



**Simbiontes asociados a**  
***Maguimithrax spinosissimus***  
**(Decapoda: Mithracidae) en tres**  
**ecosistemas insulares del Caribe**  
**Colombiano**

**Álvaro José Rodríguez García**

**Universidad Magdalena**

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Biología

Santa Marta, Colombia

2021



**Simbiontes asociados a**  
***Maguimithrax spinosissimus***  
**(Decapoda: Mithracidae) en tres**  
**ecosistemas insulares del Caribe**  
**Colombiano**

**Álvaro José Rodríguez García**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Biólogo**

Director

Dr. Julio Cesar Hurtado Alarcón

Codirectora

Dra. Lina María Saavedra Díaz

Línea de Investigación:

Biodiversidad y servicios de los ecosistemas

Grupo de Investigación:

Sistemas Socioecológicos para el Bienestar Humano (GISSBH)

Universidad del Magdalena

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Biología

2021

# Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de Biólogo

---

Jurado

---

Jurado

Santa Marta, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

*“... ¿Quién dijo que todo está perdido?  
Yo vengo a ofrecer mi corazón...”*

*Fito Páez*

*A mis padres por su ayuda, paciencia y amor  
incondicional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Dr. Julio Hurtado, por brindarme la oportunidad de vincularme a este proyecto, por su dedicación y confianza. Gracias por buscar espacios para trabajar en la Universidad y poder terminar este proyecto.

Agradezco a la profesora Lina María Saavedra por su apoyo incondicional y comprensión.

Agradezco, al Grupo de investigación Sistemas Socioecológicos para el Bienestar Humano (GISSBH) por recibirme.

Agradezco de manera especial al Grupo de Investigación y Desarrollo en Tecnología Acuícola -GIDTA y a su Directora, la profesora Adriana Rodríguez por su inestimable ayuda, por facilitarme sus instalaciones y equipos.

Agradezco a la Profesora Paula Sepúlveda por brindarnos el espacio del Laboratorio de Entomología.

Por último, a mis compañeros, Andrea Noreña y Omar Fernando Montaña por su ayuda incondicional para el procesamiento de muestras.

# Contenido

	Pág.
1. Introducción.....	13
2. Materiales y Métodos.....	16
2.1 Área de estudio.....	16
2.2 Fase de campo.....	17
2.3 Fase de Laboratorio.....	18
2.3.1 Conteo de simbiontes.....	19
2.4 Fase de análisis.....	20
2.4.1 Identificación de Simbiontes asociados a <i>M. spinosissimus</i> .....	20
2.4.2 Distribución espacial de simbiontes sobre su hospedero <i>M. spinosissimus</i> .....	20
2.4.3 Descriptores cuantitativos de las poblaciones de simbiontes.....	20
2.5 Análisis estadístico.....	20
3. Resultados.....	21
3.1 <i>Maguimithrax spinosissimus</i> .....	21
3.2 Identificación taxonómica de los simbiontes.....	22
3.2.1 Identificación del percebe pedunculado <i>Octolasmis cf. hoeki</i> (Stebbing, 1894).....	22
3.2.2 Identificación del morfotipo de larva cpris de cirrípedos.....	28
3.2.3 Identificación de algas coralinas del Orden Corallinales (Silva & Johansen, 1986).....	30
3.2.4 Identificación del Poliqueto de la subfamilia Syllinae (Grube, 1850).....	32
3.3 Descriptores cuantitativos de las poblaciones de simbiontes.....	34
3.4 Distribución espacial de simbiontes a escala de microhábitat sobre <i>M. spinosissimus</i> .....	35
3.5 Análisis de correlación.....	37
3.6 Análisis de regresión lineal.....	39
4. Discusión.....	41
5. Conclusiones.....	48

6. Recomendaciones .....	50
7. Referencias Bibliográficas .....	50

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación de los tres sitios de muestreo en el Caribe colombiano. ....	17
<b>Figura 2.</b> Diferencias en la forma del abdomen en braquiuros macho y hembra. (Tomado y modificado de Thatje y Calcagno, 2014). ....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 3.</b> Vista lateral derecha de uno de los ejemplares de <i>Octolasmis</i> a los cuales se les observaron caracteres coincideintes con <i>O. cf. hoeki</i> .....	25
<b>Figura 4.</b> Ejemplar adulto de <i>Octolasmis</i> anclado en branquia de <i>M. spinosissimus</i> ; (A) Laminillas branquiales, (B) cirros, (C) capítulo, (D) pedúnculo. ....	26
<b>Figura 5.</b> Vista del capítulo de <i>Octolasmis cf. hoeki</i> . donde se muestran las placas calcáreas; (A) tergum, (B) carina, (C) scutum, (D) manto con huevo nauplios eclosionados. ....	26
<b>Figura 6.</b> Mandíbula dónde se observan los dientes de <i>O. cf. hoeki</i> señalados con flechas azules.....	27
<b>Figura 7.</b> Pares de cirros del I al VI de <i>O. cf. hoeki</i> .....	28
<b>Figura 8.</b> Vista lateral izquierda de una larva cipris de cirrípedo, posiblemente <i>Octolasmis</i> sp. (A) gotas de aceite, (B) ojo naupliar, (C) tórax, (D) apéndices torácicos, (E) anténula. ....	29
<b>Figura 9.</b> Larva cipris anclada al raquis de una branquia de <i>M. spinosissimus</i> .....	30
<b>Figura 10.</b> Algas del Orden Corallinales sobre caparazón de <i>M. spinosissimus</i> . La fecha color negro señala el alga incrustante y la fecha azul el caparazón del cangrejo. ....	31
<b>Figura 11.</b> Vista aumentada del alga incrustante. La fecha de color verde señala célula calcificada, la fecha negra conceptáculos uniporados y la fecha anaranjada un microplástico fusionado con el alga.....	32

