
| <i>Syllides</i> sp. ▲ | | 3 | |
| <i>Syllis</i> sp. | 49 | 48 | 43 |
| <i>Syllis</i> cf. <i>S. fasciata</i> Malmgren, 1867 ▲ | 6 | | |
| Subtotal | 130 | 168 | 57 |
| Total Errantia | 355 | | |

| Taxones | Phylum | | |
|---|-------------|-----------------------------|------------|
| | Chlorophyta | Ochrophyta: Phaeophyceae | Rhodophyta |
| Sedentaria Lamarck, 1818 | | | |
| Capitellidae Grube, 1862 | | | |
| Capitellidae sp. | 7 | 6 | 10 |
| Cirratulidae Ryckholt, 1851 | | | |
| <i>Timarete</i> sp. | 2 | 2 | |
| Maldanidae Malmgren, 1867 ● | | | |
| <i>Euclymene</i> sp. | | 1 | 16 |
| Maldanidae sp. | | 2 | |
| Sabellidae Latreille, 1825 | | | |
| <i>Branchiomma</i> cf. <i>B. nigromaculatum</i> (Baird, 1865) | | 1 | |
| <i>Branchiomma</i> sp. | 1 | | 2 |
| Sabellidae sp. | 18 | 7 | |
| Serpulidae Rafinesque, 1815 | | | |
| Serpulidae sp. | 2 | | |
| Spionidae Grube, 1850 | | | |
| <i>Aonidella</i> sp. | 1 | | |
| <i>Boccardia</i> sp. ● | 1 | | |
| Terebellidae Johnston, 1846 | | | |
| <i>Loimia</i> cf. <i>L. bermudensis</i> Verrill, 1900 | 1 | | |
| <i>Polycirrus</i> sp. | 1 | | 1 |
| Subtotal | 34 | 19 | 44 |
| Total Sedentaria | 97 | | |
| Sipuncula Stephen, 1965 | | | |
| Aspidosiphonidae Baird, 1868 | | | |
| <i>Aspidosiphon</i> sp. ▲ | | 1 | |
| Phascolosomatidae Stephen & Edmonds, 1972 | | | |
| <i>Phascolosoma</i> (<i>Phascolosoma</i>) <i>varians</i> Keferstein, 1865 ▲ | 1 | 3 | 1 |
| <i>P.</i> (<i>Phascolosoma</i>) sp. | | 1 | 1 |
| Subtotal | 1 | 5 | 2 |
| Total Sipuncula | 8 | | |
| Subtotal | 165 | 192 | 103 |
| Total= 460 | | | |

Simbolos: ● Nuevos registros para el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, ▲ Nuevos registros para el Caribe colombiano.

más abundante, seguida de Capitellidae (23 especímenes y Maldanidae (19 especímenes, un género), siendo *Euclymene* el género más frecuente con 17 especímenes. En el resto de las familias se registraron cinco especies (entre 1 y 4 especímenes). Parte de los poliquetos no se pudieron identificar a nivel de especie

debido a que eran juveniles o perdieron estructuras importantes, por lo tanto, se identificaron hasta el nivel familia o género. Para el caso de los sipúnculos, la familia Phascolosomatidae presentó siete especímenes y Aspidosiphonidae solo un espécimen (Tabla 1). Se evidenció que no hay una asociación estadísticamente

significativa ($n = 48$, $\chi^2(82) = 93.28$, $p < 0.05$) entre los lotes (*Jania*, *Amphiroa* y *Laurencia-Rhodophyta*, *Halimeda-Chlorophyta*, *Dictyota-Phaeophyceae-Ochophyta*) de macroalgas rojas, verdes y pardas revisadas con la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos.

En todas las mediciones de las variables morfológicas, los ejemplares de Rhodophyta (macroalgas rojas) presentaron medidas de menor tamaño en comparación a los de Chlorophyta (macroalgas verdes). Las macroalgas verdes mostraron una mayor dispersión de los datos en cada una de las variables medidas en comparación con las macroalgas rojas; sin embargo, en ambos phyla, tanto el alto como

el ancho, mostraron una mayor dispersión. Además, mientras que en las macroalgas verdes se observó simetría para el alto y área foliar, en las macroalgas rojas se observó para el peso húmedo (Fig. 2).

