



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

# DIVERSIDAD DE MICROGASTERÓPODOS EN ARRECIFES CORALINOS DEL PARQUE NACIONAL NATURAL GORGONA, PACÍFICO COLOMBIANO

## Microgastropods diversity in coral reefs of the Gorgona National Natural Park, Colombian Pacific

Jeimy Andrea PANTOJA-CABARICO<sup>1</sup> , Juan Felipe LAZARUS<sup>1,2</sup> , Bellineth VALENCIA<sup>3\*</sup>

1. Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 18 # 118-250, Cali, Colombia, [jeipantoja@javerianacali.edu.co](mailto:jeipantoja@javerianacali.edu.co).
  2. Programa de Calidad Ambiental Marina, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras de Colombia “José Benito Vives de Andreis” - INVEMAR, Calle 25 # 2-55 Playa Salguero, Santa Marta, Colombia, [juan.lazarus@invemar.org.co](mailto:juan.lazarus@invemar.org.co). Afiliación actual
  3. Grupo de Investigación en Ecología de Arrecifes Coralinos, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Calle 13 # 100-00, Cali, Colombia, [bellineth.valencia@correounivalle.edu.co](mailto:bellineth.valencia@correounivalle.edu.co)
- \* For correspondence: [bellineth.valencia@correounivalle.edu.co](mailto:bellineth.valencia@correounivalle.edu.co)

**Recibido:** 15 de septiembre de 2023. **Revisado:** 10 de junio de 2024. **Aceptado:** 12 de diciembre de 2024

**Editora asociada:** Valeria Pizarro Novoa

**Citation/ citar este artículo como:** Pantoja-Cabarico, J. A., Lazarus, J. F. y Valencia, B. (2025). Diversidad de microgasterópodos en arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico Colombiano. *Acta Biol. Colomb.*, 30(1), 5-17. <https://doi.org/10.15446/abc.v30n1.110795>

### RESUMEN

La mayor diversidad de gasterópodos en arrecifes coralinos se encuentra en individuos de tallas menores a 10 mm conocidos como microgasterópodos. Sin embargo, se conoce poco sobre la relación entre la diversidad de este grupo y el sustrato en el que habitan. Se evaluó la diversidad de microgasterópodos pertenecientes a la criptofauna en dos tipos de sustrato coralino (inerte y vivo) en los arrecifes La Azufrada y El Muelle del PNN Gorgona, Pacífico colombiano. Se encontraron 2422 microgasterópodos en 29 familias y 60 especies; 23 especies son nuevos registros para el PNN Gorgona. Las especies más abundantes fueron *Amphithalamus vallei* y *Barleeia* sp.1, las cuales representaron el 73 % de la abundancia total. La mayor riqueza y densidad se presentaron en sustratos coralinos inertes. Considerando la cobertura de coral a lo largo del arrecife, las zonas con alta cobertura coralina (> 70 %) presentaron alta riqueza de microgasterópodos, pero bajas densidades. El patrón opuesto se presentó en las zonas con baja cobertura de coral (< 30 %), mientras que la diversidad de los microgasterópodos fue alta en las zonas del arrecife con cobertura intermedia. Los microgasterópodos presentaron una alta diversidad en los arrecifes coralinos del PNN Gorgona, donde los sustratos inertes al ofrecer alimento y refugio favorecieron mayores densidades y diversidad. Tanto las zonas con alta como con baja cobertura coralina son importantes para la estructura de la comunidad de los microgasterópodos, las primeras favorecen mayor diversidad, mientras que las segundas mayores densidades.

**Palabras Clave:** Cascajo de coral, criptofauna, Gastropoda, Pacífico Oriental Tropical, *Pocillopora*.

### ABSTRACT

The greatest diversity of gastropods on coral reefs is found in individuals with sizes smaller than 10 mm known as microgastropods. However, knowledge about the relationship between the diversity of this group and the substrate that they inhabit is scarce. The diversity of microgastropods belonging to the cryptofauna was evaluated in two types of coral substrates (inert and live) in La Azufrada and El Muelle coral reefs at Gorgona NNP, Colombian Pacific. We found 2422 microgastropods belonging to 29 families and 60 species; 23 species are new records for Gorgona NNP. The most abundant species were *Amphithalamus vallei* and *Barleeia* sp.1, which represented 73 % of the total abundance. The highest richness and density were found on inert coral. Considering the coral cover along the reef, zones with high coral cover (> 70 %) had high microgastropod richness, but low densities. The opposite pattern occurred in zones with low coral cover (< 30 %), while microgastropod diversity was high in the zones of the reef with intermediate coral

cover. Microgastropod diversity was high in the coral reefs of Gorgona NNP, where inert substrates provided food and refuge favoring higher densities and diversity. Zones of high and low coral cover were both important for microgastropod community structure; with high coral cover zones favoring higher diversity and low cover zones favoring higher densities.

**Keywords:** Coral rubble, crypto fauna, Gastropoda, Eastern Tropical Pacific, *Pocillopora*

## INTRODUCCIÓN

Mollusca es uno de los filos más diversos del mundo (Díaz y Puyana, 1994); sin embargo, las investigaciones sobre este grupo taxonómico en ecosistemas marinos frecuentemente ignoran a las especies de talla pequeña (< 10 mm), reflejándose en una menor cantidad de estudios sobre micromoluscos a nivel mundial (Ortigosa *et al.*, 2018). En efecto, en ecosistemas mega diversos, como lo son los arrecifes coralinos, rara vez los listados de especies incluyen a los moluscos de menos de 10 mm (Albano *et al.*, 2011). Esta falta de conocimiento ocurre a pesar de que la mayoría de las especies no descritas en el filo corresponden a micromoluscos, las cuales conforman la mayor diversidad de moluscos en el mundo (Geiger *et al.*, 2007).

Además de ser muy diversos y representativos del filo entero (Albano *et al.*, 2011), los micromoluscos son muy abundantes y juegan un papel importante en los ecosistemas marinos. En los arrecifes coralinos, los micromoluscos hacen parte de la fauna críptica debido a que habitan dentro de las grietas y cavidades formadas por las estructuras del arrecife, fauna que representa la mayor riqueza de especies en estos ecosistemas y desempeña funciones esenciales para el funcionamiento del mismo (Reaka-Kudla, 1997; Richter *et al.*, 2001; Enochs y Manzello, 2012b). Por ejemplo, los micromoluscos consumen algas y plancton, así como detritos y otros organismos de la fauna críptica (Sasaki, 2008). A su vez, los micromoluscos son fuente de alimento para pequeños depredadores y peces arrecifales, por lo que constituyen un recurso trófico esencial para diversos organismos del arrecife (Sasaki, 2008; Enochs, 2012; Enochs y Manzello, 2012a; Palacios-Narváez *et al.*, 2020).

En el Pacífico Oriental Tropical, y más específicamente en el Pacífico colombiano, el conocimiento sobre los micromoluscos marinos es escaso, por lo que es altamente probable que existan nuevas especies no descritas para la ciencia (Kaiser y Bryce, 2001; López de Mesa y Cantera, 2015). Considerando que dentro del filo Mollusca la clase Gastropoda es la más diversa, con una representación del 80 % de las especies (Ponder y Lindberg, 2008), en este estudio se investiga la diversidad de gasterópodos en la fauna críptica de los arrecifes coralinos en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. En particular, se hizo un especial énfasis en los microgasterópodos sensu lato, definición que engloba tanto a individuos en etapa adulta como a juveniles de macromoluscos que miden menos de 10 mm (Tunnell, 1974). Los microgasterópodos son de gran importancia para la función ecológica de los arrecifes coralinos, razón por la cual es necesario

incrementar el conocimiento sobre estos organismos en el Pacífico colombiano.