- Figura 12.** Vista completa de poliqueto encontrado en branquias de *M. spinosissimus*. Flecha morada: faringe; flecha azul: proventrículo (A). El cuerpo se divide en tres regiones (Cabeza, tronco y cola) (B)..... 33
- Figura 13.** Vista aumentada de la región posterior del poliqueto. La flecha verde señala la faringe, flecha roja parapodios, flecha morada parapodios y flecha azul cirros dorsales articulados (moniliformes)..... 34
- Figura 14.** Relación entre el peso de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión.  $R^2$ , es el coeficiente de determinación ajustado..... 39
- Figura 15.** Relación entre la longitud de caparazón de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp.. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión.  $R^2$ , es el coeficiente de determinación ajustado..... 40
- Figura 16.** Relación entre la amplitud de caparazón de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp.. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión.  $R^2$ , es el coeficiente de determinación ajustado..... 40

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Sitios de recolección de <i>M. spinosissimus</i> con coordenadas y profundidad estimada.....	18
<b>Tabla 2.</b> Medidas morfométricas y peso de <i>Maguimithrax spinosissimus</i> los tres sitios..	21
<b>Tabla 3.</b> Abundancia de simbiontes sobre <i>M. spinosissimus</i> .....	22
<b>Tabla 4.</b> Número de individuos identificados para cada taxón por sitio. ....	22
<b>Tabla 5.</b> Comparaciones de especies del género <i>Octolasmis</i> con la morfoespecie percebe pedunculado del presente estudio. ....	23
<b>Tabla 6.</b> Morfología de los cirros de <i>Octolasmis</i> cf. <i>hoekii</i> .....	28
<b>Tabla 7.</b> Descriptores cuantitativos de <i>Octolasmis</i> sp. para cada sitio.....	35
<b>Tabla 8.</b> Descriptores cuantitativos de algas coralinas para cada sitio .....	35
<b>Tabla 9.</b> Descriptores cuantitativos de poliquetos para cada sitio. ....	35
<b>Tabla 10.</b> Distribución y abundancia de simbiontes sobre <i>Maguimithrax spinosissimus</i> . 36	
<b>Tabla 11.</b> Pruebas de suma de rangos de Wilcoxon que comparan las abundancias de <i>Octolasmis</i> sp. en cada microhábitat .....	37
<b>Tabla 12.</b> Pruebas de suma de rangos de Wilcoxon que comparan las abundancias de algas coralinas en los microhábitats. ....	37
<b>Tabla 13.</b> Análisis de correlación de Spearman de las medidas de <i>M. spinosissimus</i> y la abundancia de cada taxón. LC= longitud del caparazón, AC= amplitud del caparazón... 38	
<b>Tabla 14.</b> Coeficiente de determinación R <sup>2</sup> del Análisis de correlación de Spearman entre las medidas de <i>M. spinosissimus</i> y la abundancia de cada taxón. LC= longitud del caparazón, AC= amplitud del caparazón. ....	38

**LISTA DE SÍMBOLOS**

mm	Milímetro
m	Metros
LC	Longitud de Caparazón
AC	Amplitud de Caparazón
g	Gramos
D.E.	Desviación estándar
$\bar{X}$	Promedio

## Resumen

Los cangrejos marinos son hospederos ideales para el establecimiento y crecimiento de simbiontes, algunos de los cuales pueden ser altamente diversos y abundantes y colonizar distintas regiones corporales de sus hospederos. Se han documentado varios estudios de simbiontes en cangrejos de importancia pesquera de la Superfamilia Majoidea, aunque existen pocos estudios de simbiontes en *Maguimithrax spinosissimus*, el cangrejo rey del Caribe. En el presente estudio, se identificaron simbiontes presentes en *M. spinosissimus* del Caribe colombiano, se llevaron a cabo sus descripciones cuantitativas, se determinó su distribución espacial a escala de microhábitat, y se evaluó la relación entre las medidas morfométricas de los cangrejos y la abundancia de simbiontes. Se recolectaron 20 ejemplares de *M. spinosissimus* en tres ecosistemas de arrecifes de coral del Caribe colombiano (Providencia, Isla Fuerte e Isla Grande). Se lograron identificar tres morfotipos de simbiontes en *M. spinosissimus*: percebes pedunculados del género *Octolasmis* incluyendo *O. cf. hoeki*, poliquetos de la Subfamilia Syllinae y algas coralinas del Orden Corallinales. La prevalencia de las algas y los percebes fue del 100%, mientras que para los poliquetos fue de 12.5%. El número de algas, percebes y poliquetos encontrado fue de 1503, 3672 y 3 individuos, respectivamente. Se encontró diferencia estadística significativa para la abundancia de *Octolasmis* sp. y algas coralinas entre microhábitats. Asimismo, se encontraron correlaciones positivas y significativas de las medidas morfométricas del cangrejo con la abundancia de *Octolasmis* sp. y algas coralinas. Se documentaron dos nuevos registros de simbiontes (algas y poliquetos) para el Caribe Colombiano en este cangrejo. Se requiere de estudios adicionales para la identificación de simbiontes y para resolver otras preguntas de investigación relacionadas con la biología y ecología de simbiontes asociados a especies de interés en pesquerías artesanales del Caribe.