El análisis de correlación de Spearman reveló una relación de grado moderado entre la riqueza y abundancia ($\rho = 0.49$ y 0.45 , respectivamente) con la variable alto en las macroalgas verdes y una relación fuerte para la riqueza (ρ entre 0.56 y 0.79) y abundancia (ρ entre 0.57 y 0.77) para el resto de las variables medidas (ancho, área foliar, peso húmedo y volumen desplazado) de las algas verdes, estas correlaciones fueron estadísticamente significativas

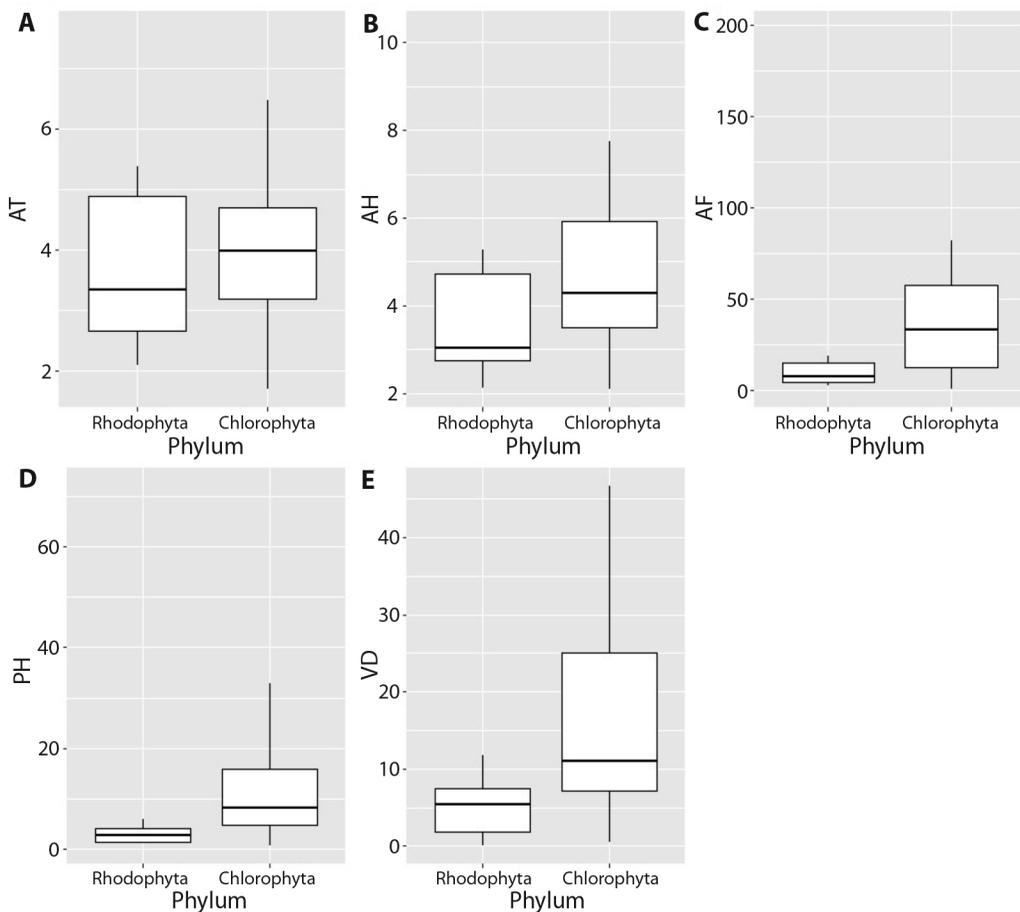


Fig. 2. Diagrama de caja del alto (A), ancho (B), área foliar (C), peso húmedo (D), y volumen desplazado (E) de Chlorophyta y Rhodophyta (grupo morfofuncional calcárea articulada). / **Fig. 2.** Boxplot of height (A), width (B), leaf area (C), wet weight (D), and displaced volume (E) of Chlorophyta and Rhodophyta (articulated calcareous morphofunctional group).

Tabla 2

Valores de correlación (ρ) y significancia (p) para las variables morfométricas con la riqueza y abundancia de poliquetos. / **Table 2.** Correlation (ρ) and significance (p) values for the morphometric variables with the richness and abundance of polychaetes.

