

**DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE DECÁPODOS ASOCIADOS A COLONIAS DE
CORAL DEL GÉNERO *Pocillopora* EN UN ARRECIFE DEL PACÍFICO TROPICAL
ORIENTAL**

Autor: Ashley Xilena Pérez Castaño

Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: ashley.perez@correounivalle.edu.co

Director: Fernando A. Zapata

Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia.

correo electrónico: fernando.zapata@correounivalle.edu.com

Co-directora: Bellineth Valencia

Centro Oceanográfico de Gijón, Gijón, España correo

electrónico: bellineth.valencia@correounivalle.edu.com

RESUMEN

Los arrecifes coralinos son ecosistemas altamente diversos y productivos que albergan más del 30% de las especies marinas, aunque ocupan menos del 0.1% del fondo oceánico. En estos ecosistemas, los decápodos desempeñan un papel importante, aunque su estudio en el Pacífico colombiano ha sido limitado. Este trabajo evaluó la composición, riqueza y abundancia de decápodos en tres zonas (interior o costera, media y exterior o hacia mar afuera) del arrecife de La Azufrada, en Isla Gorgona, Colombia. Se recolectaron 1726 individuos de 24 especies en 45 colonias, siendo la zona exterior la que presentó la mayor abundancia, seguida por la zona media e interior. El tamaño de las colonias estuvo significativamente relacionado con la riqueza de especies en la zona interior, pero no en las zonas media y exterior, lo que sugiere que otros factores ambientales influyen en estas últimas. La diversidad de especies de decápodos (Shannon-Wiener, Simpson y Equitabilidad de Buzas y Gibson) no presentó diferencias entre las tres zonas. Se aplicó un análisis de nMDS para evaluar la similitud entre las muestras, y un PERMANOVA para comparar las zonas mostró que las comunidades de las zonas interior y media son similares, mientras que existen diferencias significativas entre las zonas interior y exterior. Sugerimos que la zonación del arrecife, influenciada por la cobertura coralina y la disponibilidad de alimento, impacta la diversidad y distribución de las comunidades de decápodos. Estos resultados indican la necesidad de realizar estudios adicionales para comprender mejor los patrones de distribución y diversidad de los decápodos y su relación con el hábitat.

Palabras clave: Arrecife coralino, Pocillopora, Decapoda, diversidad, Isla Gorgona, zonación.

ABSTRACT

Coral reefs are highly diverse and productive ecosystems that host more than 30% of marine species, although they occupy less than 0.1% of the ocean floor. In these ecosystems, decapods play an important role, although their study in the Colombian Pacific has been limited. This work evaluated the composition, richness and abundance of decapods in three zones (inner or coastal, middle and outer or

offshore) of La Azufrada reef, Gorgona Island, Colombia. A total of 1726 individuals of 24 species were collected in 45 colonies, with the outer zone having the highest abundance, followed by the middle and inner zones. Colony size was significantly related to species richness in the inner zone, but not in the middle and outer zones, suggesting that other environmental factors influence the latter. Decapod species diversity (Shannon-Wiener, Simpson and Buzas and Gibson's equitability) did not differ among the three zones. An nMDS analysis was applied to evaluate the similarity between samples, and a PERMANOVA to compare the zones showed that the communities of the inner and middle zones are similar, while there are significant differences between the inner and outer zones. We suggest that reef zonation, influenced by coral cover and food availability, impacts community diversity and distribution. These results highlight the need for further studies to better understand patterns of decapod distribution and diversity and their relationship to habitat.

Keywords: Coral reef, Pocillopora, Decapoda, diversity, Gorgona Island, zonation.

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas más importantes del planeta debido a su alta diversidad y productividad (Sheppard et al. 2018). Aunque ocupan menos del 0,1% del fondo oceánico (Charette & Smith, 2010; Lyons et al., 2024), los arrecifes coralinos albergan aproximadamente el 32% de las especies marinas (Fisher et al., 2015). Sin embargo, estos ecosistemas son extremadamente vulnerables a perturbaciones antropogénicas como la sobrepesca, el cambio climático y el desarrollo costero (Salas-Moya et al., 2021). La biodiversidad de los arrecifes no se limita a organismos carismáticos como peces arrecifales y corales escleractínios, sino que incluye a la criptofauna, organismos que habitan en los intersticios y cavidades del arrecife y que contribuye significativamente a su diversidad (Enochs, 2012; Pisapia et al., 2020; Salas-Moya et al., 2021).

Los corales del género *Pocillopora* son reconocidos como importantes constructores de arrecifes debido a su compleja arquitectura ramificada, que incrementa la heterogeneidad del ecosistema al crear múltiples espacios de nicho disponibles para una gran diversidad de organismos (Cox, Woods and Reimchen, 2021). Estas estructuras no solo ofrecen refugio, sino también recursos alimenticios, como el mucus de coral, el cual beneficia a numerosas especies que usualmente pueden tener una relación simbiótica con el coral hospedero (Pisapia et al., 2020).