**Palabras clave:** Simbiosis, decápodos, caparazón, cirrípedos, algas costrosas.

## ABSTRACT

Marine crabs are ideal hosts for the establishment and growth of symbionts, some of which can be highly diverse and abundant and being able to colonize different body regions of their hosts. Several studies of symbionts have been documented in edible crabs from Superfamily Majoidea, although there are few studies of symbionts in *Maguimithrax spinosissimus*, the Caribbean king crab. For this reason, the identification of symbiotic invertebrates on *M. spinosissimus* and their quantitative descriptors and spatial distribution at microhabitat scale were carried out. Also, statistical relationships between morphometric measurements of the crabs and symbiont abundances were tested. Twenty *M. spinosissimus* crabs from coral reef ecosystems in Colombian Caribbean (Providencia Island, Isla Fuerte and Isla Grande) were collected. Three morphotypes of *M. spinosissimus* symbionts were identified: pedunculated barnacles (Genus *Octolasmis* including *O. cf. hoeki*), polychaetes (Subfamily Syllinae), and coralline algae (Order Corallinales). Percentage values of barnacle prevalences were 100%, while polychaetes obtained 12.5%. In relation to their abundances, 1503, 3672 and 3 individuals were obtained, respectively. A statistically significant difference was found for the abundance of *Octolasmis* sp. and coralline algae between microhabitats. Likewise, positive and significant correlations were found between the morphometric measurements and *Octolasmis* sp. and coralline algae abundances. Two new records of crab symbionts (algae and polychaetes) for Colombian Caribbean were documented. Additional studies are required for the identification of symbionts on edible crustaceans from Caribbean Sea, for the resolution of new biological and ecological questions.

**Keywords:** Symbiosis, decapod, exoskeleton, barnacles, crustose algae.

# 1. Introducción

Los crustáceos verdaderos (Sección Eubrachyura Saint Laurent, 1980) son hospederos ideales para el establecimiento y crecimiento de simbiontes (Dick et al., 1998), siendo algunos de estos altamente diversos y abundantes (Howe, 1994; McKeon y Moore, 2014). Al desplazarse, ayudan a la dispersión de simbiontes asociados a su exoesqueleto (Heath, 1976). Sin embargo, algunos simbiontes son parásitos y pueden llegar a generar cambios negativos en las poblaciones de sus hospederos crustáceos, tales como reducción de la fecundidad, de sus tasas de crecimiento y de su sobrevivencia (Torchin et al., 2001; George-Nascimento y Bustos, 2006; Dumbauld et al., 2011). Los simbiontes pueden colonizar distintas regiones externas del cuerpo de sus hospederos crustáceos (caparazón, pereiópodos, abdomen, piezas bucales y masas de huevos), e incluso órganos internos (branquias, hepatopáncreas y estómago). En este contexto, cada región del cuerpo u órgano interno de los hospederos puede denominarse microhábitat, ya que puede constituir un sustrato adecuado para el asentamiento y protección de epibiontes y ser útil como fuente de alimento (Torchin et al., 2001; Dvoretzky y Dvoretzky, 2009; Dumbauld et al., 2011).

Los estudios de simbiontes en la Superfamilia Majoidea (Malacostraca: Decapoda), han sido ampliamente documentados. En Europa, Maldonado y Uriz (1992) describieron los patrones de simbiosis en el cangrejo araña, *Inachus aguarii* (de Brito Capello, 1876) con esponjas. Al Norte de España, Parapar et al. (1998), describieron el comportamiento de camuflaje del cangrejo araña *Maja Squinado* (Herbst, 1788), e identificaron los simbiontes asociados al caparazón, contabilizando 309 taxones. De otra parte, Martinelli et al. (2011), describieron los patrones de colonización de epibiontes en el cangrejo araña *Inachus communissimus* (Rizza, 1839) del Mar Adriático del Norte (Mar Mediterráneo), identificando colonias del ascidio *Diplosoma listerianum* (Milne Edwards, 1841), las cuales recubrían la mayor parte del caparazón. En Rusia, Dvoretzky (2012) realizó una identificación de epibiontes en el cangrejo araña *Hyas araneus* (Linnaeus, 1758) en la Bahía de Kola en el mar de Barents, donde se encontraron 16 taxones asociados al caparazón, branquias, abdomen, huevos, extremidades y partes de la boca. También se destaca el trabajo realizado por Abelló et al. (1990) en África, al suroeste de Namibia,

quienes determinaron epibiosis en poblaciones del cangrejo de aguas profundas *Bathynectes piperitus* (Linnaeus, 1758), encontrando poliquetos, hidrozooos y cirrípedos pedunculados como *Poecilasma kaempferi* (Darwin, 1852).

En América del Sur, se destacan los estudios realizados en la Bahía de Ubatuba, Brasil, por Mantelatto et al. (2003), quienes encontraron para *Libinia ferreirae* (de Brito Capello, 1871) dos especies de simbiontes: *Octolasmis lowei* (Darwin, 1852) colonizando en branquias y caparazón, y *Carcinophila imminuta* (Kölliker, 1845) en masas de huevos. En este mismo país, en la Isla de São Sebastião, Santos et al. (2007), evaluaron la prevalencia e intensidad de infestación por *Carcinonemertes divae* (Santos et al., 2006) en el cangrejo *Libinia spinosa* (Guérin, 1832), obteniendo una mayor prevalencia e intensidad en hembras ovadas. Para *L. spinosa* en Caraguatatuba y la Bahía de Ubatuba (Brasil), Cordeiro y Costa (2010) determinaron la tasa de infestación del cirrípedo *O. lowei* en la cámara branquial de *L. spinosa*, siendo mayor en los caparazones más grandes. Por último, Campos y Barrera (2019), encontraron percebes del género *Octolasmis* parasitando branquias y exoesqueleto, y describieron nemertinos del género *Carcinonemertes* en masas de embriones de hembras de *Maguimithrax spinosissimus* procedentes del Caribe colombiano. No obstante, en dicho estudio no se analizaron datos cuantitativos relacionados con los simbiontes descritos (Campos y Barrera, 2019).

*Maguimithrax spinosissimus* (Lamarck, 1887), el cangrejo rey del Caribe, es un crustáceo marino de gran tamaño, contando con una amplitud de caparazón entre 100-180 mm (Rathbun, 1925; Wagner, 1991) y un peso hasta de 3800 g (Campos et al., 2015). *M. spinosissimus* también hace parte de la Superfamilia Majoidea, los denominados cangrejos “araña” debido a su apariencia (Hendrickx, 1999). Esta especie es un recurso importante para algunas pesquerías artesanales y de subsistencia en ecosistemas insulares oceánicos y continentales para la región Caribe (Rodríguez y Hendrickx, 1992). Aunque no se encuentra en categorías de amenaza internacionales como las de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) ni hace parte del Convenio CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), *M. spinosissimus* hace parte de la Lista Roja de Invertebrados Marinos Colombianos, en categoría vulnerable -VU (Bermúdez et al., 2002).