| Variables | Valores de correlación de Spearman | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|------|------------|------|--|------|------------|------|
| | Macroalgas verdes- <i>Halimeda</i> | | | | Macroalgas rojas- <i>Jania</i> y <i>Amphiroa</i> | | | |
| | Riqueza | | Abundancia | | Riqueza | | Abundancia | |
| | ρ | P | ρ | P | ρ | P | ρ | P |
| AT (cm) | 0.49 | 0.02 | 0.45 | 0.04 | 0.1 | 0.85 | 0.15 | 0.77 |
| AH (cm) | 0.56 | 0.01 | 0.57 | 0.01 | -0.1 | 0.85 | 0.03 | 0.95 |
| AF (cm) | 0.56 | 0.01 | 0.64 | 0 | 0.29 | 0.57 | 0.39 | 0.44 |
| PH (g) | 0.70 | 0 | 0.74 | 0 | 0.1 | 0.85 | 0.21 | 0.69 |
| VD (ml) | 0.78 | 0 | 0.77 | 0 | 0.1 | 0.85 | 0.21 | 0.69 |

($p < 0.05$). En contraste, se observaron correlaciones débiles no significativas entre la riqueza de poliquetos y todas las variables medidas (ρ entre -0.1 y 0.29) para las algas rojas. De manera similar con la abundancia, las correlaciones no resultaron significativas, presentaron correlaciones débiles para el alto, peso húmedo y volumen desplazado, mientras que para el área foliar se observó una correlación de grado moderado ($\rho = 0.39$), caso contrario con el ancho donde la relación fue nula ($\rho = 0.03$) (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Las algas exhiben una alta variabilidad morfológica en términos de tamaño, complejidad y longevidad, por lo que estos atributos se consideran relevantes al determinar los patrones de la abundancia y la estructura de la epifauna asociada (Cacabelos et al., 2010; Torres et al., 2015). A pesar de su importancia, pocos estudios han abordado el papel de las algas en la modificación y la estructura de las comunidades biológicas (Casoli et al., 2016). En cuanto a los poliquetos, su distribución está influenciada por su capacidad de adaptación a diversos entornos (Sarda, 1991). En fondos duros, por ejemplo, se encuentran entre los taxones más abundantes (Antoniadou & Chintiroglou, 2006) y están comúnmente relacionados con la estructura y zonificación de las algas; sin embargo, su distribución depende de

la cobertura más que la presencia de especies particulares de macroalgas (Chryssanthi et al., 2004). Según Cacabelos et al. (2010), las algas con mayor complejidad estructural soportan comunidades de invertebrados más abundantes y diversas, debido a la mayor disponibilidad de superficie para la colonización de la fauna y las algas epífitas. En ese sentido, esta investigación representa el primer esfuerzo de cuantificar la complejidad morfológica de las macroalgas en el Caribe colombiano, utilizando diferentes atributos estructurales.

En este estudio, es esencial destacar que la metodología aplicada para la recolección de las macroalgas no tuvo como enfoque principal los organismos asociados. Por ello, las macroalgas no fueron desde el inicio almacenadas de manera individual, sino por cuadrantes, lo que limitó la posibilidad de evaluar los poliquetos y sipúnculos asociados para cada uno de los taxones de las macroalgas. Como resultado, no se pudo establecer una asociación con todos los lotes de algas para estimar la riqueza y abundancia de poliquetos y sipúnculos. A pesar de estas limitaciones metodológicas, se identificaron un total de 37 especies, 17 representan nuevos reportes; ocho de ellos son nuevos para el Caribe colombiano; evidenciando la importancia de estudiar nuevas áreas geográficas y sustratos poco explorados, así como aprovechar material que se encuentra depositado en las Colecciones Biológicas de la Universidad CES

Algunos autores han encontrado que algunos atributos morfológicos de las macroalgas



como la superficie foliar, el grado de ramificación, así como el ancho y alto, proporcionan una buena explicación para la estructura de las comunidades asociadas, que, en consecuencia, aumenta la correlación significativa entre la abundancia y diversidad de la epifauna, entre ellos, los poliquetos, puesto que, la estructura del hábitat proporcionado por los talos de las algas y las señales químicas que liberan puede influir negativa o positivamente en el asentamiento de gusanos tubícolas (Cacabelos et al., 2010; Casoli et al., 2016; Chemello & Milazzo, 2002; Giangrande, 1988). En cuanto a los sipúnculos, a pesar de que se sabe que ocupan la mayoría de los hábitats marinos, incluyendo las algas, a las que utilizan como fuente de alimento, existen pocos estudios que aborden su asociación con las macroalgas marinas (Cutler, 1994).