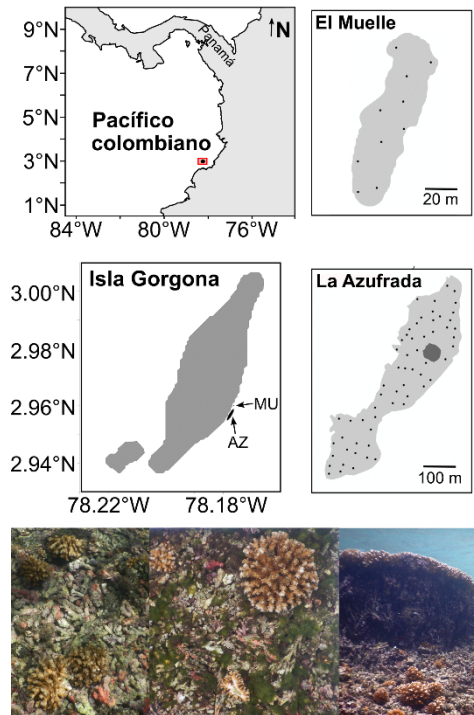
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Esta investigación se realizó en los arrecifes coralinos La Azufrada y El Muelle, los cuales se ubican en la costa oriental de Isla Gorgona, un área marina protegida perteneciente al Parque Nacional Natural Gorgona (PNN Gorgona) en el sur del Pacífico colombiano (Fig. 1). La Azufrada es el arrecife coralino mejor desarrollado del Pacífico colombiano, y tanto La Azufrada como El Muelle presentan una composición de especies y una zonación similar, con dominancia de corales ramificados como *Pocillopora* spp. y algunas colonias dispersas de *Pavona* spp. (Zapata, 2017). No obstante, una de sus principales diferencias es el tamaño. La Azufrada posee un área de ~11,2 Ha, una longitud de 780 m y su estructura vertical varía entre 2 m y 8,3 m (Muñoz y Zapata, 2013). Por su parte, el arrecife de El Muelle es más pequeño, ya que cuenta con un área de ~0,16 Ha, una longitud de 45 m y una estructura vertical de hasta 6 m (Muñoz y Zapata, 2013).

### Recolección de muestras en campo

La recolección de las muestras en campo se realizó del 30 de agosto al 11 de septiembre de 2019. Para la caracterización del sustrato y recolección de la criptofauna se ubicaron aleatoriamente 60 puntos de muestreo en La Azufrada y diez en El Muelle, considerando el área de cada arrecife (Fig. 1). En cada punto de muestreo se ubicó un cuadrante de PVC de 1 m<sup>2</sup> dividido en cuatro sub-cuadrantes de 0,25 m<sup>2</sup>, los cuales fueron fotografiados para estimar la cobertura del sustrato. Dentro del mismo cuadrante (i.e., punto de muestreo), se recolectaron las muestras de coral vivo y sustrato coralino inerte con el objetivo de caracterizar la criptofauna asociada. Para la muestra del sustrato vivo se extrajo una colonia de *Pocillopora* spp., la cual fue depositada en una malla de tela y luego en una bolsa sellable para evitar al máximo la pérdida de la criptofauna. Posteriormente, se extrajo el sustrato coralino inerte en un área de 30 x 30 cm (0,09 m<sup>2</sup>), el cual incluyó cascajo de coral y roca coralina, sustrato que fue depositado en envases plásticos de 3,5 L. El cascajo de coral se definió como fragmentos sueltos de coral muerto, los cuales se encontraban cubiertos por algas calcáreas o filamentosas. La roca coralina se definió como la base inerte del andamio arrecifal, sustrato que se recolectó en zonas con alta cobertura coralina como en el frente arrecifal. Aunque el



**Figura 1.** Ubicación geográfica del Parque Nacional Natural Gorgona en el Pacífico colombiano, indicando los arrecifes corallinos El Muelle y La Azufrada. Los puntos corresponden a la ubicación donde se recolectaron las muestras en cada arrecife. Se presentan imágenes de los diferentes tipos de sustratos donde se recolectaron los microgasterópodos (cascajo de coral con algas, colonia de *Pocillopora*, roca coralina).

cascajo de coral representó el mayor porcentaje de cobertura del sustrato inerte, el coral muerto y la roca coralina también hacen parte de los sustratos encontrados en los arrecifes corallinos; por lo tanto, representan un hábitat potencial para la criptofauna. Una vez en el laboratorio se extrajo toda la criptofauna. Después, cada colonia de *Pocillopora* spp. fue fotografiada para estimar su área. Tanto las colonias vivas como el sustrato inerte fueron regresados al arrecife luego de finalizado el procesamiento de las muestras.

### Análisis de laboratorio

Los microgasterópodos fueron extraídos de cada muestra para su conteo e identificación mediante conchiliología. Debido a la poca información que existe en Colombia, la identificación se realizó con guías para moluscos de todas las tallas, siguiendo el arreglo sistemático propuesto por Bouchet *et al.* (2017). Posteriormente, cada especie fue asignada a un grupo trófico de acuerdo con sus hábitos de alimentación según Taylor *et al.* (1980), Marshall (1983), Borja (1987), Reguero y García-Cubas (1991), Martínez-Chiappara *et al.* (1998), Enochs *et al.* (2011), Donnarumma *et al.* (2018) y MolluscaBase (2024). Finalmente, los microgasterópodos identificados se preservaron en alcohol al 96 % y se entregaron

para ser depositados en la Colección Referencia de Biología Marina de la Universidad del Valle (CRM-UV).

### Análisis de datos

**Estructura del sustrato:** A partir de las imágenes tomadas en los cuadrantes se estableció el porcentaje de cobertura de coral vivo en cada punto de muestreo utilizando el programa Coral Point Count con extensiones en Excel (CPCe) (Kohler y Gill, 2006). Para esto, en cada sub-cuadrante se ubicaron diez puntos al azar, teniendo un total de 40 puntos por cuadrante. A partir del porcentaje de coral vivo estimado para cada cuadrante, correspondiente al promedio de los 40 puntos, se establecieron tres categorías del sustrato: 1) zonas con cobertura alta (coral vivo > 70 %,  $n = 23$ ); 2) zonas con cobertura intermedia (coral vivo entre el 30–70 % y con presencia de algunas estructuras erosionadas,  $n = 29$ ); 3) zonas con cobertura baja (coral vivo < 30 % y con presencia de estructuras altamente erosionadas y cascajo de coral,  $n = 18$ ).

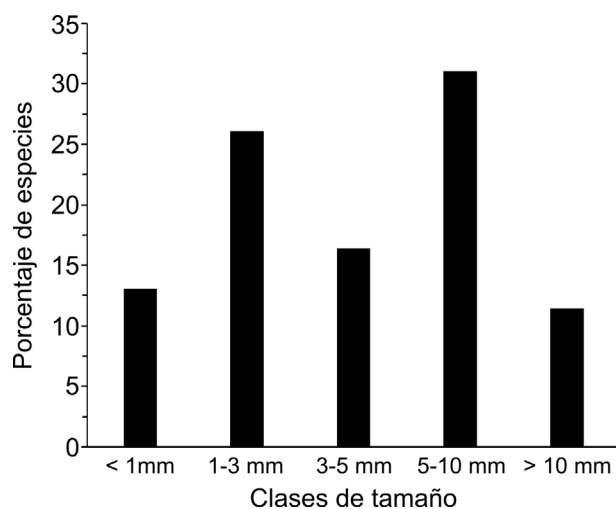
**Comparaciones entre tipos de sustrato (inerte vs. vivo):** Para cada tipo de sustrato y cada arrecife, se determinó la riqueza como el número de especies presentes en las muestras. Para estos mismos factores (i.e., tipo de sustrato y arrecife) se estableció la riqueza esperada utilizando estimadores de riqueza no-paramétricos como Jackknife de primer orden y Chao1. Además, se realizaron curvas de rarefacción utilizando el programa EstimateS (Colwell, 2013), las cuales incluyeron extrapolaciones para el doble de las muestras analizadas. Tanto las curvas de rarefacción como los estimadores de riqueza se calcularon a partir de los datos de densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ), expresados como el número de individuos por  $0,09 \text{ m}^2$  para el caso del sustrato inerte y según el área de las colonias de *Pocillopora* para los sustratos vivos, áreas que fueron estimadas con el software CPCe. La riqueza y la densidad entre los tipos de sustrato se compararon mediante la prueba estadística no paramétrica de Friedman debido a que no se cumplió con el supuesto de normalidad (Kolmogorov-Smirnov,  $p < 0.05$ ) y a que los datos eran pareados (i.e., las muestras de sustrato inerte y vivo se recolectaron en el mismo cuadrante).

**Comparaciones entre categorías de cobertura de coral:** Para comparar la diversidad de los microgasterópodos entre las categorías de cobertura de coral se consideraron únicamente los datos de los sustratos inertes debido a que en sustratos vivos la diversidad y la frecuencia de ocurrencia fueron bajas. De esta forma, se realizó un análisis permutacional de la varianza (PERMANOVA) basado en la similitud de Bray-Curtis teniendo como factor las tres categorías de cobertura de coral. Para identificar aquellas especies que presentaron una mayor contribución a la disimilitud entre las categorías de cobertura de coral se realizó una prueba para el análisis del porcentaje de similitud (SIMPER). Los análisis multivariados se realizaron utilizando el paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2020) del programa R (R Core Team, 2020), omitiendo las muestras con ausencia de microgasterópodos.