*M. spinosissimus* habita en aguas someras entre 0-20 m de profundidad, aunque se ha encontrado hasta los 180 m (Rathbun, 1925; Williams, 1984), con un porcentaje de ocurrencia mayor entre 5 y 10 m (Porrás-Díaz, 2010). Se encuentra asociado a los ecosistemas de arrecifes de coral, ocupando las grietas que se forman en ellos, y compartiendo refugio con otros crustáceos como la langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Guzmán y Tewfik, 2004; Osorio-Arciniegas, 2005). También suelen encontrarse entre rocas, fondo arenoso con fango y praderas de fanerógamas (Porrás-Díaz, 2010), y se han reportado juveniles en cavidades de las esponjas del género *Speciospongia* (Campos et al., 2015). Presenta hábitos nocturnos y su dieta se basa en macroalgas asociadas a los corales, es decir, son herbívoros, aunque ejemplares juveniles tienden a ser omnívoros y de comportamiento carnívoro oportunista (Rathbun, 1925; Guzmán y Tewfik, 2004; Butler y Mojica, 2012).

Hasta finales del siglo pasado, este cangrejo tuvo importancia comercial dados su gran tamaño y peso, constituyendo una fuente importante de proteína, por lo que era exportado a Europa, Norte y Sur de América, y se capturaba para maricultura en Panamá, La Florida y las Antillas (Creswell et al., 1989). Los eventos de sobrepesca descritos, pudieron ayudar a que las poblaciones de *M. spinosissimus* disminuyeran hasta hacer insostenible su pesca comercial a gran escala (Bermúdez et al., 2002), lo cual a su vez podría estar relacionado con estudios donde se han determinado bajas densidades poblacionales en este cangrejo ( $> 0.1$  cangrejos/m<sup>2</sup>; Butler y Mojica, 2012). En el Caribe colombiano, es importante para la pesca artesanal y de subsistencia, siendo capturado por medio de ganchos o lazos por personas que practican el buceo sin uso de equipos autónomo, quienes principalmente capturan ejemplares macho para consumir la carne de sus quelípedos debido a su gran tamaño (Bermúdez et al., 2002), los cuales conforman entre 13 al 28% del peso corporal (Porrás-Díaz, 2010).

En este crustáceo se han evaluado diferentes aspectos, entre los que se cuentan estudios de genética poblacional (Baeza et al., 2019), filogeografía (Hurtado-Alarcón et al., 2018), evolución (Márquez et al., 2016), ecología (Hazlett y Rittschof, 1975; Baeza et al., 2012; Butler y Mojica, 2012; Campos et al., 2015), biología (Tunberg y Creswell, 1991), y presencia de parásitos (Campos y Barrera, 2019), entre otros. No obstante, para las

poblaciones del cangrejo rey del Caribe en Colombia, aún no existe información relacionada con la evaluación cuantitativa de simbiontes, y su relación con aspectos de la morfometría de sus hospederos. Por ello, en esta investigación se realizaron descripciones taxonómicas y cuantitativas de simbiontes, en individuos de *M. spinosissimus* procedentes de tres ecosistemas de arrecifes coralinos del Caribe colombiano. Además, se evaluó la distribución espacial de dichos simbiontes a escala de microhábitat sobre sus hospederos, y la relación entre las medidas morfométricas de los cangrejos y la abundancia de simbiontes.

Como parte de las hipótesis de trabajo, en esta investigación se esperaban encontrar simbiontes descritos e investigaciones similares para cangrejos arañas, entre los que se pueden incluir percebes (Mantelatto et al., 2003; Cordeiro y Costa 2009; Campos y Barrera 2019), algas (Parapar et al., 1998) y esponjas (Maldonado y Uriz 1992), entre otros, presentes en los individuos de *M. spinosissimus* provenientes de Isla Grande, Isla Fuerte, e Isla Providencia. Además, y de acuerdo con estudios anteriores, se esperaba que la abundancia de los simbiontes tuviera algún grado de correlación con las medidas morfométricas de los hospederos, y que individuos de mayor tamaño o peso tuvieran una mayor abundancia de organismos simbiontes (Abelló y Macpherson 1992; Shields, 1992; Dick et al., 1998; Schejter y Spivak, 2005). Los datos obtenidos en esta investigación podrán ser de utilidad para llenar vacíos en la información biológica y ecológica de crustáceos de pesquerías artesanales del Caribe colombiano como *M. spinosissimus*, y tendrán la potencialidad de aportar elementos para manejo de especies de crustáceos de pesquerías artesanales en sus rangos de distribución.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Área de estudio

El área de estudio comprende tres ecosistemas de arrecifes de coral en el Mar Caribe colombiano: una isla oceánica, Providencia (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina), y dos islas continentales, Isla Fuerte e Isla Grande (Archipiélago del Rosario y de San Bernardo) (Figura 1). Las coordenadas de los tres sitios de muestreo se pueden apreciar en la Tabla 1. Providencia tiene un área coralina actual cubre 124.9 km<sup>2</sup>

(Díaz et al., 1996), Islas del Rosario e Isla Fuerte tienen un área actual de cobertura de arrecifes de coral de 67.6 y 16.6 km<sup>2</sup>, respectivamente (Díaz et al., 1996). Isla Grande hace parte del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo - PNNCRySB-, e Isla Fuerte está localizada frente a las costas del Departamento de Córdoba, a 11 km del continente, al sur del complejo conformado por el PNNCRySB.