Según el estudio de Quirós-Rodríguez et al. (2013), sobre algas rojas en el Caribe colombiano, encontraron que la estructura vegetativa y las variadas formas de crecimiento de las frondes son un importante hábitat para los poliquetos. Asimismo, encontraron que la familia Nereididae fue la mejor representada en términos de composición y abundancia, seguida de Eunicidae con cinco especies y Syllidae con tres. En nuestro estudio la familia Syllidae presentó mayor riqueza y abundancia para cada una de las macroalgas revisadas, seguida de Nereididae y Eunicidae; en ambos estudios se comparte solo el género *Laurencia* de las algas rojas. De manera similar, en el estudio de Hamdy et al. (2018), la familia Syllidae fue la más diversa, además, revelaron que en particular esta familia y otras especies de menor tamaño preferían las algas rojas de los géneros *Corallina*, *Jania* y *Amphiroa* como refugio; mientras que la familia Nereididae parecía tener preferencia por las algas verdes, y en el caso de las algas pardas, representadas por tres especies, entre ellas *Dictyota dichotoma*, albergaban pocos poliquetos. En cambio, en otro estudio sobre una comunidad submareal del alga *Lessonia*, se evaluaron las relaciones morfométricas del disco con la diversidad y abundancia de los organismos (entre ellos encontraron nueve

especies de poliquetos), dominado además por algas costrosas (calcáreas y no calcáreas) en el dosel, mostrando una correlación positiva y significativa con el aumento del diámetro y el peso húmedo, por lo cual el patrón de distribución de estos organismos en los discos, caracterizan a esta comunidad similar a otras descritas en latitudes templadas (Villouta & Santelices, 1984). Pese a lo expuesto, no se conocen estudios publicados que cuantifiquen la relación de la morfometría de las algas pardas, rojas y verdes y las comunidades epifaunales en latitudes tropicales, particularmente para Colombia.

En el presente estudio se realizaron observaciones detalladas de las macroalgas del grupo morfofuncional calcárea articulada y se identificó una correlación significativa entre la abundancia y riqueza de poliquetos con las variables medidas para evaluar la complejidad morfológica de las algas verdes del género *Halimeda*, mientras que para los géneros *Jania* y *Amphiroa* la correlación no fue significativa. Naim (1988) mencionó que la complejidad morfológica de *Halimeda* permite una gran diversidad de microcrustáceos y un conjunto diversificado de especies de poliquetos, especialmente de la familia Syllidae seguida de la familia Nereididae, lo cual coincide con los resultados de este estudio. Chemello & Milazzo (2002) estudiaron las relaciones entre la arquitectura de las algas y la composición de moluscos, cuyos resultados arrojaron una correlación significativa, encontrando que el grado de ramificación, ancho del alga y el logaritmo de la anchura de tallo explicaban muy bien la distribución de los conjuntos epifaunales, incluso de las seis especies de macroalgas que analizaron el alga parda *Dictyota* presentó la menor complejidad. Para esta investigación, se encontró una correlación muy positiva entre el ancho, el área foliar, el peso húmedo y el volumen desplazado con la riqueza y abundancia de poliquetos para el género *Halimeda*. La presencia de este tipo de alga tropical parece favorecer a taxones oportunistas, los cuales desempeñan un papel crucial en la transferencia de energía en las redes tróficas (Mateo-Ramírez et al., 2022), ya que estas algas contienen carbonato de calcio que constituye

un hábitat favorable, pues los talos forman concreciones muy estables ofreciendo refugio y sustento a organismos fijos o vágiles (Martín, 1986). Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con Bégin et al., (2004), quienes sugieren que la mayor complejidad estructural de las hojas, densidad de frondas y ramificaciones aumentan la diversidad de pequeños invertebrados al propiciar un refugio temporal, mientras que en una estructura frágil y filamentososa se encuentra una menor diversidad.

En conclusión, este estudio destaca que los atributos de las macroalgas (ancho, área foliar, peso húmedo, y volumen desplazado), especialmente del género *Halimeda* (grupo morfofuncional calcárea articulada), son relevantes para incrementar la riqueza y abundancia de los poliquetos. Además, resalta la importancia de una separación adecuada del material en campo en estudios ecológicos que buscan evaluar asociaciones a nivel de género o especie. Es fundamental destacar que este estudio aprovechó el material biológico de una expedición científica llevada a cabo en una región donde el acceso es prácticamente limitado y que se encuentra depositado en las Colecciones Biológicas de la Universidad CES. Esta expedición formó parte de la estrategia integral para fortalecer el manejo y la conservación de la Reserva de la Biósfera Seaflower en el departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. Aunque en este estudio en particular, no fue posible establecer asociaciones con todos los géneros de algas evaluados, por el interés inicial con las que estas fueron recolectadas. Finalmente, se destaca la importancia de seguir investigando en esta área y cómo estos hallazgos podrían servir como punto de partida para futuras investigaciones en la ecología de las comunidades marinas en el Caribe colombiano.