Trabajo de Grado – Biología (3140) - 2025

Entre los habitantes de la comunidad arrecifal se destacan los crustáceos decápodos, los cuales desempeñan un papel crucial en el mantenimiento del coral y por extensión, del ecosistema. Por ejemplo, algunos cangrejos de la familia Trapeziidae y camarones de la familia Alpheidae incrementan la supervivencia y el crecimiento de *Pocillopora* spp. al defender las colonias de depredadores como estrellas de mar coralívoras, limpiar sedimentos y reducir los efectos negativos de caracoles verméticos (Glynn, 1980, 1983; McKeon et al., 2012; Pisapia et al., 2020). Estas relaciones simbióticas convierten a los decápodos en especies “mantenedoras del hábitat”, esenciales para garantizar la persistencia de *Pocillopora* spp., un género de corales considerados como “formadores de hábitat” y que sustentan a una amplia variedad de organismos en los arrecifes (Leray et al., 2012), y son los principales constructores de arrecifes coralinos en el Pacífico Tropical Oriental (Glynn et al., 2017).

En el Pacífico Tropical Oriental, las investigaciones sobre decápodos asociados a corales del género *Pocillopora* se han centrado principalmente en describir las especies simbioses y sus relaciones ecológicas. Abele (1974, 1976) y Abele y Patton (1976) evaluaron la distribución y abundancia de estas comunidades en Panamá, destacando cómo las diferentes características del hábitat influyen en su estructura. Gotelli, Gilchrist y Abele (1985) exploraron las variaciones espaciales en la composición de las comunidades de decápodos en *Pocillopora* spp. en el Golfo de Chiriquí, Panamá. En el Pacífico Colombiano, Castro (2016) profundizó en los factores ambientales y físicos que afectan a las comunidades de decápodos de *Pocillopora*, haciendo énfasis en la manera en que la complejidad estructural y el tamaño de los corales determinan la composición y abundancia de especies en los arrecifes de Gorgona. Además, Von Prah, Guhl y Grógl (1978) estudiaron las asociaciones de los crustáceos decápodos con los corales *Pocillopora* en Gorgona, documentando su distribución y la influencia de los factores ambientales en la estructura de las comunidades. A pesar de estos avances, los estudios sobre las variaciones espaciales en las comunidades de decápodos en los arrecifes del Pacífico colombiano siguen siendo limitados.

Aunque la estructura interna y recursos ofrecidos por las colonias de los corales del género *Pocillopora* pueden ser similares en un gradiente de la costa hacia mar afuera, disponibilidad de alimento, microhábitats,

tamaño de la colonia (Abele, 1974, 1976; Abele and Patton, 1976). Estas diferencias en el flujo de agua, turbidez y nutrientes pueden influir en la interacción entre los crustáceos decápodos y los corales que habitan, afectando la abundancia y diversidad de estas comunidades a lo largo del gradiente. Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar las diferencias en la composición, riqueza y abundancia de las comunidades de decápodos en la zona interior (costera), media y exterior (hacia mar afuera) del arrecife La Azufrada, en Isla Gorgona. Los resultados encontrados contribuyen al conocimiento de la ecología de las comunidades de decápodos en los arrecifes coralinos del Pacífico colombiano, ampliando la comprensión sobre su distribución y el papel que desempeñan en la estructura de estos importantes ecosistemas. En particular, examina si las condiciones del macrohábitat afectan la estructura y composición de las comunidades de decápodos que habitan en el interior de las colonias del coral *Pocillopora*.

METODOLOGÍA

Área de estudio: El Parque Nacional Natural Gorgona (2°55'45"- 3°00'55"N, 78°09'-78°14'30"W), ubicado en el Pacífico colombiano, presenta una extensión de 616.8 km² e incluye la Isla Gorgona, de origen volcánico, constituida por rocas extrusivas e intrusivas (Serrano et al., 2011), y cuenta con una gran variedad de ambientes marinos como arrecifes de coral, playas de arena y costas rocosas (Díaz *et al.*, 2001). Isla Gorgona tiene un clima de selva tropical húmeda con una humedad relativa del 90% y una temperatura media del aire de 26°C (Díaz *et al.*, 2001).

El estudio se llevó a cabo en el arrecife coralino de La Azufrada, el cual es el arrecife más grande de la isla, con una longitud aproximada de 780 m, un ancho que varía entre 80 y 180 m y un área de 9.2 ha (Mejía-Rentería et al., 2024). El arrecife está dominado por corales que pertenecen principalmente a la familia Pocilloporidae, aunque también se encuentran géneros de otras familias como *Psammocora*, *Pavona*, *Porites* y *Gardineroseris* (Zapata and Vargas-Ángel, 2003).

Diseño del muestreo

Para caracterizar la comunidad de decápodos asociados a los corales vivos de *Pocillopora* spp. se recolectaron 45 colonias durante septiembre de 2019 en diferentes zonas del arrecife de La Azufrada. Los puntos de muestreo fueron distribuidos de forma aleatoria, con un mayor número de puntos en la planicie arrecifal, que es la zona más extensa. Para la recolección de cada colonia seleccionada, el coral fue cubierto con una bolsa zip-lock, seguida de una bolsa de malla (ojo de malla: 1 x 2 cm) y sellada bajo el agua para su extracción. Una vez en tierra, cada colonia se fotografió verticalmente desde arriba y se colocó en una bandeja plástica con agua de mar para facilitar la extracción de los organismos asociados.