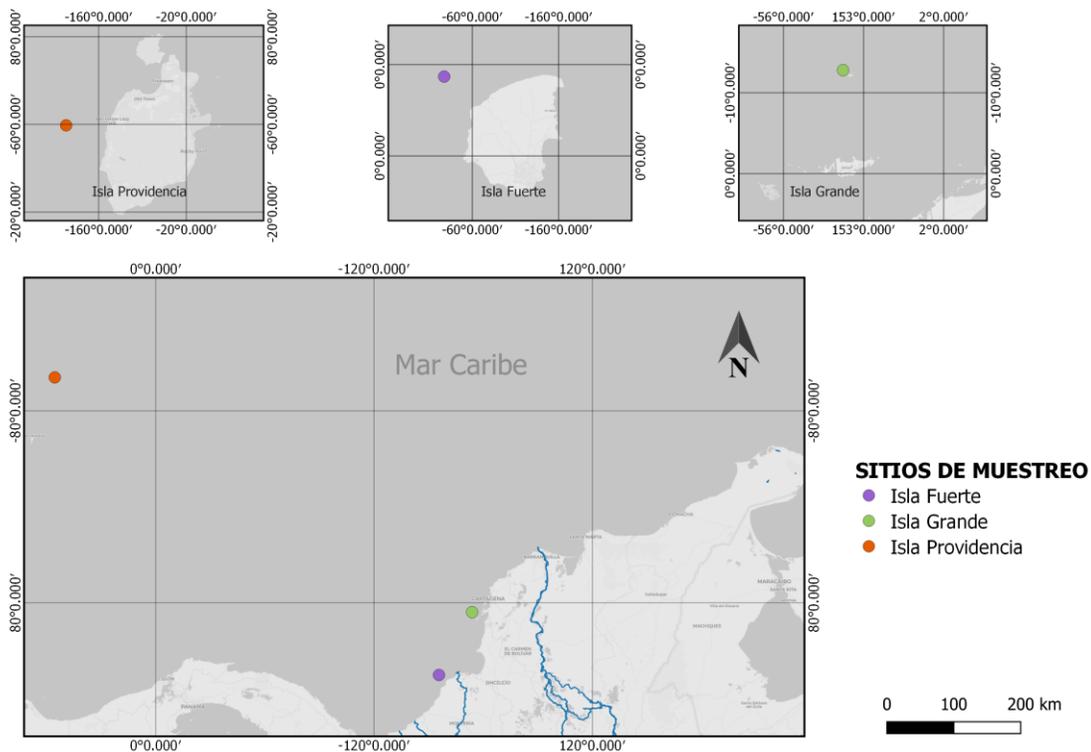


Figura 1. Ubicación de los tres sitios de muestreo en el Caribe colombiano.

## 2.2 Fase de campo

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto de Investigación Postdoctoral “*Detección de microorganismos potencialmente patógenos en crustáceos de importancia comercial en dos escalas geográficas del Caribe colombiano*”. En este proyecto se contó con todos los permisos ambientales necesarios para realizar muestreos de *M. spinosissimus* en el Caribe colombiano. Estos permisos incluyeron la Resolución 1293 del

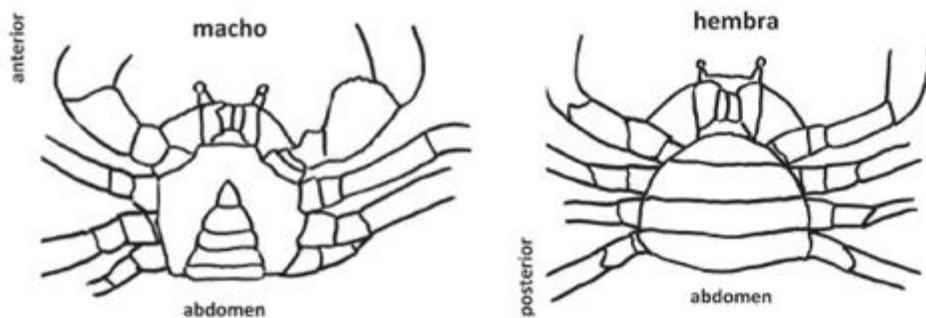
18 de diciembre de 2013 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, o “Permiso Marco de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con fines de investigación científica no comercial”, asignado por la ANLA a la Universidad del Magdalena; el permiso del Ministerio del Interior asignado en el oficio OFI18-37014-DCP-2500 del 18 de septiembre de 2018, en el cual constaba que los sitios de muestreo no incluían áreas protegidas ni comunidades étnicas; y la Resolución 994 del 19 de mayo de 2019 de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca -AUNAP-, para los sitios de muestreo en ecosistemas marinos continentales. Para la Isla de Providencia, se contó con un permiso de la Secretaría de Pesca y Agricultura del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Los ejemplares de *M. spinosissimus* obtenidos en el marco del proyecto postdoctoral mencionado, fueron capturados con la ayuda de pescadores a buceo libre usando ganchos de pesca (Tabla 1).

**Tabla 1. Sitios de recolección de *M. spinosissimus* con coordenadas y profundidad estimada.**

Sitos	Coordenadas	Profundidad (m)	Número de cangrejos
Isla Grande	10° 14' 18.532" N - 75° 44' 37.97" O	5-10	5
Isla Fuerte	9° 23' 54.66" N - 76° 11' 37.61" O	5-15	7
Isla Providencia	13° 21' 25.31" N - 81° 24' 36.15" O	15-30	8

### 2.3 Fase de Laboratorio

Los cangrejos fueron separados por sexo según la forma del abdomen (Thatje y Calcagno, 2014) (Figura 2), medidos y pesados, anestesiados y posteriormente sacrificados siguiendo protocolos estandarizados para evitar su sufrimiento, para luego ser congelados (Close et al., 1997).