Declaración de ética: Los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales

pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Comisión Colombiana del Océano (CCO) por la organización de la Expedición Científica Seaflower 2016 en Isla Cayo Serrana, realizada en el marco de Colombia BIO. Agradecen también a la Facultad de Ciencias y Biotecnología, al equipo de las Colecciones Biológicas de la Universidad CES (CBUCES) y a los laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad CES, tanto por su cofinanciación como por el apoyo en espacios y materiales necesarios para el desarrollo de esta investigación. A Estela María Quintero Vallejo (UCES) por la orientación para el procesamiento de los resultados. A Itzahí Silva-Morales (ECOSUR) por la ayuda en la identificación de los sipúnculos. APHR agradece a Mario Hernán Londoño Mesa (UdeA) por su acompañamiento en la primera etapa de la investigación y el entrenamiento para la identificación de poliquetos a familia. APHR también agradece al personal del Laboratorio de Poliquetos (ECOSUR-Chetumal) por su recibimiento, brindar el espacio y equipo durante su estancia en México.

REFERENCIAS

- Antoniadou, C., & Chintiroglou, C. (2006). Trophic relationships of polychaetes associated with different algal growth forms. *Helgoland Marine Research*, 60, 39–49.
- Baron-Vargas, J. A., & Pauwels Romero, S. (2015). *Análisis geomorfológico de la Islas Cayos de Serrana y Serranilla*. Observatorio Coralina [Tesis de grado, Escuela Naval De Cadetes “Almirante Padilla”]. Observatorio Coralina. <https://observatorio.coralina.gov.co/index.php/es/publicaciones/item/457-ana-lisis-geomorfologico-de-la-islas-cayos-de-serrana-y-serranilla>
- Bégin, C., Johnson, L., & Himmelman, J. (2004). Macroalgal canopies: Distribution and diversity of associated invertebrates and effects on the recruitment and