Identificación de los macroinvertebrados

La extracción de los macroinvertebrados asociados a las colonias se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase, los organismos más visibles fueron recolectados manualmente con el uso de pinzas. En la segunda fase, el agua fue filtrada mediante un tamiz de 500 μm para capturar individuos de menor tamaño, los cuales se preservaron en etanol al 96 %. Todas las muestras fueron almacenadas en el Laboratorio de Ecología Animal de la Universidad del Valle (Cali, Colombia) para su posterior procesamiento. Los individuos se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible siguiendo claves (Moscoso, 2013) y guías de identificación (Kim and Abele, 1988; Wicksten and Hernández, 2000; Carbajal-Enzian and Santamaría, 2017).

Clasificación de las zonas

Las colonias recolectadas se distribuyeron en tres zonas del arrecife (interna, media y externa) utilizando los datos de geoposicionamiento tomados con un GPS para cada colonia. Las zonas se determinaron midiendo el arrecife desde el extremo interno (costero) al extremo externo y dividiendo las zonas en tres partes iguales. En total se incluyeron 15 colonias en la zona interna, 16 en la zona media y 14 en la zona externa, sumando 45 colonias (Fig. 1).

Estimación del volumen de las colonias

Para las colonias muestreadas, se disponía únicamente de los datos de área estimados con base en la foto vertical tomada en campo, por lo que fue necesario predecir el volumen interno (espacio entre ramas) utilizando una regresión bivariada basada en datos adicionales. Para ello se tomaron mediciones de 20 colonias de *Pocillopora* spp. del museo de corales de la Universidad del Valle. El área se calculó con base en una foto vertical de cada colonia y el programa ImageJ (Rasband, W.S, 1997), mientras que el volumen se estimó usando el método de desplazamiento de agua. Este método consistió en utilizar una bandeja previamente marcada cada 0,25 litros; las colonias se introducían en la bandeja llena de agua y se registraba el volumen desplazado. Posteriormente, la colonia era completamente cubierta con envoltura plástica, se reintroducía en la bandeja, y se medía el nuevo volumen desplazado. La diferencia entre ambos valores correspondía al volumen entre las ramas de las colonias. A partir de estos datos se generó una gráfica de área (X) versus volumen entre ramas (Y), y se realizó una regresión bivariada utilizando el software PAST para evaluar la relación entre ambas variables (Fig. 2). La ecuación de regresión obtenida fue:

$$\text{Volumen entre ramas (L)} = 47.56 + 7.51 * \text{Área (cm}^2\text{)}$$

Esta relación entre el área y el volumen de las colonias de *Pocillopora* spp. fue moderadamente fuerte y significativa ($R^2 = 0.76$, $p = 5.47e-07$) y se utilizó para predecir el volumen entre ramas de las colonias muestreadas con base en el área.

Análisis de los resultados

Se analizó la relación entre el volumen estimado de las colonias y la abundancia total y riqueza de especies por colonia. Se realizó un (GLM) con distribución de Poisson para determinar si existían diferencias significativas entre las zonas tanto la riqueza de especies como la abundancia total, examinando la presencia de sobredispersión en los datos. En el caso de la abundancia, al detectarse sobredispersión, se ajustó un modelo alternativo con distribución binomial negativa.

Trabajo de Grado – Biología (3140) - 2025

Para evaluar las diferencias en la composición y abundancia de las especies de decápodos entre las tres zonas del arrecife (interna, media y externa) se calcularon índices de diversidad (Shannon-Wiener), Dominancia (Simpson) y equitabilidad (Equitabilidad de Buzas y Gibson) para cada una de las colonias y se realizó un ANOVA para determinar si existían diferencias significativas entre las zonas en cada uno de los índices.

Para examinar la similitud en la composición y abundancia de las especies entre las colonias de las tres zonas se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) empleando la medida de disimilitud de Bray Curtis con el Software Past 4.13. Además, se realizó un análisis multivariado de varianza por permutaciones (PERMANOVA) para evaluar las diferencias entre las comunidades de decápodos en función de las zonas.

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de especies

En las 45 colonias de *Pocillopora* analizadas del arrecife La Azufrada se recolectaron 1726 individuos y se identificaron 24 especies de decápodos agrupadas en 10 familias, un 37.5% de las especies solo se encontraron en un único registro. La familia Palaemonidae se destacó como la familia que presentó el mayor número de especies ($n = 5$) y de individuos, representando el 78.12% del total de los individuos recolectados (Tabla 1). En términos de la riqueza de especies, la zona interior presentó 18 especies, mientras que la exterior y la media registraron 17 y 15 especies, respectivamente. Del total de decápodos, la abundancia promedio más alta se observó en la zona exterior, seguida por la media y la interior (Fig. 3). Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas tanto en la abundancia total como en la riqueza de especies entre la zona interior y la zona exterior (GLM, $p = 0.0201$; GLM.NB, $p < 2e-16$), aunque no se observaron diferencias significativas en las demás comparaciones.

La especie más abundante en todas las zonas fue *Fennera chacei* (Holthuis, 1951), presente en todas las colonias muestreadas y representando el 73.98% de la abundancia total. Además, constituyó más de la

mitad de los individuos en cada zona. Otras especies destacadas en términos de abundancia y ocurrencia fueron *Alpheus lottini* (Guérin, 1829), con una frecuencia del 97.7% en las colonias, y *Trapezia corallina* (Gerstaecker, 1856), con una frecuencia del 86.6%. Aunque menos abundantes, especies como *Harpiliopsis depressa* (Stimpson, 1860) (66.6%), *Teleophrys cristulipes* (Stimpson, 1860) (57.7%) y *Trapezia bidentata* (Forskål, 1775) (46.6%) estuvieron consistentemente presentes en las tres zonas. En contraste, especies como *Leptalpheus* spp., *Palaemonidae* spp. y *Xanthidae* spp. se observaron únicamente en una ocasión.