**Figura 2. Diferencias en la forma del abdomen en braquiuros macho y hembra. (Tomado y modificado de Thatje y Calcagno, 2014).**

Posteriormente, fueron transportados al laboratorio del Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura -GIDTA- de la Universidad del Magdalena, en donde se realizaron las disecciones, en las cuales se obtuvieron órganos y tejidos como branquias, estómagos anteriores, hepatopáncreas, gónadas y masas de embriones en hembras. Los tejidos y órganos obtenidos fueron depositados en viales plásticos con formol al 4 y 8 %. Los caparazones y pereiópodos se almacenaron en bolsas tipo ziploc en congelador a -20°C. Con ayuda de un microscopio ZEISS Primo Star, se realizó la búsqueda de simbiontes en cámaras branquiales, estómagos, hepatopáncreas, caparazones, aparatos bucales, pereiópodos y masas de embriones. Los simbiontes encontrados se guardaron en viales tipo Eppendorf con formol al 4% para evitar la decoloración y permitir su identificación posterior. Posterior a esto se contabilizaron, fotografiaron y midieron.

### **2.3.1 Conteo de simbiontes**

El conteo se realizó por medio de la metodología de recuento total propuesta por Ihwan et al. (2013), la cual consiste en que los simbiontes se extraen del hospedero y se hace un recuento real total en un portaobjeto.

Para estructuras similares a algas, aunque no existe una metodología de conteo para algas incrustantes se tomó como referencia su crecimiento, ya que estos organismos crecen en forma de parches. Esto permitió realizar una aproximación al conteo de este simbionte (Keats y Chamberlain, 1993; Martínez-Daranas et al., 2000; Harrington et al., 2005).

## 2.4 Fase de análisis

### 2.4.1 Identificación de Simbiontes asociados a *M. spinosissimus*

Los simbiontes asociados a *M. spinosissimus* se identificaron con ayuda de un microscopio ZEISS Primo Star con cámara ZEISS AxioCam ERc 5s, un estereoscopio ZEISS Stemi 305, claves taxonómicas, medidas realizadas y comparación con la literatura disponible.

### 2.4.2 Distribución espacial de simbiontes sobre su hospedero *M. spinosissimus*

Se obtuvo la abundancia de cada taxón por microhábitat, entendiéndose como tal las diferentes estructuras externas, órganos y tejidos de los hospederos tales como pereiópodos, caparazón, abdomen, piezas bucales, cámara branquial y branquias.

### 2.4.3 Descriptores cuantitativos de las poblaciones de simbiontes

Una vez identificados los simbiontes, se obtuvo la abundancia de cada taxón para cada hospedero. Por medio del conteo, se obtuvieron para cada sitio los descriptores cuantitativos como prevalencia, intensidad, intensidad media y abundancia, propuestos por Bush et al. (1997). Según estos autores, la prevalencia se define como el número de huéspedes infectados con uno o más individuos de un grupo taxonómico dividido por el número de huéspedes examinados. La intensidad corresponde con unidades de muestreo discretas y naturales, y se define como el número de individuos de una especie de parásito particular en un solo huésped infectado. La intensidad es una forma de densidad con la unidad de muestreo específicamente definida como un huésped infectado individual. La intensidad media es el promedio de una especie particular de parásito entre los miembros infectados de una especie de huésped particular. Finalmente, la abundancia es el número de individuos de un parásito particular en un solo huésped (Bush et al., 1997).

## 2.5 Análisis estadístico

Se comparó la abundancia (variable respuesta) de cada taxón en los microhábitats (variable independiente) a través de un test de Kruskal-Wallis y una prueba de comparaciones múltiples de suma de rango de Wilcoxon por pares – MIT con un nivel de

significancia de  $p < 0,05$ , puesto que los datos no siguieron una distribución normal ( $p > 0,00231$ ), aun haciendo las transformaciones correspondientes. Se realizó el test de coeficiente de correlación de Spearman, determinando la correlación de las medidas del cangrejo (Tabla 2) con la abundancia de cada taxón identificado. Este test fue utilizado dado que las variables no siguen una distribución normal. Luego del cálculo de las correlaciones significativas, se realizó una regresión lineal para establecer la relación y entre la abundancia de cada taxón con las medidas del cangrejo. Todas las figuras y tabulación de datos se realizaron en Microsoft Office Excel (2017), mientras que los análisis estadísticos se realizaron en RStudio (2015).

### 3. Resultados

#### 3.1 *Maguimithrax spinosissimus*

Del total de individuos recolectados, 14 fueron machos (70%) y seis fueron hembras (30%) de las cuales solo dos eran hembras ovígeras (peso promedio de huevos 85,3 g). Los cangrejos presentaron una amplitud del caparazón que varió de 106,5 mm a 174,2 mm y longitud de caparazón entre 109,5 mm a 160,0 mm. Las tallas medias correspondieron a  $130,96 \pm 16,522$  mm amplitud de caparazón y a los  $126,54 \pm 14,046$  mm longitud de caparazón, mostrando que la amplitud de caparazón de los individuos fue mayor que la longitud de los mismos, y su peso promedio fue de 956,24 g. Los cangrejos de Isla Providencia fueron más grandes y pesados que los de Isla Fuerte e Isla Grande, y este último sitio presentó los individuos más pequeños y livianos en promedio (Tabla 2).