- growth of mussels. *Marine Ecology Progress Series*, 271, 121–132.
- Cacabelos, E., Olabarria, C., Incera, M., & Troncoso, J. S. (2010). Effects of habitat structure and tidal height on epifaunal assemblages associated with macroalgae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89(1), 43–52.
- Casoli, E., Bonifazi, A., Ardizzone, G., & Gravina, M. F. (2016). How algae influence sessile marine organisms: The tube worms case of study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 12–20.
- Chava, A., Artemieva, A., & Yakovis, E. (2019). Plant part age and size affect sessile macrobenthic assemblages associated with a foliose red algae *Phycodrys rubens* in the white sea. *Diversity*, 11(5), 80.
- Chemello, R., & Milazzo, M. (2002). Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs. *Marine Biology*, 140, 981–990.
- Christie, H., Jørgensen, N., & Norderhaug, K. (2007). Bushy or smooth, high or low; importance of habitat architecture and vertical position for distribution of fauna on kelp. *Journal of Sea Research*, 58, 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.03.006>
- Chryssanthi, A., Nicolaidou, A., & Chintiroglou, C. (2004). Polychaetes associated with the sciaphilic alga community in the northern Aegean Sea: Spatial and temporal variability. *Helgoland Marine Research*, 58, 168–182.
- Cutler, E. B. (1994). *The Sipuncula: Their systematics, biology, and evolution*. Cornell University Press.
- de León-González, J. A., Bastida Zavala, J. R., Carrera Parra, L. F., García Garza, M. E., Salazar-Vallejo, S. I., Solís-Weiss, V., & Tovar-Hernández, M. A. (2021). *Anélidos marinos de México y América tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Diez, M. E., Díaz-Díaz, O., Delgado-Bas, V. A., Martín, D., & Cremonte, F. (2020). ¿Cuánto sabemos sobre poliquetos simbióticos en Sudamérica? En O. Díaz-Díaz, & N. Rozbaczylo (Eds.), *Poliquetos bentónicos en Chile, Vol. III, Palpata: Canalpalpata (Ampharetidae-Trichobranchidae)* (pp. 508–548). Faunamar LDTA.
- Giangrande, A. (1988). Polychaete zonation and its relation to algal distribution down a vertical cliff in the western Mediterranean (Italy): A structural analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 120(3), 263–276.
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2021). *Listing the World's Algae*. AlgaeBase. <http://www.algaebase.org>.
- Hamdy, R., Khalil, A. E. G. N., Atta, M. M., & Ibrahim, H. G. (2018). Diversity and Distribution of polychaetes associated with macroalgae along the Alexandria Coast, Egypt. *Journal of King Abdulaziz University Marine Science*, 28, 67–79.
- Krause-Jensen, D., Lavery, P., Serrano, O., Marbà, N., Masque, P., & Duarte, C. M. (2018). Sequestration of macroalgal carbon: The elephant in the Blue Carbon room. *Biology Letters*, 14(6), 20180236.
- Littler, M. M., & Littler, D. S. (1980). The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: Field and laboratory tests of a functional form model. *The American Naturalist*, 116(1), 25–44.
- López-Sánchez, C. M. (2009). *Macrofauna vagil 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]. Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1227>
- Martín, D. (1986). Anélidos poliquetos y moluscos asociados a algas calcáreas. *Miscel-lània Zoològica*, 11, 61–75.
- Mateo-Ramírez, Á., Mánuez-Crespo, J., Royo, L., Tuya, F., Castejón-Silvo, I., Hernan, G., Pereda-Briones, L., & Tomas, F. (2022). A tropical macroalga (*Halimeda incrustata*) enhances diversity and abundance of epifaunal assemblages in Mediterranean seagrass meadows. *Frontiers in Marine Science*, 9, 886009.
- Naim, O. (1988). Distributional patterns of mobile fauna associated with *Halimeda* on the Tiahura coral-reef complex (Moorea, French Polynesia). *Coral Reefs*, 6(3-4), 237–250.
- Portal Único del Estado Colombiano. (2016). *Expedición Cayo Serrana*. Minciencias. <https://minciencias.gov.co/colombia-bio/expedicion-cayo-serrana>
- Quan-Young, L. I. (2022). *Seaflower II: Cayo Serrana-Colecciones biológicas de la universidad CES-Proyecto Colombia BIO. v2.4*. [Conjunto de datos]. Universidad CES. <https://doi.org/10.15472/ghhocc>
- Quirós-Rodríguez, J., Dueñas-Ramírez, P., & Campos, N. (2013). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a algas rojas intermareales de Córdoba, Caribe Colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, 87–98.
- Raven, J. A., & Hurd, C. L. (2012). Ecophysiology of photosynthesis in macroalgae. *Photosynthesis research*, 113, 105–125.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (version 4.3.1) [Software]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rosbach, F., Casoli, E., Beck, M., & Wild, C. (2021). Mediterranean red macro algae mats as habitat for high abundances of Serpulid Polychaetes. *Diversity*, 13, 265. <https://doi.org/10.3390/d13060265>

- Sánchez-Molina, I., González-Ceballos, J., Zetina-Moguel, C., & Casanova-Cetz, R. (2007). Análisis de la biodiversidad de algas marinas situadas entre Uaymitún y Chuburná, Yucatán. *Ingeniería*, 11(1), 43–51.
- Sarda, R. (1991). Polychaete communities related to plant covering in the médiolittoral and infralittoral zones of the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Marine Ecology*, 12(4), 341–360.
- Steneck, R. S., & Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69(3), 476–498.
- Torres, A. C., Veiga, P., Rubal, M., & Sousa-Pinto, I. (2015). The role of annual macroalgal morphology in driving its epifaunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 464, 96–106.
- Vélez-Rubio, G. M., González-Etchebehere, L., Scarabino, F., Trinchin, R., Manta, G., Laporta, M., Zabaleta, M., Vidal, V., de Lein-Mackey, A., & Kruk, C. (2021). Macroalgae morpho-functional groups in Southern marine ecosystems: rocky intertidal in the Southwestern Atlantic (33°-35° S). *Marine Biology*, 168(10), 153.
- Villouta, E., & Santelices, B. (1984). Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 57, 111–122.
- Ware, C., Dijkstra, J., Mello, K., Stevens, A., O'Brien, B., & Ikedo, W. (2019). A novel three-dimensional analysis of functional architecture that describes the properties of macroalgae as a refuge. *Marine Ecology Progress Series*, 608, 93–103.
- Włodarska-Kowalczyk, M., Kukliński, P., Ronowicz, M., Legeżyńska, J., & Gromisz, S. (2009). Assessing species richness of macrofauna associated with macroalgae in Arctic kelp forests (Hornsund, Svalbard). *Polar Biology*, 32, 897–905.