Riqueza y abundancia en función del espacio interno de la colonia

El volumen promedio predicho de las colonias fue de 690.80 cm³ ($\pm$ 381.39 desviación estándar) para la zona interior, 614.03 cm³ ($\pm$ 210.70 desviación estándar) para la zona media y 526.45 cm³ ($\pm$ 176.31 desviación estándar) para la zona exterior. El volumen interno (espacio entre ramas) de la colonia no mostró una relación significativa con la riqueza de especies ni la abundancia total de individuos por colonia en las zonas media ($n = 16$, $r = 0.21$, $p = 0.46$ y $r = 0.14$, $p = 0.96$, respectivamente) y exterior ($n = 14$, $r = -0.06$, $p = 0.84$ y $r = 0.08$, $p = 0.76$, respectivamente). Sin embargo, en la zona interior, se encontró una relación significativa entre el tamaño de la colonia y la riqueza de especies ($n = 15$, $r = 0.51$, $p = 0.04$), aunque no con la abundancia total de individuos ($n = 15$, $r = 0.26$, $p = 0.33$; Fig. 6).

Diversidad de decápodos en las diferentes zonas

Los valores promedio del índice de diversidad de Shannon-Wiener indican que la zona media presentó la mayor diversidad en comparación con las otras zonas. La zona interior mostró una diversidad moderada, mientras que la zona exterior presentó la menor diversidad (Fig. 4). Para el promedio del índice de dominancia de Simpson, la zona interior refleja una menor cantidad relativa de especies dominantes, con una distribución de abundancias más homogénea entre las especies, lo cual se corresponde con los valores más altos del promedio de equitabilidad observados en esta zona. La zona media presenta valores de

dominancia ligeramente más altos, con cierta variabilidad entre los sitios. En contraste, la zona exterior muestra la mayor dominancia entre las tres zonas (Fig. 4).

El índice de equitabilidad refleja una alta equidad en la distribución de las especies en la zona interior. La zona media presenta una equidad intermedia, pero con mayor variabilidad. Por otro lado, la zona exterior muestra la menor equidad, evidenciando una distribución más desigual de las abundancias (Fig. 4). Sin embargo, los índices de Shannon-Wiener (ANOVA, $F = 0.86$, $p = 0.43$), de dominancia de Simpson (ANOVA, $F = 1.57$, $p = 0.22$) y Equitabilidad (ANOVA, $F = 1.61$, $p = 0.21$) no mostraron diferencias significativas en la diversidad de las comunidades de decápodos entre las zonas estudiadas.

Estructura de la comunidad

El análisis de NMDS basado en el índice de disimilitud de Bray-Curtis mostró que las muestras en las tres zonas del arrecife (interior, media y exterior) se encuentran ampliamente superpuestas en el espacio de ordenación, lo que sugiere una alta similitud en la composición y abundancia de especies entre ellas (Fig. 5, estrés = 0.1062). Por otro lado, el análisis de PERMANOVA reveló diferencias significativas en la estructura de la comunidad de decápodos entre las zonas. En particular, las zonas interior y exterior fueron significativamente diferentes ($F = 1.72$, $p = 0.04$), indicando que estas comunidades son diferentes. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre la zona interior y la zona media ($F = 1.72$, $p = 0.15$), ni entre la zona media y la exterior ($F = 1.72$, $p = 0.42$), lo que sugiere una mayor similitud en la estructura de las comunidades en estas dos últimas zonas.

DISCUSIÓN

Riqueza y abundancia de especies

Entre las especies más abundantes en las tres zonas muestreadas se destacan los camarones *Fennera chacei*, *Alpheus lottini* y *Harpiliopsis depressa*, así como los cangrejos *Trapezia corallina*, *T. bidentata* y *Teleophrys cristulipes*. Las primeras cinco especies son reconocidas como simbiositos obligados del coral *Pocillopora* spp. (Von Prahl et al., 1978; Alvarado & Vargas-Castillo, 2012; Castro, 2016), mientras que *T.*

crisulipes puede asociarse tanto a colonias vivas como a sustrato coralino muerto (Gotelli et al., 1985). La alta abundancia de estas especies concuerda con registros previos en arrecifes de Isla Gorgona, donde han sido identificadas como componentes clave de las comunidades de decápodos en *Pocillopora* spp. (Von Prah et al., 1978; Castro, 2016).