**Tabla 2. Medidas morfométricas y peso de *Maguimithrax spinosissimus* los tres sitios.**

<i>X = promedio de las medidas, D.E. = Desviación estándar</i>						
Medida	Isla Grande		Isla Fuerte		Isla Providencia	
	X	D.E	X	D.E	X	D.E
Amplitud del Caparazón (mm)	120,90	9,0881	122	6,666	145,08	16,58
Longitud del Caparazón (mm)	117,06	5,6429	118,3	5,013	139,65	12,95

---

Peso (g)	818	155,19	785,2	249,2	1192,2	185,2
----------	-----	--------	-------	-------	--------	-------

---

### 3.2 Identificación taxonómica de los simbiontes

Se identificaron tres morfotipos de simbiontes en *M. spinosissimus*, siendo dos de ellos animales y uno vegetal: el percebe pedunculado adulto del género *Octolasmis* (Stebbing, 1894) (Phylum Arthropoda), poliquetos de la subfamilia Syllinae (Grube, 1850) (Phylum Annelida), y algas coralinas del Orden Corallinales (Silva y Johansen, 1986) (Phylum Rodophyta). Además, se identificaron larvas cipris posiblemente del género *Octolasmis* (Tabla 3). La identificación taxonómica se realizó en el 3.1% de los percebes pedunculados, 2% de las algas coralinas y 100% de los poliquetos (Tabla 4). El restante se identificó visualmente con las características diagnosticas de cada taxón.

**Tabla 3. Abundancia de simbiontes sobre *M. spinosissimus*.**

	<i>Octolasmis</i> sp.	Algas coralinas	Poliquetos
Abundancia total	3672	1503	3

**Tabla 4. Número de individuos identificados para cada taxón por sitio.**

Simbiontes	Isla Grande	Isla Fuerte	Isla Providencia
<i>Octolasmis</i> cf. <i>Hoeki</i>	33	28	54
Algas coralinas	10	7	8
Poliquetos	0	0	3

#### 3.2.1 Identificación del percebe pedunculado *Octolasmis* cf. *hoeki* (Stebbing, 1894).

*Octolasmis* es un crustáceo cirrípedo el cual hace parte de los percebes cuellos de ganso (*gooseneck barnacle*) (Jeffries y Voris, 1996). Del total de 3672 percebes del género *Octolasmis*, se revisó aproximadamente el 3.1% de los individuos (115 ejemplares), los

cuales, de acuerdo con las claves taxonómicas, las descripciones consultadas de Stebbing (1894), Cantell (1927), Stubbings (1967) y Young (1990), y las comparaciones realizadas con diferentes especies consultadas en la literatura (Tabla 5), corresponden con la especie *Octolasmis cf. hoeki*.

**Lista de características extraídas de la literatura:**

1. Número de placas en el capítulo: 5 (0); 3 (1)
2. Forma de la carina: Cóncava (0); Curva (1); Semicurva (2); Forma de L (3)
3. Forma del tergum: Elíptica ensanchada en la parte superior, con una muesca (0); Forma de hacha (1); Forma de U (2)
4. Presencia de Tergum: Presente (0); Ausente (1)
5. Forma el Scutum: Dividido en 2, la parte inferior más ancha que la superior, con muesca (0); Dividido en 2, la parte inferior más ancha que la superior, sin muesca (1), Cóncavo (2); Forma de L (3)
6. Número de dientes en la mandíbula: 5 dientes el último es denticulado (0); 5 dientes el último es rudimentario (1); 4 dientes excluyendo el ángulo superior (2)
7. Número de cirros: 6 cirros (0); 7 cirros (1)
8. Número de segmentos en el primer par de cirros: 5-7(0); más de 7 (1)
9. Número de segmentos de cada cirro II-IV: 7 (0); 9-14 (1)
10. Número de setas en el cirro: 3-4 pares (0) más de 4 (1)
11. Distribución en el mundo: Atlántico (0); Pacífico (1)
12. Hospedero: Cangrejos (0); Langostas (1)

**Tabla 5. Comparaciones de especies del género *Octolasmis* con la morfoespecie *percebe pedunculado* del presente estudio.**

Especies	Autor	Características extraídas de la literatura											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Morfoespecie	En el presente estudio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Octolasmis cf. hoeki</i>	Cantell (1927) Stubbings (1967)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,1

---

<i>O. lowei</i>	Voris y Jeffries (1997) Cantell (1927)	0	3	2	2	0	1	0	0	1	-	0,1	0,1
<i>O. prototypus</i>	Pilsbry (1991)	0	1	0	1	0	-	0	0	1	-	0	1
<i>O. angulata</i>	Voris y Jeffries (1997) Ihwan et al. (2014)	1	0	-	3	1	4	1	1	0	-	1	0,1
<i>O. warwickii</i>	Voris y Jeffries (1997) Leung y Jones (2000)	0	0	1	0	0	4	0	0	1	-	1	0,1

---

### Clasificación de *Octolasmis* cf. *hoekii* (Stebbing, 1894)

**Phylum** Arthropoda (von Siebold, 1848)

**Subphylum** Crustacea (Brunnivh, 1772)

**Clase** Hexanauplia (Oakley, Wolfe, Lindgren & Zaharof, 2013)

**Infraclase** Cirripedia (Burmeister, 1834)

**Orden** Lepadiformes (Buckeridge & Newman, 2006)

**Familia** Poecilasmatidae (Annandale, 1909)

**Género** *Octolasmis* (Gray, 1825)

**Especie** *O. cf. hoekii* (Stebbing, 1894)

**Descripción de los individuos identificados como *O. cf. hoeki* en el presente estudio, de acuerdo con Stebbing (1895) y Stubbings (1967):**

**Apariencia general.** Capítulo con forma elíptica pero la base de casi redondeada, con una longitud de 1091,72  $\mu\text{m}$  y ancho de 660,74  $\mu\text{m}$ . Cinco placas de color blanco opaco, acercándose unas a otras en ciertos puntos, pero en ninguna parte entran en contacto; la membrana externa translúcida moteada de cerca casi por todas partes con pequeñas manchas claras. Por lo general, el pedúnculo es dos veces más largo que el capítulo. El pedúnculo es de color translúcido, con una longitud promedio de 1696,34  $\mu\text{m}$ . En ocasiones se pudieron observar los ovarios (Figuras 3 y 4) (Stubbings, 1967).