## RESULTADOS

Se recolectaron 137 muestras en los 70 puntos de muestreo (60 en La Azufrada y diez en El Muelle), ya que en tres cuadrantes el sustrato estuvo compuesto en su totalidad por cascajo de coral y arena y no se encontraron colonias vivas de *Pocillopora* spp. De las muestras analizadas, se separaron 2422 microgasterópodos, a partir de los cuales se identificaron 60 especies pertenecientes a 29 familias (Material suplementario 1). Las familias que presentaron mayor riqueza fueron Columbellidae (n = siete), Cerithiopsidae (n = seis), Pisaniidae (n = seis), Muricidae (n = cuatro) y Fasciariidae (n = cuatro). Las cinco especies más representativas en términos de su densidad fueron *Amphithalamus vallei* (45,0%), *Barleeia* sp.1 (28,3%), *Rissoella morrocoyensis* (4,4%), *Barleeia bifasciata* (4,2%) y *Ammonicera lineofuscata* (3,1%) (Material suplementario 1 y 3). De las 60 especies identificadas, 23 especies constituyen nuevos registros para el PNN Gorgona (Material suplementario 1). Asimismo, el 88% de las especies identificadas presentaron tallas menores a 10 mm y el porcentaje restante no superó los 20 mm de longitud. El 56% de las especies posee tallas por debajo de 5 mm y el 40% presentó tallas menores a 3 mm (Fig. 2).

Con relación a los hábitos alimenticios, un mayor número de familias presenta hábitos depredadores (49,4%) seguido por los herbívoros (25,3%) y luego los detritívoros (19,3%) (Material suplementario 1). Por otro lado, se hallaron con menor frecuencia familias suspensívoras y ectoparásitas, la mayoría de las especies de estas últimas se encontraron en La Azufrada. A partir de las referencias consultadas, la fuente principal de alimento para los depredadores podrían ser los poliquetos, otros moluscos (gasterópodos y bivalvos) y pequeños crustáceos (cirripedios, decápodos y ostrácodos), aunque también se destacan las esponjas, sipuncúlidos, hidroides, ascidias y foraminíferos (Material suplementario 1).



**Figura 2.** Distribución de las clases de tamaño de los microgasterópodos pertenecientes a la fauna críptica en los arrecifes coralinos El Muelle y La Azufrada, PNN Gorgona.

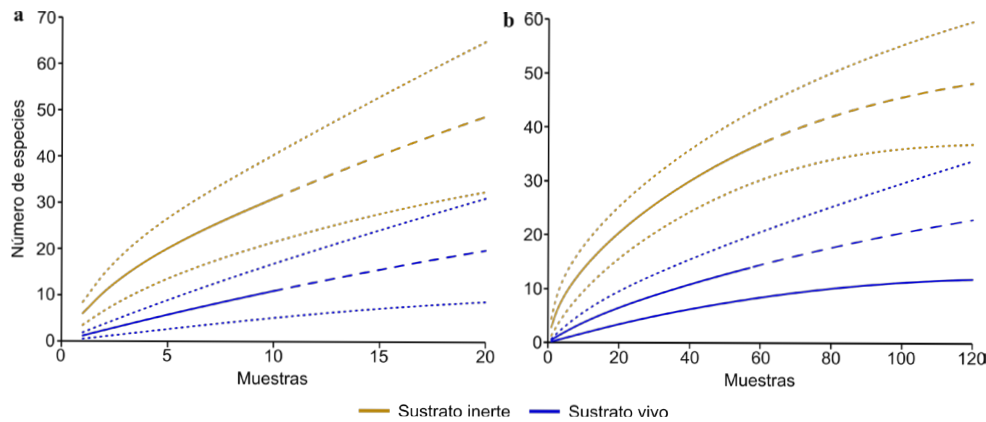
## Comparaciones entre arrecifes y entre tipos de sustratos

La riqueza de especies de microgasterópodos observada fue mayor en La Azufrada (43 especies) que en El Muelle (35 especies). No obstante, en ambos arrecifes, se registró un mayor número de especies en los sustratos inertes (AZ = 37 especies, MU = 32 especies) que en los sustratos vivos (AZ = 14 especies, MU = 11 especies) (Material suplementario 1). Por este motivo, al comparar la riqueza entre sustratos se encontró que los valores fueron significativamente mayores en los sustratos inertes (Test de Friedman,  $X^2(1) = 45,6$ ;  $p < 0,0001$ ). Asimismo, en los sustratos inertes, la frecuencia de ocurrencia de los microgasterópodos fue mayor, ya que muestras sin individuos se presentaron en menor cantidad en este tipo de sustrato (Muelle = 0% en inertes vs. 50% en vivos; Azufrada = 22% en inertes vs. 79% en vivos).

Para ambos arrecifes, la riqueza de especies estimada según Chao1 y Jackknife1 fue mayor para los sustratos vivos tanto en El Muelle (272,7% y 81,8% mayor, respectivamente) como en La Azufrada (142,9% y 71,4% mayor, respectivamente), en comparación con la riqueza estimada para los sustratos inertes en El Muelle (90,6% y 59,4% mayor, respectivamente) y en La Azufrada (43,2% y 48,6% mayor, respectivamente). En ambos arrecifes, la proporción de especies registradas en una única muestra o *singletons* con respecto al total fue mayor en los sustratos vivos (AZ = 71%, MU = 91%) que en los sustratos inertes (AZ = 49%, MU = 66%). Las curvas de rarefacción mostraron una baja saturación tanto en los sustratos inertes como en los vivos (Fig. 3). Por esto, las proyecciones que extrapolan al doble del esfuerzo de muestreo sugieren la presencia de un mayor número de especies de microgasterópodos, particularmente en los sustratos vivos en El Muelle (81%, Fig. 3a) y en La Azufrada (58%, Fig. 3b).

La mediana de la densidad de los microgasterópodos en El Muelle fue de 83,3 ind.m<sup>-2</sup> en los sustratos inertes (rango intercuartil, IQR: 58,3–183,3 ind.m<sup>-2</sup>), mientras que en los sustratos vivos fue de 61,2 ind.m<sup>-2</sup> (IQR: 0–230,9 ind.m<sup>-2</sup>). En La Azufrada, la densidad también fue mayor en los sustratos inertes, registrándose una mediana de 55,6 ind.m<sup>-2</sup> (IQR: 11,1–288,9 ind.m<sup>-2</sup>). Debido a la baja frecuencia de ocurrencia de los microgasterópodos en los sustratos vivos en La Azufrada, la mediana en este sustrato fue de cero (IQR: 0–11,0 ind.m<sup>-2</sup>). Al igual que la riqueza de especies, al comparar la densidad entre sustratos se encontró que los valores fueron significativamente mayores en los sustratos inertes (Test de Friedman,  $X^2(1) = 13,1$ ;  $p = 0,0003$ ).

La contribución de las especies a la densidad presentó diferencias entre los arrecifes y entre los tipos de sustratos. En los sustratos inertes, *Amphithalamus vallei* y *Barleeia* sp.1 representaron el 85,6% de la abundancia total en La Azufrada (Material suplementario 1). En El Muelle, estas dos especies junto con *Rissoella morrocoyensis*, *Ammonicera lineofuscata* y *Barleeia bifasciata* representaron el 54,4%. En el coral vivo en La Azufrada, además de *A. vallei* y *Barleeia* sp.1 que representaron el 50,2% de la abundancia, también se destacan *Vermicularia pellucida* (9,7%) y *Coralliophila* sp.1 (7,4%). La



**Figura 3.** Curvas de rarefacción de los microgasterópodos en los arrecifes coralinos El Muelle (a) y La Azufrada (b), PNN Gorgona. El intervalo de confianza del 95% y la extrapolación al doble de las muestras se presentan como líneas punteadas.

mayor variación en la contribución a la densidad se encontró en los sustratos vivos en El Muelle, donde *B. bifasciata* (29,1%), *Coralliophila* sp.1 (17,2%) y *Steironepion piperatum* (10,2%) fueron las especies más abundantes.

#### Comparaciones entre categorías de cobertura de coral

La riqueza y la densidad de los microgasterópodos que habitan en los sustratos inertes fueron significativamente diferentes entre las categorías de cobertura de coral (PERMANOVA,  $p = 0,012$ ) (Material suplementario 2). Todas las comparaciones pareadas presentaron porcentajes altos de disimilitud (SIMPER, bajo-medio 80,3%; bajo-alto 89,2% y medio-alto 90,5%), sugiriendo que la estructura de la comunidad varía considerablemente a lo largo del gradiente de cobertura coralina. Las especies que explican el mayor porcentaje de disimilitud entre las categorías de cobertura de coral ( $> 67\%$ ) coinciden con las especies que presentaron las mayores densidades, además de *Mastonia* cf. *millepunctata* (Tabla 1).