Los camarones alfeidos y los cangrejos de la familia Trapeziidae dependen en gran medida de los corales vivos, exhibiendo patrones altamente específicos de asociación con el coral (Stella et al., 2010; Pisapia et al., 2020). Estas especies especializadas requieren del tejido vivo del coral para su alimentación y refugio, lo que las hace más vulnerables a cambios en la disponibilidad de hábitat (Stella et al., 2010; Pisapia et al., 2020). En contraste, los cangrejos de la familia Xanthidae y otros decápodos generalistas, aunque pueden ser abundantes en colonias sin mortalidad parcial, presentan una ocupación más flexible y oportunista del coral, dependiendo en menor medida de la presencia de tejido vivo para su persistencia en el arrecife (Stella et al., 2010; Stella et al., 2011; Pisapia et al., 2020). Esta menor dependencia del coral vivo podría explicar por qué los cangrejos de la familia Xanthidae y otros decápodos generalistas fueron registrados en menor abundancia en las colonias muestreadas, ya que su distribución puede extenderse a otros hábitats dentro del arrecife, como grietas en el sustrato o colonias de coral muerto.

Entre todas las especies, *Fennera chacei* fue la más abundante, representando el 73.98% del total de individuos recolectados y estando presente en el 100% de las colonias analizadas. Este patrón de dominancia es consistente con estudios previos, donde se ha reportado que las poblaciones de *F. chacei* pueden alcanzar hasta 49 individuos por colonia de *Pocillopora* (Gotelli et al., 1985) (Citar otros estudios relevantes). Su notable abundancia podría explicarse por diversas adaptaciones, incluyendo su pequeño tamaño (4-6 mm de longitud; Gotelli et al., 1985), hábitos crípticos dentro de las ramas del coral y una coloración translúcida con manchas rojas y amarillas, lo que probablemente reduce su vulnerabilidad a la depredación y favorece su éxito poblacional (Bauer, 2023).

Riqueza y abundancia en función del espacio interno de la colonia

Las especies de decápodos asociadas a corales responden de manera diferenciada a cambios en el hábitat, dependiendo de su especialización ecológica y sus requerimientos específicos de refugio y alimentación (Stella et al., 2010; Pisapia et al., 2020). En general, se espera que ambientes estructuralmente más complejos soporten una mayor diversidad de especies (Tews et al., 2004). En este estudio, se observaron diferencias significativas en la riqueza de especies entre la zona interior y la exterior, mientras que la zona media no presentó diferencias claras con las otras dos.

Estudios previos han demostrado que colonias más grandes pueden albergar una mayor cantidad de especies; por ejemplo, Abele & Patton (1976) reportaron hasta 22 especies en colonias de 22,500 cm³, mientras que colonias de 960 cm³ solo albergaban tres especies. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que la relación entre volumen y riqueza no es uniforme en todas las zonas. Aunque las colonias en la zona interior presentan un mayor volumen promedio que las de la zona exterior, otros factores pueden estar influyendo en la riqueza de especies, como la estabilidad del hábitat y la competencia intra e interespecífica (Rosenzweig, 1991; Stella et al., 2011).

Por otro lado, la ausencia de una relación significativa entre el volumen de la colonia y la riqueza de especies en la zona media y exterior sugiere que la estructura del coral y las interacciones entre especies pueden desempeñar un papel más importante que el volumen por sí solo (Pisapia et al., 2020). Se ha demostrado que la competencia por refugios y recursos puede limitar la diversidad dentro de colonias coralinas, independientemente de su tamaño (Gotelli, Gilchrist & Abele, 1985). En este estudio, se encontró que el volumen de la colonia solo explicaba el 6% de la variabilidad en la abundancia de *Fennera chacei*, lo que indica que otros factores ecológicos están influyendo en su distribución.

Diversidad de decápodos en las diferentes zonas y estructura de la comunidad

Más allá del volumen de las colonias, otros factores ecológicos podrían estar modelando la estructura de las comunidades de decápodos en el arrecife. La zonación del arrecife de La Azufrada y la variabilidad en la cobertura coralina pueden jugar un papel clave en la composición de especies en cada zona. Existen diferentes factores que pueden influir en los patrones de las comunidades de decápodos en los arrecifes, como la depredación, la disponibilidad de alimento, los microhábitats y, en ciertos contextos, el tamaño de las colonias. En los arrecifes de Isla Gorgona, el patrón de zonación del arrecife de La Azufrada presenta variaciones significativas en la cobertura coralina (Zapata and Vargas-Ángel, 2003). En las áreas cercanas a la costa, la cobertura coralina es baja y dispersa (Zapata and Vargas-Ángel, 2003). A medida que se avanza hacia la planicie arrecifal, la cobertura coralina aumenta considerablemente, alcanzando hasta un 70%, mientras que en la cresta, la cobertura de *Pocillopora* spp. es aún mayor, oscilando entre el 80% y el 90% (Zapata and Vargas-Ángel, 2003). Este gradiente ambiental convierte a la planicie arrecifal en una zona de transición, lo que explica la ausencia de diferencias significativas en la estructura de las comunidades de decápodos entre la zona media y las otras dos.

En cuanto a la disponibilidad de alimento, las comunidades de decápodos pueden variar dependiendo de la presencia de coral vivo, debido a que la mortalidad parcial de los corales permite la colonización de los esqueletos muertos por algas (Leray, Béraud and Anker, 2012), creando un hábitat mixto que favorece una mayor diversidad de especies, tanto obligadas como no obligadas al coral (Leray, Béraud and Anker, 2012). Aunque el promedio de la riqueza de especies no mostró la tendencia esperada, el índice de diversidad de Shannon-Wiener sí varió de manera consistente con la hipótesis de que la presencia de coral muerto puede favorecer una mayor diversidad de especies.