**Tabla 1.** Contribución de las especies más representativas a la disimilitud entre los rangos de cobertura de coral (Bajo: 0-30%, Medio: 30-70%, Alto: 70-100%).

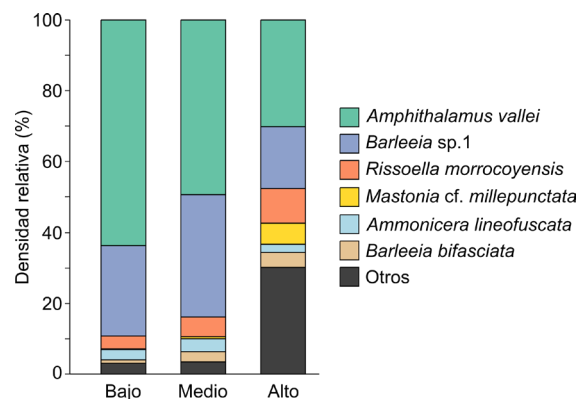
| Especie                                  | Bajo-Medio | Bajo-Alto | Alto-Medio |
|--|------------|-----------|------------|
| <i>Amphithalamus vallei</i>              | 39,8 %     | 34,3 %    | 28,1 %     |
| <i>Barleeia</i> sp.1                     | 28,3 %     | 21,2 %    | 22,2 %     |
| <i>Rissoella morrocoyensis</i>           | 8,4 %      | 8,3 %     | 8,5 %      |
| <i>Mastonia</i> cf. <i>millepunctata</i> | -          | 4,2 %     | 5,4 %      |
| <i>Ammonicera lineofuscata</i>           | 5,0 %      | 4,0 %     | 3,4 %      |
| <i>Barleeia bifasciata</i>               | 2,1 %      | -         | -          |

En los sustratos inertes, la riqueza observada y la densidad mostraron un comportamiento inverso en las categorías Bajo (0-30%) y Alto (70-100%). Las zonas del arrecife con porcentaje alto de cobertura de coral presentaron la mayor riqueza observada (35 especies) y, por el contrario, la menor densidad de microgasterópodos (Mediana: 33,3 ind.m<sup>-2</sup>, IQR: 11,1-83,3 ind.m<sup>-2</sup>). De manera inversa, las zonas del arrecife

con porcentaje bajo de cobertura coralina presentaron la menor riqueza observada (23 especies), pero mostraron una densidad mayor (Mediana: 100,0 ind.m<sup>-2</sup>, IQR: 22,2-291,7 ind.m<sup>-2</sup>). Las zonas con porcentaje medio de cobertura de coral se caracterizaron por presentar valores altos de riqueza observada (31 especies) y valores intermedios de densidad (Mediana: 77,8 ind m<sup>-2</sup>, IQR: 22,2-388,9 ind m<sup>-2</sup>).

De las especies de microgasterópodos identificadas en sustratos inertes, seis especies presentaron la mayor contribución a la densidad a lo largo del gradiente de cobertura de coral. Entre estas especies se destaca que la densidad relativa de *A. vallei* y *Barleeia* sp.1, las dos especies más abundantes, presentó una tendencia a disminuir a medida que el porcentaje de cobertura de coral aumenta, mientras que la contribución a la densidad de *R. morrocoyensis* y *B. bifasciata* presentó el patrón opuesto (Fig. 4). Asimismo, se destaca que la contribución a la densidad de *M. millepunctata* sólo fue representativa en las zonas del arrecife donde el porcentaje de cobertura coralina fue alto.

#### DISCUSIÓN



**Figura 4.** Densidad relativa de los microgasterópodos que presentaron mayor contribución a la disimilitud entre las categorías de cobertura de coral.

## Diversidad de microgasterópodos y relaciones tróficas

La riqueza de especies de microgasterópodos registrada en los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona (PNN Gorgona) en el Pacífico Oriental Tropical (POT) confirma el patrón de alta riqueza de este grupo taxonómico documentado en otros estudios (Kaiser y Bryce, 2001; Bouchet *et al.*, 2002; Campagnari y Geiger, 2018; Barrientos-Lujan *et al.*, 2019; Middelfart *et al.*, 2020). El listado de microgasterópodos reportado, corresponde al primero para el PNN Gorgona y el segundo para el Pacífico colombiano, donde se destaca que, de las cinco especies dominantes, *A. vallei*, *Barleeia* sp.1, *R. morrocoyensis*, *B. bifasciata* y *A. lineofuscata*, las cuatro identificadas hasta especie corresponden a nuevos registros para el PNN Gorgona. Este resultado evidencia el bajo conocimiento que se tiene sobre los micromoluscos en esta área marina protegida y en el Pacífico colombiano.

En general, casi ningún estudio sobre diversidad de microgasterópodos ha alcanzado la asíntota en las curvas de rarefacción (Bouchet *et al.*, 2002; Campagnari y Geiger, 2018; Middelfart *et al.*, 2020), posiblemente debido al alto número de especies raras (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Por ejemplo, en el inventario realizado por Albano *et al.* (2011), el 91,9 % de las especies fueron ecológicamente restringidas y demográficamente raras. Estos resultados resaltan la importancia de censar las especies raras, ya que particularmente en el caso de los microgasterópodos, aportan información sobre el número de especies no detectadas (Gotelli y Chao, 2013). En este sentido, la estructura faunística de los microgasterópodos en los arrecifes coralinos del PNN Gorgona fue dominada por pocas especies debido a que la mayoría presentaron abundancias bajas y en muchas ocasiones sólo se registró uno o dos individuos por especie (45 % y 12 % de las especies, respectivamente). Por lo tanto, a pesar del esfuerzo de muestreo realizado que incluyó diferentes tipos de sustratos coralinos, así como un amplio gradiente de cobertura de coral, los resultados sugieren que aún es necesario incrementar el número de muestras a analizar (Villareal *et al.*, 2004).

Similar a otras investigaciones, donde más de la mitad de las especies de gasterópodos presentaron tallas < 5 mm (68 %) y < 3 mm (22 %) (Bouchet *et al.*, 2002), en este estudio, el 16,4 % de los individuos presentaron tallas pequeñas (< 5 mm), el 26 % muy pequeñas (< 3 mm) y el 13 % tallas extremadamente pequeñas (< 1 mm). No obstante, a pesar de su pequeño tamaño, los microgasterópodos desempeñan papeles esenciales en la diversidad y función de los ecosistemas marinos. Los microgasterópodos suelen ser hiperdiversos (Albano *et al.*, 2011), son una fuente importante de alimento para niveles tróficos superiores (Palacios-Narváez *et al.*, 2020) y poseen múltiples funciones ecológicas como ser sustrato para organismos sésiles (ej., esponjas y briozoos) (Stanski *et al.*, 2018). Además, sus conchas brindan

protección para otros organismos como cangrejos ermitaños juveniles que necesitan conchas de un tamaño reducido (Stanski *et al.*, 2018). De la misma manera, los microgasterópodos capturan plancton, reciclan detritos, pastorean algas y diatomeas y depredan a otros organismos (Sasaki, 2008).

La gran diversidad de presas consumidas por los microgasterópodos hace que sean un grupo importante en las redes tróficas marinas. En los arrecifes coralinos del PNN Gorgona, los microgasterópodos son en su mayoría herbívoros, detritívoros y depredadores, patrón que coincide con lo documentado para los hábitos alimenticios de los gasterópodos en otros arrecifes coralinos (Taylor, 1968; Barrientos-Lujan *et al.*, 2019). Las especies de microgasterópodos dominantes en este estudio (*A. vallei*, *Barleeia* sp.1, *R. morrocoyensis*, *B. bifasciata* y *A. lineofuscata*) se caracterizan en su mayoría por poseer hábitos detritívoros y herbívoros. Por ejemplo, *A. vallei* es conocida por habitar en sustratos colonizados por algas, debajo de rocas, piedras y en vegetación sumergida (Tunnell *et al.*, 2010). Las especies del género *Barleeia* se alimentan principalmente de algas filamentosas y diatomeas (Borja, 1986), mientras que para *R. morrocoyensis* también se ha documentado que tiene preferencias por sustratos duros con presencia de algas (Caballer *et al.*, 2014).

Además, entre las especies registradas, algunas poseen hábitos depredadores, ya que se alimentan principalmente de poliquetos y corales (*Coralliophila* sp.1), así como de esponjas (*Mastonia* cf. *millepunctata*). Especies del género *Coralliophila* han sido reportadas como dominantes en corales vivos en el Pacífico tropical de México (Barrientos-Lujan *et al.*, 2019), coincidiendo con la alta contribución a la densidad relativa encontrada en los sustratos vivos en los arrecifes del PNN Gorgona. En este estudio, los poliquetos fueron en general la presa potencial más común entre los depredadores, los cuales al igual que las esponjas son conocidos como grandes perforadores de la matriz arrecifal (Glynn y Manzello, 2015).

Debido a que la bioerosión debilita la estructura de los arrecifes y promueve la colonización de algas, bacterias y hongos en el sustrato desnudo, incentivando la bioerosión por parte de otros organismos (Glynn y Manzello, 2015), la depredación efectuada por los microgasterópodos hacia este tipo de invertebrados podría contribuir a regular la bioerosión de la estructura coralina. De igual forma, otros representantes de los microgasterópodos poseen funciones muy particulares en el ecosistema. Por ejemplo, *Hespererato scabriuscula* y *Meioceras nitidum* son especies muy sensibles a las perturbaciones y a los ambientes enriquecidos con material orgánico, razón por la cual se consideran como bioindicadoras (Borja *et al.*, 2000). Ambas especies se registraron en sustratos vivos del arrecife La Azufrada, sugiriendo que este arrecife se encuentra en buen estado de salud.

### Tipos de sustrato

En los arrecifes coralinos del PNN Gorgona, la riqueza de especies de los microgasterópodos fue mayor en los sustratos inertes y menor en los sustratos vivos, lo cual coincide con lo documentado para la criptofauna en arrecifes coralinos del POT (Enochs y Manzello, 2012b) y en otras regiones como el Mar de Java en el Océano Índico (Cleary *et al.*, 2016). Estos resultados sugieren que los microgasterópodos prosperan en diversidad y abundancia en el cascajo de coral, el cual representó el principal componente del sustrato inerte durante este estudio. La relación diversidad-sustrato puede deberse a la mayor heterogeneidad y complejidad espacial ofrecida por el cascajo de coral, donde cada superficie expuesta, así como la parte inferior de los pedazos del cascajo poseen un conjunto particular de variables biológicas, físicas y químicas (Sasaki, 2008).

En las cavidades y en las grietas del cascajo de coral se incrustan algas, fauna sésil y se acumulan sedimentos que normalmente son eliminados por los corales vivos (Sasaki, 2008). Además, según el arreglo multivariable que posea cada espacio (ej., bordes vs. interior del cascajo), este podría proveer microhábitats diferentes para los microgasterópodos, presentando variaciones en el porcentaje de luz solar, las corrientes de agua, la oxigenación y la acidez (Geiger *et al.*, 2007). En este estudio, el cascajo de coral de cada punto de muestreo se unió durante la recolección. Por lo tanto, se desconoce si variaciones en las características del cascajo (ej., tamaño de cada fragmento, tipo de algas asociadas) afectaron la riqueza y diversidad de la criptofauna. Debido a la importancia del cascajo de coral como hábitat para los microgasterópodos se sugiere que en futuros estudios en el PNN Gorgona se realice una caracterización más detallada de las variaciones del cascajo y de cómo estas variaciones afectan a la fauna asociada.

Considerando que un hábitat estructuralmente más diverso y heterogéneo incrementa la disponibilidad de nichos (Smith, 1982), la presencia de sustratos inertes y en particular de cascajo de coral en los arrecifes coralinos fomenta la diversidad en el ecosistema al permitir el asentamiento, colonización y refugio de diferentes especies, incluyendo los microgasterópodos (Enochs y Manzello, 2012b). En este sentido, el aumento en la variedad y disponibilidad de alimento, así como de refugio ofrecido por los sustratos inertes, se reflejó en un incremento de la diversidad y abundancia de los microgasterópodos. Posiblemente, el cascajo de coral favorece la ocupación de organismos con diferentes estrategias alimenticias que incluyen detritívoros, suspensívoros, filtradores, herbívoros y depredadores, lo cual también se ha documentado para otros grupos taxonómicos de la criptofauna (Preston y Doherty, 1994; Enoch y Manzello, 2012b). Los resultados de este estudio son consecuentes con la teoría de la heterogeneidad del hábitat, la cual afirma que los hábitats heterogéneos proporcionan una mayor cantidad de nichos y diversidad de formas de explotar los

recursos, fomentando así una mayor diversidad de especies (Connell, 1978).

#### **Gradiente de cobertura coralina**

Adicional a las diferencias en la diversidad y abundancia presentada por los microgasterópodos entre los sustratos coralinos inertes y vivos, la estructura de la comunidad también estuvo influenciada por las zonas del arrecife, caracterizadas en este estudio por el gradiente de cobertura coralina. En las zonas del arrecife donde el porcentaje de cobertura de coral es menor al 70 %, los microgasterópodos que habitan en los sustratos coralinos inertes presentaron las mayores densidades, pero también la menor riqueza de especies. En el arrecife La Azufrada, la cobertura de coral vivo presenta una relación inversa con el porcentaje de cobertura de las algas filamentosas y calcáreas (Zapata, 2017). Por lo tanto, las zonas del arrecife donde la cobertura coralina es baja a intermedia y donde a su vez la cobertura de algas es más alta, favorecieron mayores densidades de microgasterópodos, posiblemente debido a que proporcionan una mayor disponibilidad de alimento. No obstante, las zonas con baja cobertura de coral también favorecieron una mayor dominancia de unas pocas especies. Este resultado contrasta con lo documentado para el total de la criptofauna en otros arrecifes coralinos del POT, donde las zonas con baja cobertura de coral presentaron la mayor riqueza de especies (Enochs, 2012; Enoch y Manzello, 2012b). La diferencia entre estos resultados puede deberse a la talla mínima considerada para caracterizar la criptofauna por estos autores (> 2 mm). Por el contrario, las especies de microgasterópodos dominantes durante este estudio presentaron tallas menores a 2 mm (ej., *A. vallei* y *Barleeia* sp.1; Material suplementario 3), las cuales además mostraron mayores abundancias relativas en las zonas del arrecife con baja cobertura coralina.

Consecuente con este resultado, los cambios observados en la estructura de la comunidad de los microgasterópodos a lo largo del gradiente de cobertura coralina se debieron principalmente a variaciones en la densidad, más no en la composición general de las especies. En las zonas del arrecife donde el porcentaje de cobertura de coral es menor al 70 %, las especies dominantes como *A. vallei*, *Barleeia* sp.1, *R. morrocayensis*, *B. bifasciata* y *A. lineofuscata* presentaron una mayor densidad. Estas especies se caracterizan por ser principalmente de hábitos detritívoros y herbívoros, por lo que el pico en su densidad posiblemente se vio favorecido por una mayor disponibilidad de alimento (ej., algas filamentosas) en estas zonas del arrecife (Borja, 1986; Caballer *et al.*, 2014; Tunnell *et al.*, 2010). En contraste, en las zonas del arrecife donde la cobertura de coral es alta (> 70 %) se presentó un mayor número de especies, pero una densidad más baja. Posiblemente, la menor disponibilidad de algas en estas zonas del arrecife representó una disminución en la oferta de alimento para las especies detritívoras y herbívoras, pero favoreció un incremento en la densidad de especies depredadoras como *M. millepunctata* y *Seila assimolata*.



Por otra parte, en las zonas del arrecife donde la cobertura de coral vivo estuvo entre 30 y 70 %, los microgasterópodos presentaron densidades intermedias, mientras que la riqueza de especies fue alta, similar a la registrada en las zonas con cobertura alta (31 y 35 especies, respectivamente). Estas zonas del arrecife con niveles intermedios de cobertura de coral pueden considerarse como un ecotono (Walker *et al.*, 2003), ya que son hábitats que combinan colonias vivas, ramas de coral vivo rotas, esqueletos de coral blanqueado, colonias recién colonizadas por algas, algunas ramas medianamente degradadas y cascajo de coral (Enochs y Manzello, 2012a). La presencia de esta diversidad de sustratos permite la interacción, el intercambio y el movimiento de especies generalistas y especialistas a través del arreglo estructural (Walker *et al.*, 2003), lo cual pudo favorecer una mayor diversidad de microgasterópodos.

## CONCLUSIONES

El alto número de nuevos registros, así como de especies de microgasterópodos en los cuales sólo se recolectó uno o dos individuos, evidencian la alta diversidad de este grupo taxonómico en los arrecifes coralinos del PNN Gorgona. Igualmente, se destaca la importante función ecológica que desempeñan los microgasterópodos en las redes tróficas de los arrecifes coralinos, resaltando la necesidad de incrementar los esfuerzos de investigación hacia este grupo en particular y la fauna críptica en general en los arrecifes coralinos del POT. Los resultados también resaltan la importancia de la heterogeneidad del sustrato en los arrecifes coralinos para la estructura de la comunidad de los microgasterópodos, ya que zonas con alta cobertura coralina presentan alta diversidad, mientras que zonas con dominancia de cascajo de coral presentan alta densidad.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

Jeimy Andrea Pantoja-Cabarico: Identificación, análisis de datos, redacción, visualización. Bellineth Valencia: Conceptualización, investigación, adquisición de financiación, supervisión, revisión y edición. Juan Felipe Lazarus: Investigación, supervisión, revisión y edición.