Este patrón de zonación y la disponibilidad de coral vivo podrían explicar las diferencias observadas en la estructura de las comunidades de decápodos entre la zona interior y la exterior. La zona interior, con una cobertura coralina baja y dispersa, presenta condiciones que podrían ser más adecuadas para especies

Trabajo de Grado – Biología (3140) - 2025

menos dependientes del coral vivo, mientras que la zona exterior, con una mayor cobertura coralina, parece favorecer a las especies simbióticas del coral o aquellas que requieren mayor protección de depredadores (Palacios-Narváez, Valencia and Giraldo, 2020).

Las comunidades de decápodos en el arrecife La Azufrada presentan variaciones significativas entre las zonas interior y exterior, con mayor abundancia en la zona exterior, especialmente de *Fennera chacei*, pero con una menor abundancia en la zona interior debido a las condiciones ambientales. La zonación del arrecife, influenciada por factores como la cobertura coralina, la disponibilidad de alimento y el tamaño de las colonias pueden afectar la diversidad y distribución de las comunidades. Aunque el tamaño de las colonias de coral tiene un impacto en la riqueza de especies en la zona interior, donde las colonias más grandes favorecen una mayor diversidad, en las zonas exterior y media no se observó una relación significativa entre el tamaño de las colonias y la abundancia o riqueza de especies. Estos hallazgos subrayan la importancia de realizar estudios adicionales para identificar las condiciones que afectan los patrones en la comunidad de decápodos y su relación con las características del hábitat.

AGRADECIMIENTOS

Debo dar las gracias a la Universidad del Valle, donde encontré personas maravillosas que contribuyeron a mi crecimiento personal y académico. En especial, al profesor Fernando Zapata, quien me dio la oportunidad de bucear y fue un tutor invaluable en este proyecto. A Bellineth Valencia, por abrirme las puertas de su investigación y ayudarme a alcanzar este logro. También agradezco a las niñas de la oficina de Oceanografía y al profesor Alan Giraldo, quienes hicieron este proceso más ameno con su apoyo y aliento. A mis amigas, por su constante motivación, y a mis amigos, por creer siempre en mí. Finalmente, a mi abuela, mis padres y mis hermanas, cuyo respaldo incondicional hizo posible este trabajo.

LITERATURA CITADA

Abele, L.G. (1974) 'Species Diversity of Decapod Crustaceans in Marine Habitats', *Ecology*, 55(1), pp. 156–161. Available at: <https://doi.org/10.2307/193462>..

Trabajo de Grado – Biología (3140) - 2025

- Abele, L.G. (1976) 'Comparative species richness in fluctuating and constant environments: coral-associated decapod crustaceans', *Science (New York, N.Y.)*, 192(4238), pp. 461–463. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.192.4238.46>.
- Abele, L.G. and Patton, W.K. (1976) 'The Size of Coral Heads and the Community Biology of Associated Decapod Crustaceans', *Journal of Biogeography*, 3(1), pp. 35–47. Available at: <https://doi.org/10.2307/303809>.
- Alvarado, J.J. and Vargas-Castillo, R. (2012) 'Invertebrates associated with the reef-building coral *Pocillopora damicornis* at Playa Blanca, Bahía Culebra, Costa Rica', *Revista de Biología Tropical*, 60, pp. 77–92. Available at: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000600005
- Bauer, R.T. (2023) 'Symbioses', in R.T. Bauer (ed.) *Shrimps: Their Diversity, Intriguing Adaptations and Varied Lifestyles*. Cham: Springer International Publishing, pp. 515–581. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20966-6_1.
- Carbajal Enzian, P. and Santamaría, J. (2017) 'Guía ilustrada para reconocimiento de crustáceos braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú', *Instituto del Mar del Perú - IMARPE* [Preprint]. Available at: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3202> (Accessed: 11 July 2023).
- Castro, P. (2016) 'Notes on the Symbiotic Decapod Crustaceans from Gorgona Island, Colombia, With a Revision of the Eastern Pacific Species of *Trapezia* (Brachyura: Xanth', *Bulletin of Marine and Coastal Research*, 12. Available at: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.1982.12.0.49>.
- Charette, M.A. y W.H.F. Smith. 2010. The volume of earth's ocean. *Oceanography* 23:112-114.
- Available at: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.51>
- Cox, K.D., Woods, M.B. and Reimchen, T.E. (2021) 'Regional heterogeneity in coral species richness and hue reveals novel global predictors of reef fish intra-family diversity', *Scientific Reports*, 11(1), p. 18275. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97862->.
- Díaz, J., Pinzón C., J., Perdomo, A., María, L. and López-Victoria, M. (2001) 'Generalidades (Gorgona marina)', in, pp. 17–26. Available at: <https://repositorio.invemar.org.co/handle/20.500.12252/345>
- Enochs, I.C. (2012) 'Motile cryptofauna associated with live and dead coral substrates: implications for coral mortality and framework erosion', *Marine Biology*, 159(4), pp. 709–722. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1848->.
- Fisher, R., O'Leary, R.A., Low-Choy, S., Mengersen, K., Knowlton, N., Brainard, R.E. and Caley, M.J., 2015. Species richness on coral reefs and the pursuit of convergent global estimates. *Current Biology*, 25(4), pp.500-505. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.12.022>
- Glynn, P.W., 1980. Defense by symbiotic crustacea of host corals elicited by chemical cues from predator. *Oecologia*, 47(3), pp.287-290. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF00398518>.