## AGRADECIMIENTOS

A Stephania Palacios, Kevin Steven Mendoza, Juan José Gallego, Alejandro Perlaza y Juan Pablo Erazo por su ayuda durante la recolección de las muestras. A Parques Nacionales Naturales y a los funcionarios del PNN Gorgona, especialmente a Teo y Luis Payán, por su apoyo logístico en campo. Agradecemos especialmente a Stephania Palacios, María Alejandra Castillo, Santiago Castillo, Kevin Steven Mendoza, John Alexander Salazar y Valentina Orozco por su ayuda durante la separación de la criptofauna. Este proyecto de investigación fue financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología

e Innovación de Colombia (Convocatoria 811 de 2018) y la Universidad del Valle (CI 71188). Las muestras fueron recolectadas bajo el permiso de investigación No. 20192000038341.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresamos la ausencia de conflictos de interés.

## REFERENCIAS

- Albano, P. G., Sabelli, B. and Bouchet, P. (2011). The challenge of small and rare species in marine biodiversity surveys: Microgastropod diversity in a complex tropical coastal environment. *Biodiversity and Conservation*, 20(13), 3223–3237. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0117-x>
- Barrientos-Lujan, N. A., López-Pérez, A., Ríos-Jara, E., Ahumada-Sempoal, M. Á., Ortiz, M. and Rodríguez-Zaragoza, F. A. (2019). Ecological and functional diversity of gastropods associated with hermatypic corals of the Mexican tropical Pacific. *Marine Biodiversity*, 49(1), 193–205. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0780-6>
- Borja, A. (1986). Biología y ecología de tres especies de moluscos gasterópodos intermareales: *Rissoa parva*, *Barleeia unifasciata* y *Bittium reticulatum*. I: Estructura y dinámica de las poblaciones. *Cahiers de Biologie Marine*, 27, 491–507.
- Borja, A. (1987). Biología y ecología de tres especies de moluscos gasterópodos intermareales: *Rissoa parva*, *Barleeia unifasciata* y *Bittium reticulatum*. II: Crecimiento. *Cahiers de Biologie Marine*, 28, 351–360.
- Borja, A., Franco, J. and Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100–1114. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)
- Bouchet, P., Lozouet, P., Maestrati, P. and Heros, V. (2002). Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: Exceptionally high numbers of molluscs at a New Caledonia site. *Biological Journal of the Linnean Society*, 75(4), 421–436. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00052.x>
- Bouchet, P., Rocroi, J. P., Hausdorf, B., Kaim, A., Kano, Y., Nützel, A., Parkhaev, P., Schrödl, M. and Strong, E. E. (2017). Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families. *Malacologia*, 61(1–2), 1–526. <https://doi.org/10.4002/040.061.0201>
- Caballer, M., Ortea, J. and Redfern, C. (2014). On the genus *Rissoella* Gray, 1847 (gastropoda: Heterobranchia: Rissoellidae) in the Bahamas. *American Malacological Bulletin*, 32(1), 104–121. <https://doi.org/10.4003/006.032.0109>
- Campagnari, B. and Geiger, D. L. (2018). How many micromollusks are there? A case study on species richness in Hawai'i, with the description of a new species of *Murdochella* (Gastropoda: Epitoniiidae). *Nautilus*, 132(3–4), 83–90.



- Cleary, D. F. R., Polónia, A. R. M., Renema, W., Hoeksema, B. W., Rachello-Dolmen, P. G., Moolenbeek, R. G., Budiyo, A., Yahmantoro, Tuti, Y., Giyanto, Draisma, S. G. A., Prud'homme van Reine, W. F., Hariyanto, R., Gittenberger, A., Rikoh, M. S. and de Voogd, N. J. (2016). Variation in the composition of corals, fishes, sponges, echinoderms, ascidians, molluscs, foraminifera and macroalgae across a pronounced in-to-offshore environmental gradient in the Jakarta Bay-Thousand Islands coral reef complex. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 701–717. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.042>
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species for samples* (No. 9).
- Connell, J. H. (1978). Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, 199(4335), 1302–1310. <https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302>
- Díaz, J. M. y Puyana, M. (1994). *Moluscos del Caribe colombiano, un catálogo ilustrado*. Colciencias, Fundación Natura, Invenmar.
- Donnarumma, L., Sandulli, R., Appolloni, L., Sánchez-Lizaso, J. L. and Russo, G. F. (2018). Assessment of structural and functional diversity of mollusc assemblages within vermetid bioconstructions. *Diversity*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/d10030096>
- Enochs, I. C. (2012). Motile cryptofauna associated with live and dead coral substrates: Implications for coral mortality and framework erosion. *Marine Biology*, 159(4), 709–722. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1848-7>
- Enochs, I. C. and Manzello, D. P. (2012a). Responses of cryptofaunal species richness and trophic potential to coral reef habitat degradation. *Diversity*, 4(1), 94–104. <https://doi.org/10.3390/d4010094>
- Enochs, I. C. and Manzello, D. P. (2012b). Species richness of motile cryptofauna across a gradient of reef framework erosion. *Coral Reefs*, 31(3), 653–661. <https://doi.org/10.1007/s00338-012-0886-z>
- Enochs, I. C., Toth, L. T., Brandtneris, V. W., Afflerbach, J. C. and Manzello, D. P. (2011). Environmental determinants of motile cryptofauna on an eastern Pacific coral reef. *Marine Ecology Progress Series*, 438, 105–118. <https://doi.org/10.3354/meps09259>
- Geiger, D. L., Marshall, B. A., Ponder, W. F., Sasaki, T. and Warén, A. (2007). Techniques for collecting, handling, preparing, storing and examining small molluscan specimens. *Molluscan Research*, 27(1), 1–50. <https://doi.org/10.11646/mr.27.1.1>
- Glynn, P. W. and Manzello, D. P. (2015). Bioerosion and coral reef growth: A dynamic balance. In C. Birkeland (Ed.), *Coral Reefs in the Anthropocene* (pp. 1–271). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7249-5>
- Gotelli, N. J. and Chao, A. (2013). Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (Second ed., pp. 195–211). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00424-X>
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161.
- Kaiser, K. L. and Bryce, C. W. (2001). The recent molluscan marine fauna of Isla de Malpelo, Colombia. *The Festivus*, 33, 1–149.
- Kohler, K. E. and Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, 32(9), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>
- López de Mesa, L. Á. and Cantera, J. R. (2015). Marine mollusks of Bahía Málaga, Colombia (Tropical Eastern Pacific). *Check List*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.15560/11.1.1497>
- Marshall, B. A. (1983). A revision of the recent Triphoridae of southern Australia (Mollusca: Gastropoda). *Records of the Australian Museum, Supplement*, 2, 1–119. <https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.2.1983.102>
- Martínez-Chiappara, S. A., del Río, C. J. y Reichler, V. (1998). Moluscos marinos miocenos de la Argentina y de Uruguay. II: Clase Gastrópoda. *Anales de La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 15, 26–47.
- Middelfart, P., Kirkendale, L. and Bryce, C. (2020). Smaller molluscs from a multi-taxon survey (2012–2014) of the shallow marine environments of the tropical Kimberley region, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum, Supplement*, 85(1), 117. <https://doi.org/10.18195/issn.0313-122x.85.2020.117-183>
- MolluscaBase eds. (2024). *MolluscaBase*. Flanders Marine Institute. <https://www.molluscabase.org>
- Muñoz, C. G. and Zapata, F. A. (2013). *Plan de manejo de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano*. Parques Nacionales Naturales, WWF-Colombia.
- Oksanen, A. J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., Hara, R. B. O., Simpson, G. L., Solymos, P. and Stevens, M. H. H. (2020). Vegan: Community Ecology Package. In *R package version 2.5-3*. <http://mirror.bjtu.edu.cn/cran/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Ortigosa, D., Suárez-Mozo, N. Y., Barrera, N. C. and Simões, N. (2018). First survey of interstitial molluscs from Cayo Nuevo, Campeche Bank, Gulf of Mexico. *ZooKeys*, 779, 1–17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.778.24562>
- Palacios-Narváez, S., Valencia, B. and Giraldo, A. (2020). Diet of the coral hawkfish *Cirrhitichthys oxycephalus* (Family: Cirrhitidae) in a fringing coral reef of the Eastern Tropical Pacific. *Coral Reefs*, 39(6), 1503–1509. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-02007-4>

- Ponder, W. F. and Lindberg, D. R. (2008). Molluscan Evolution and Phylogeny: An Introduction. In W. F. Ponder (Ed.), *Phylogeny and Evolution of the Mollusca* (pp. 1–17). University of California Press. <https://doi.org/10.1525/california/9780520250925.003.0001>
- Preston, N. P. and Doherty, P. J. (1994). Cross-shelf patterns in the community structure of coral-dwelling Crustacea in the central region of the Great Barrier Reef. II. Cryptofauna. *Marine Ecology Progress Series*, 104(1–2), 27–38. <https://doi.org/10.3354/meps104027>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Reaka-Kudla, M. L. (1997). The global biodiversity of coral reefs: A comparison with rain forests. In M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson, and E. O. Wilson (Eds.), *Biodiversity II: Understanding and protecting our biological resources* (pp. 83–108). Joseph Henry Press. <https://doi.org/10.17226/4901>
- Reguero, M. y García-Cubas, A. (1991). Moluscos de la laguna de Camaronera, Veracruz: Sistemática y ecología. *Anales Del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología*, 5(1–2), 1–24.
- Richter, C., Wunsch, M., Rasheed, M., Kötter, I. and Badran, M. I. (2001). Endoscopic exploration of Red Sea coral reefs reveals dense populations of cavity-dwelling sponges. *Nature*, 413(6857), 726–730. <https://doi.org/10.1038/35099547>
- Sasaki, T. (2008). Micromolluscs in Japan: taxonomic composition, habitats, and future topics. *Zoosymposia*, 1, 147–232. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.1.1.12>
- Smith, E. P. (1982). Niche breadth, resource availability, and inference. *Ecology*, 63(6), 1675–1681. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1940109>
- Stanski, G., Ribeiro-Da Silva, A. and Leão-Castilho, A. (2018). Characterization of epibionts associated with gastropod shells inhabited by *Isocheles sawayai* (Crustacea: Decapoda: Anomura) on the north coast of Santa Catarina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 815–822. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2167>
- Taylor, J. D. (1968). Coral reef and associated invertebrate communities (mainly molluscan) around Mahe, Seychelles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 254(793), 129–206. <https://doi.org/10.1098/rstb.1968.0015>
- Taylor, J. D., Morris, N. J. and Taylor, C. N. (1980). Food specialisation and the evolution of predatory gastropods. *Palaeontology*, 23(2), 375–409.
- Tunnell, J. W. (1974). *Ecological and geographical distribution of Mollusca of Lobos and Enmedio Coral Reefs, southwestern Gulf of Mexico*. Texas A&M University.
- Tunnell, J. W., Andrews, J., Barrera, N. C. and Moretzsohn, F. (2010). *Encyclopedia of Texas Seashells Identification, Ecology, Distribution, and History*. Texas A&M University Press.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. (2004). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. In *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad* (pp. 189–190). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos, Alexander von Humboldt. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/HumboldtAnalisisDatos.pdf>
- Walker, S., Wilson, J. B., Steel, J. B., Rapson, G. L., Smith, B., King, W. M. G. and Cottam, Y. H. (2003). Properties of ecotones: Evidence from five ecotones objectively determined from a coastal vegetation gradient. *Journal of Vegetation Science*, 14(4), 579–590. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02185.x>
- Zapata, F. A. (2017). Temporal dynamics of coral and algal cover and their drivers on a coral reef of Gorgona Island, Colombia (Eastern Tropical Pacific). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(160), 298–310. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.486>



## MATERIAL SUPLEMENTARIO / SUPPLEMENTARY MATERIAL

### MATERIAL SUPLEMENTARIO 1.

Especies de microgasterópodos recolectadas en los arrecifes coralinos La Azufrada y El Muelle en el Parque Nacional Natural Gorgona. HA: Hábitos alimenticios, A: Depredadores, D: Detritívoros, E: Ectoparásitos, F: Filtradores, H: Herbívoros, O: Omnívoros, S: Suspensívoros, ND: No Disponible. Información obtenida de la familia (Fam) y género (Gen). Densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) según tipo de sustrato y arrecife en AI: La Azufrada Inerte (n = 60), AV: La Azufrada Vivo (n = 57), MI: El Muelle Inerte (n = 10), MV: El Muelle Vivo (n = 10).

| Orden/Familia  | Género/Especie   | HA                     | AI    | AV   | MI   | MV   | Principal fuente alimenticia                              |
|----------------|--|------------------------|-------|------|------|------|---|
| Lepetellida    | Lepetellida sp.  | H <sup>1</sup>         | 0,4   | -    | -    | -    | Algas   |
| Turbinidae     | <i>Uvanilla</i> aff. <i>babelis</i> (Fischer, 1874)              | D.H <sup>1</sup>       | 0,4   | -    | -    | -    | -   |
| Cerithiidae    | <i>Cerithium</i> sp.1 Bruguière, 1789                            | D.A <sup>3</sup>       | 0,6   | -    | -    | -    | -   |
|                | <i>Cerithium</i> sp.2 Bruguière, 1789                            | D.A <sup>3</sup>       | 0,4   | -    | -    | -    | -   |
|                | <i>Cerithium</i> sp.3 Bruguière, 1789                            | D.A <sup>3</sup>       | 0,2   | -    | 1,1  | -    | -   |
| Turritellidae  | <i>Vermicularia frisebryae</i> * McLean, 1970                    | S <sup>6</sup> Gen     | -     | -    | 1,1  | 12,8 | -   |
|                | <i>Vermicularia pellucida</i> (Broderip & Sowerby, 1829)         | S <sup>5,4</sup>       | 0,2   | 5,9  | -    | -    | -   |
| Hipponicidae   | Hipponicidae sp.   | D.H <sup>1</sup>       | 1,1   | -    | 1,1  | -    | -   |
| Naticidae      | <i>Polinices</i> sp. Montfort, 1810                              | A <sup>2</sup>         | -     | 2,4  | -    | -    | Gastrópodos, balanos, bivalvos, foraminíferos, ostrácodos |
| Triphoridae    | <i>Nanaphora</i> sp. Laseyron, 1958                              | A <sup>4</sup> Fam     | 0,4   | -    | -    | -    | Esponjas  |
|                | <i>Mastonia</i> cf. <i>millepunctata</i> * (Kosuge, 1962)        | A <sup>4</sup> Fam     | 3,1   | 1,5  | 4,4  | -    | -   |
|                | <i>Similiphora intermedia</i> * (Adams 1850)                     | A <sup>4</sup> Fam     | 0,2   | -    | -    | -    | -   |
| Cerithiopsidae | <i>Cerithiopsis</i> sp.1 Forbes & Hanley, 1850                   | A <sup>7</sup>         | 0,6   | -    | -    | -    | -   |
|                | <i>Cerithiopsis</i> sp.2 Forbes & Hanley, 1850                   | A <sup>7</sup>         | 0,4   | 1,4  | -    | -    | -   |
|                | <i>Seila</i> sp.1 Adams, 1861                                    | A.H <sup>4,3</sup> Fam | -     | -    | 6,7  | -    | Esponjas  |
|                | <i>Seila assimilata</i> (Adams, 1852)                            | A.H <sup>4,3</sup> Fam | 0,7   | -    | 7,8  | -    | -   |
|                | <i>Seila kanoni</i> * (de Folin, 1867)                           | A.H <sup>4,3</sup> Fam | 0,7   | -    | -    | -    | -   |
|                | <i>Seila crocea</i> * (Angas, 1871)                              | A.H <sup>4,3</sup> Fam | -     | -    | 1,1  | -    | -   |
| Rissoidae      | <i>Alvania monserratensis</i> * Baker, Hanna & Strong, 1930      | H <sup>7</sup> Gen     | 3,3   | -    | -    | -    | Algas   |
| Rissoellidae   | <i>Rissoella morrocoyensis</i> * Caballer, Ortea & Narciso, 2011 | D.H <sup>1</sup>       | 20,4  | -    | 20   | -    | -   |
| Barleeiidae    | <i>Barleeia</i> sp.1 Clark, 1853                                 | D.H <sup>1</sup>       | 129,8 | 20   | 21,1 | -    | Algas filamentosas, diatomeas <sup>8</sup>                |
|                | <i>Barleeia bifasciata</i> * (Carpenter, 1856)                   | D.H <sup>1</sup> Gen   | 9,3   | -    | 7,8  | 72,8 | -   |
| Rissoinidae    | Rissoinidae sp.  | D.H <sup>1,3</sup>     | -     | -    | -    | 14,6 | -   |
| Anabathridae   | <i>Amphithalamus vallei</i> * Aguayo & Jaume, 1947               | D.H <sup>1</sup>       | 228,3 | 10,5 | 10   | 14,6 | -   |
| Caecidae       | <i>Meioceras nitidum</i> * (Stimpson, 1851)                      | D.H <sup>1</sup>       | 0,2   | -    | -    | -    | -   |
| Vitrinellidae  | Vitrinellidae sp.  | D.H <sup>1</sup>       | 0,2   | -    | -    | -    | -   |
| Eulimidae      | <i>Hemiliostraca</i> sp. Pilsbry, 1917                           | E <sup>1</sup>         | 0,9   | -    | -    | -    | -   |
|                | <i>Melanella</i> cf. <i>hypselae</i> * (Verrill & Bush, 1900)    | E <sup>1</sup>         | -     | 2,2  | 5,6  | -    | -   |