- Glynn PW (1983) Increased survivorship in coral harboring crustacean symbionts. *Mar Biol Lett* 4:105–111. Available at: <https://research.nhm.org/publications/referenceinfo.html?refid=1397>
- Glynn, P.W., Manzello, D.P. and Enochs, I.C. eds., 2017. Coral reefs of the eastern tropical Pacific: Persistence and loss in a dynamic environment (Coral Reefs of the World Vol. 8). Dordrecht, The Netherlands: Springer. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4>.
- Gotelli, N., Gilchrist, S. and Abele, L. (1985) 'Population biology of *Trapezia* spp. And other coral-associated decapods', *Marine Ecology Progress Series*, 21, pp. 89–98. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps02108>.
- Kim, W. and Abele, L.G. (1988) 'The snapping shrimp genus *Alpheus* from the eastern Pacific (Decapoda, Caridea, Alpheidae)'. Available at: <https://repository.si.edu/xmlui/handle/10088/5122> (Accessed: 22 December 2024).
- Leray, M., Béraud, M., Anker, A., Chancerelle, Y. and Mills, S.C. (2012) 'Acanthaster planci Outbreak: Decline in Coral Health, Coral Size Structure Modification and Consequences for Obligate Decapod Assemblages', *PLOS ONE*, 7(4), p. e35456. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.003545>
- Lyons, M.B., Murray, N.J., Kennedy, E.V., Kovacs, E.M., Castro-Sanguino, C., Phinn, S.R., Acevedo, R.B., Alvarez, A.O., Say, C., Tudman, P. and Markey, K., 2024. New global area estimates for coral reefs from high-resolution mapping. *Cell Reports Sustainability*, 1(2):100015. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100015>
- McKeon, C.S., Stier, A.C., McIlroy, S.E. and Bolker, B.M., 2012. Multiple defender effects: synergistic coral defense by mutualist crustaceans. *Oecologia*, 169, pp.1095-1103. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2275-2>
- Mejía-Rentería, J.C., Cantera-Kintz, J.R. y Zapata, F.A., 2024. High-resolution imagery of the coral reefs of Gorgona Island, Colombian Pacific Ocean: an improved view for monitoring and research. *Bulletin of Marine Science* 100:471-481. Available at: <https://doi.org/10.5343/bms.2023.0050>
- Moscoso, V. (2013) *Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú*. Lima. Available at: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2194> (Accessed: 11 July 2023).
- 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), pp. 1503–1509. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00338-020-02007->
- Pisapia, C., Stella, J., Silbiger, N.J. and Carpenter, R. (2020) 'Epifaunal invertebrate assemblages associated with branching Pocilloporids in Moorea, French Polynesia', *PeerJ* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.7717/peerj.936>.
- Rasband, W.S (1997) 'ImageJ'. Bethesda, Maryland: National Institutes of Health. Available at: <https://imagej.nih.gov/ij/> (Accessed: 6 January 2025).

- Salas-Moya, C., Fabregat-Malé, S., Vargas-Castillo, R., Valverde, J.M., Vásquez-Fallas, F., Sibaja-Cordero, J. and Alvarado, J.J. (2021) 'Pocillopora cryptofauna and their response to host coral mortality', *Symbiosis*, 84(1), pp. 91–103. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00771->.
- Serrano, Lina, Luca Ferrari, Margarita López Martínez, Chiara Maria Petrone, and Carlos Jaramillo. "An integrative geologic, geochronologic and geochemical study of Gorgona Island, Colombia: Implications for the formation of the Caribbean Large Igneous Province." *Earth and Planetary Science Letters* 309, no. 3-4 (2011): 324-336. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.07.011> .
- Sheppard, C., Davy, S., Pilling, G. y Graham, N., 2018. The biology of coral reefs. Oxford University Press, Oxford. Available at: <https://academic.oup.com/book/32664>
- Stella, J.S., Jones, G.P. and Pratchett, M.S. (2010) 'Variation in the structure of epifaunal invertebrate assemblages among coral hosts', *Coral Reefs*, 29(4), pp. 957–973. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00338-010-0648>.
- Stella, J.S., Munday, P.L. and Jones, G.P. (2011) 'Effects of coral bleaching on the obligate coral-dwelling crab *Trapezia cymodoce*', *Coral Reefs*, 30(3), pp. 719–727. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0748>.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M. and Jeltsch, F. (2004) *Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. Journal of Biogeography*, 31(1), pp. 79–92. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>
- Von Prahl, H. von, Guhl, F. and Grógl, M. (1978) 'Crustaceos decapodos comensales del coral *Pocillopora damicornis* en la Isla de Gorgona, Colombia', *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 10. Available at: <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.1978.10.0.50>.
- Wicksten, M.K. and Hernández, L. (2000) 'Range extensions, taxonomic notes and zoogeography of symbiotic caridean shrimp of the tropical eastern Pacific (Crustacea: Decapoda: Caridea)', *Bulletin of the Southern California Academy of Science*, 99, pp. 91–100. Available at: <https://meridian.allenpress.com/scasbulletin/article/99/2/91/487704/Range-Extensions-Taxonomic-Notes-and-Zoogeography.Meridian>
- Zapata, FA 2001, 'Formaciones coralinas de Isla Gorgona', en Barrios, LM & López-Victoria, M (eds.), *Gorgona marina: Contribución al conocimiento de una isla única*, INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 7, Santa Marta, Colombia, pp. 117-138. Available at: <https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/reflinks.php?lng=pt&pid=S0034-77442014000500011&refpid=S0034-7744201400050001100036>.
- Zapata, F.A. and Vargas-Ángel, B. (2003) 'Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia', in J. Cortés (ed.) *Latin American Coral Reefs*. Amsterdam: Elsevier Science, pp. 419–447. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-044451388-5/50019-9>.

Tabla 1. Abundancias promedio de especies de decápodos asociadas al coral *Pocillopora* spp. en las tres zonas del arrecife de La Azufrada, Pacífico colombiano. Las especies se presentan según el orden en que fueron registradas durante el análisis de datos, sin seguir un criterio taxonómico, alfabético ni por abundancia.

Especies	Interna	Media	Externa
<i>Alpheus lottini</i> (Guérin-Méneville, 1830)	1,87	2,38	1,93
<i>Alpheus rostratus</i> (Kim & Abele, 1988)	0,07	0,00	0,00
<i>Synalpheus</i> spp. Spence Bate, 1888	0,13	0,25	0,43
<i>Leptalpheus</i> spp. Williams, 1965	0,00	0,00	0,07
<i>Fennera chacei</i> (Holthuis, 1951)	16,87	28,63	38,14
<i>Palaemonidae</i> spp. 1 Rafinesque, 1815	0,13	0,00	0,00
<i>Palaemonidae</i> spp. 2 Rafinesque, 1815	0,00	0,06	0,00
<i>Harpiliopsis spinigera</i> (Ortmann, 1890)	0,33	0,25	0,69
<i>Harpiliopsis depressa</i> (Stimpson, 1860)	0,60	1,88	1,14
<i>Teleophrys cristulipes</i> Stimpson, 1860	0,87	1,75	1,07
<i>Microcassiope xantusii</i> (Stimpson, 1860)	0,27	0,00	0,00
<i>Pilumnidae</i> spp. Samouelle, 1819	0,07	0,00	0,00
<i>Trapezia corallina</i> Gerstaecker, 1856	2,13	2,44	2,79
<i>Trapezia bidentata</i> (Forskål, 1775)	0,93	1,25	0,93
<i>Petrolisthes donadio</i> Haig, 1960	0,07	0,06	0,14
<i>Domecia hispida</i> Eydoux & Souleyet, 1842	0,00	0,00	0,14
<i>Mithracidae denticulus</i> (Bell, 1836)	0,20	0,13	0,00
<i>Petramithrax pygmaeus</i> (Bell, 1836)	0,00	0,00	0,07
<i>Xanthidae</i> spp. MacLeay, 1838	0,00	0,00	0,07
<i>Pachycheles biocellatus</i> (Lockington, 1878)	0,00	0,00	0,14
<i>Thoe erosa</i> (Dana, 1852)	0,27	0,06	0,07

Trabajo de Grado – Biología (3140) - 2025

<i>Herbstia tumida</i> (Stimpson, 1871)	0,27	0,00	0,00
<i>Paguroidea</i> spp. 1 Latreille, 1802	0,53	0,13	0,57
<i>Paguroidea</i> spp. 2 Latreille, 1802	0,00	0,06	0,00

Figura 1. Mapa del arrecife La Azufrada, Isla Gorgona, que muestra la ubicación de las colonias muestreadas en tres zonas arrecifales delimitadas mediante una medición de extremo a extremo del arrecife, dividiéndolo en tres secciones de igual longitud.

Figura 2. Relación entre el volumen entre ramas y el área de 20 colonias medidas en el laboratorio.

Figura 3. Promedios de la riqueza de especies por colonia y de la abundancia total de individuos en las tres zonas del arrecife La Azufrada. Los análisis estadísticos revelaron diferencias significativas tanto en la abundancia total como en la riqueza de especies entre la zona interior y la zona exterior (GLM, $p = 0.0201$; GLM.NB, $p < 2e-16$), sin encontrarse diferencias significativas en las demás comparaciones.

Figura 4. Diagramas de caja (boxplots) que representan los índices de diversidad (Shannon-Wiener), dominancia (Simpson) y equitabilidad (Buzas y Gibson) en las tres zonas del arrecife de La Azufrada. Las cajas indican la mediana (línea central), el rango intercuartil (IQR, 50% central de los datos), los bigotes se extienden hasta 1.5 veces el IQR, y los puntos individuales representan valores atípicos. No se encontraron diferencias significativas entre las zonas para ninguno de los tres índices.

Figura 5. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en la similitud de Bray-Curtis para las comunidades de crustáceos decápodos asociadas a colonias de *Pocillopora* en tres zonas del arrecife La Azufrada. Cada punto representa una colonia muestreada, codificada por zona: azul (zona interna), verde (zona media) y rojo (zona externa). Las líneas que rodean los puntos de cada grupo indican la dispersión de las muestras dentro de cada zona. La cercanía entre puntos refleja mayor similitud en la composición de especies entre colonias.

Figura 6. Regresiones lineales entre el volumen entre ramas de las colonias y el número total de individuos por colonia y la riqueza de especies por colonia.