Continúa

| Orden/Familia  | Género/Especie  | HA                   | AI  | AV  | MI  | MV   | Principal fuente alimenticia  |
|----------------|---|----------------------|-----|-----|-----|------|---|
| Calyptraeidae  | <i>Crepidula</i> sp. Lamarck, 1799  | H.F.S <sup>6</sup>   | -   | 2,4 | -   | -    | -   |
| Eratoidea      | <i>Hespererato scabriuscula</i> (Gray, 1832)                                  | A <sup>1</sup>       | 0,2 | -   | -   | -    | Ascidias  |
| Cystiscidae    | <i>Intercystiscus</i> cf. <i>rancholunensis</i> * Espinosa & Ortea, 2006      | A <sup>1</sup>       | 0,2 | -   | -   | -    | -   |
| Columbellidae  | <i>Anachis</i> sp. Adams & Adams, 1853  | A.H <sup>1,7</sup>   | -   | -   | 1,1 | -    | Poliquetos, crustáceos, ascidias, hidroides, algas, carroña <sup>2</sup>  |
|                | Columbellidae sp.1  | A.H <sup>1,2</sup>   | -   | -   | 1,1 | -    |   |
|                | Columbellidae sp.2  | A.H.D <sup>1,2</sup> | 0,2 | -   | -   | -    |   |
|                | <i>Columbella fuscata</i> Sowerby, 1832                                       | H <sup>1,7</sup>     | -   | 3,9 | 2,2 | -    |   |
|                | <i>Columbella haemastoma</i> Sowerby, 1832                                    | H <sup>1</sup>       | -   | -   | 1,1 | -    |   |
|                | <i>Falsuszafrona incerta</i> * (Stearns, 1892)                                | O.H.A <sup>5,1</sup> | -   | -   | 1,1 | -    |   |
|                | <i>Steironepion piperatum</i> * (Smith, 1882)                                 | A <sup>1</sup>       | -   | 1,7 | -   | 25,5 |   |
| Fasciolariidae | Fasciolariidae sp.1   | A.D <sup>2,1</sup>   | 0,2 | -   | 2,2 | 14,6 | Gastrópodos, bivalvos, poliquetos, cirripedios, carroña   |
|                | Fasciolariidae sp.2   | A.D <sup>2,1</sup>   | 0,2 | -   | -   | -    |   |
|                | Fasciolariidae sp.3   | A.D <sup>2,1</sup>   | -   | -   | -   | 1,1  | -   |
|                | <i>Leucozonia</i> sp. Gray, 1847  | A.D <sup>1,2</sup>   | 0,2 | -   | -   | -    |   |
| Pisaniidae     | <i>Engina maura</i> (Sowerby, 1832)   | A <sup>1</sup>       | 0,4 | -   | 1,1 | -    | -   |
|                | <i>Engina</i> cf. <i>pulchra</i> (Reeve, 1846)                                | A <sup>1</sup>       | -   | 0,8 | -   | -    |   |
|                | <i>Engina pyrostoma</i> * (Sowerby, 1832)                                     | A <sup>1</sup>       | -   | -   | 2,2 | 14,6 | -   |
| Pisaniidae     | <i>Engina tabogaensis</i> Bartsch, 1931                                       | A <sup>1</sup>       | 0,6 | 2   | 2,2 | -    | -   |
|                | <i>Gemophos</i> sp.1 Olsson & Harbison, 1953                                  | A <sup>1</sup>       | -   | -   | 1,1 | -    | -   |
|                | <i>Gemophos auritulus</i> * (Link, 1807)                                      | A <sup>1</sup>       | 0,2 | -   | -   | -    | -   |
| Muricidae      | <i>Coralliophila</i> sp.1 Adams & Adams, 1853                                 | A <sup>1</sup>       | 0,2 | 4,5 | 1,1 | 42,9 | Poliquetos, gastrópodos, bivalvos, cirripedios, sipuncúlidos, decápodos, equinodermos, ofiuroideos, braquiópodos, corales, carroña <sup>2</sup> |
|                | <i>Coralliophila parva</i> * (Smith, 1877)                                    | A <sup>1,6</sup>     | -   | -   | 2,2 | -    |   |
|                | <i>Favartia lappa</i> * (Broderip, 1833)                                      | A <sup>6,1</sup>     | -   | -   | -   | 12,8 |   |
|                | <i>Zetecopsis zeteki</i> (Hertlein & Strong, 1951)                            | A <sup>6,5</sup>     | 0,7 | 1,7 | 3,3 | 12,2 |   |
| Mitridae       | <i>Neotiara lens</i> (Wood, 1828)   | A <sup>6,1</sup>     | 0,2 | -   | -   | -    | Sipuncúlidos, gastrópodos   |
|                | <i>Pseudonebularia</i> cf. <i>kantori</i> * (Poppe, Tagaro & Salisbury, 2009) | A <sup>6,1</sup>     | -   | -   | 1,1 | -    |   |
| Conidae        | <i>Conus</i> sp.1 Linnaeus, 1758  | A <sup>6</sup>       | -   | -   | 1,1 | -    | Gastrópodos, poliquetos, bivalvos, peces  |
|                | <i>Conus nux</i> Broderip, 1833   | A <sup>5,6</sup>     | 0,4 | -   | 1,1 | -    |   |
| Mitromorphidae | <i>Mitromorpha carpenteri</i> * Glibert, 1954                                 | A <sup>5,1</sup>     | -   | -   | 1,1 | -    | -   |
| Raphitomidae   | <i>Microdaphne trichodes</i> * (Dall, 1919)                                   | A <sup>5,1</sup>     | -   | -   | 1,1 | -    | -   |
| Omalogyridae   | <i>Ammonicera lineofusca</i> * Rolán, 1992                                    | ND                   | 13  | -   | 10  | 12,8 | -   |

Continúa

| Orden/Familia  | Género/Especie                                | HA               | AI  | AV | MI | MV | Principal fuente alimenticia |
|----------------|---|------------------|-----|----|----|----|------------------------------|
| Pyramidellidae | <i>Pseudoscilla babylonia</i> * (Adams, 1845) | E <sup>6,1</sup> | 0,2 | -  | -  | -  | Bivalvos, poliquetos         |

\* Nuevo registro para el Parque Nacional Natural Gorgona.

Fuente: <sup>1</sup>MolluscaBase (2023); <sup>2</sup>Taylor *et al.* (1980); <sup>3</sup>Reguero y García-Cubas (1991); <sup>4</sup>Marshall (1983); <sup>5</sup>Enochs *et al.* (2011); <sup>6</sup>Martínez-Chiappara *et al.* (1998); <sup>7</sup>Donnarumma *et al.* (2018), <sup>8</sup>Borja (1987).

## MATERIAL SUPLEMENTARIO 2.

Resultados del análisis permutacional de la varianza (PERMANOVA) basado en la similitud de Bray-Curtis donde se compara la diversidad de los microgasterópodos en las tres categorías de coral vivo.

|            | df | Suma de cuadrados | R <sup>2</sup> | F    | Pr(>F) |
|------------|----|-------------------|----------------|------|--------|
| Categoría  | 2  | 1.30              | 0.10           | 2.27 | 0.012  |
| Residuales | 41 | 11.76             | 0.90           |      |        |
| Total      | 43 | 13.06             | 1.00           |      |        |

## MATERIAL SUPLEMENTARIO 3.

Imágenes de las seis especies de microgasterópodos más abundantes en los arrecifes coralinos La Azufrada y El Muelle, PNN Gorgona, Pacífico colombiano.

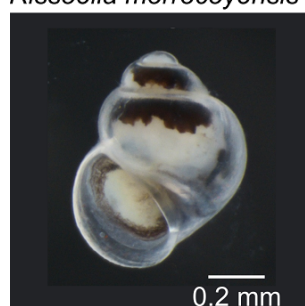
*Amphithalamus vallei*



*Barleeia* sp.1



*Rissoella morrococoyensis*



*Barleeia bifasciata*



*Ammonicera lineofusca*



*Mastonia* cf. *millepunctata*