**Figura 3. Vista lateral derecha de uno de los ejemplares de *Octolasmis* a los cuales se les observaron caracteres coincidentes con *O. cf. hoeki***

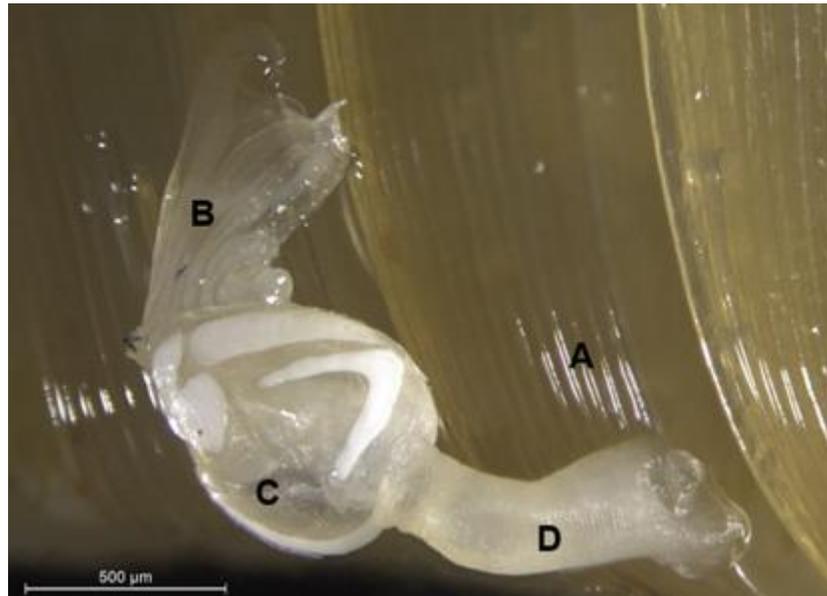


Figura 4. Ejemplar adulto de *Octolasmis* anclado en branquia de *M. spinosissimus*; (A) Laminillas branquiales, (B) cirros, (C) capítulo, (D) pedúnculo.

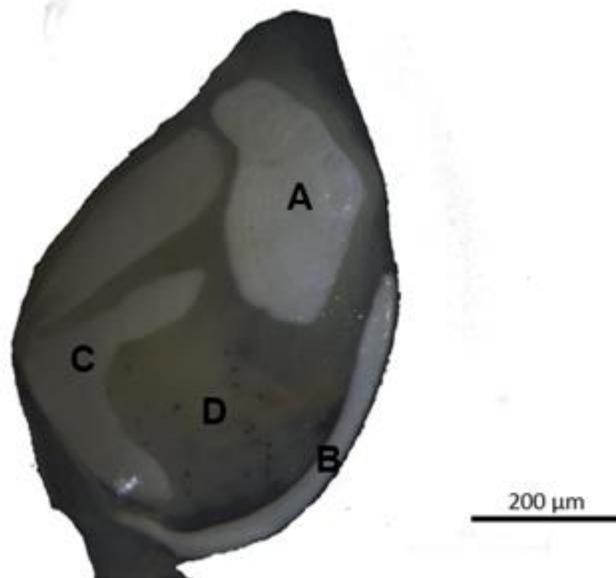


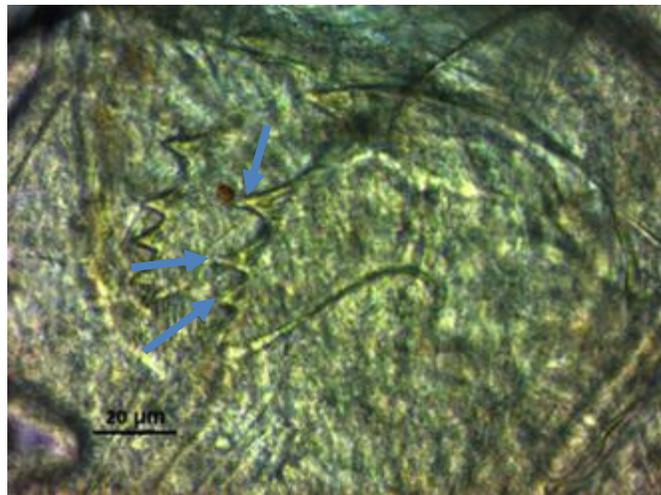
Figura 5. Vista del capítulo de *Octolasmis cf. hoeki*. donde se muestran las placas calcáreas; (A) tergum, (B) carina, (C) scutum, (D) manto con huevo nauplios eclosionados.

**Tergum.** La parte superior se proyecta con un ápice obtuso o agudo hacia el margen ocluyente del capítulo, la placa se ensancha hacia abajo, de modo que el margen externo está profundamente excavado, mientras que el margen interno o carinal es casi recto (Figura 5A).

**Carina.** Es largo y delgado, ligeramente curvado; la parte superior llega hasta la mitad del tergum y la inferior llega hasta un cuarto de scutum. La punta de la carina que se encuentra proyectada hacia arriba tiene forma obtusa, mientras que la punta es aguda (Figura 5B).

**Scutum.** El segmento ocluido es largo, estrecho, ligeramente curvado, agudo en la base, el ápice redondeado se acerca mucho al margen excavado del tergum; el segmento basal más corto que el ocluyente, pero mucho más ancho, triangular, el lado más largo ligeramente convexo, que se encuentra muy cerca del margen interno del segmento oclusivo; el lado interno ligeramente convexo en el centro. La unión de los dos segmentos está muy calcificada (Figura 5C).

**Mandíbulas.** Hay cinco dientes, los cuales en el extremo del margen convexo son los más grandes y remotos de los otros, y el más alejado de los cuatro restantes es comparativamente amplio y posiblemente denticulado (Figura 6) (Stebbing, 1895; Stubbings, 1967).



**Figura 6.** Mandíbula dónde se observan los dientes de *O. cf. hoeki* señalados con flechas azules.

**Cirros.** Posee seis pares de cirros, los cuales tienen segmentos y setas que varían (Tabla 6) (Figura 7).

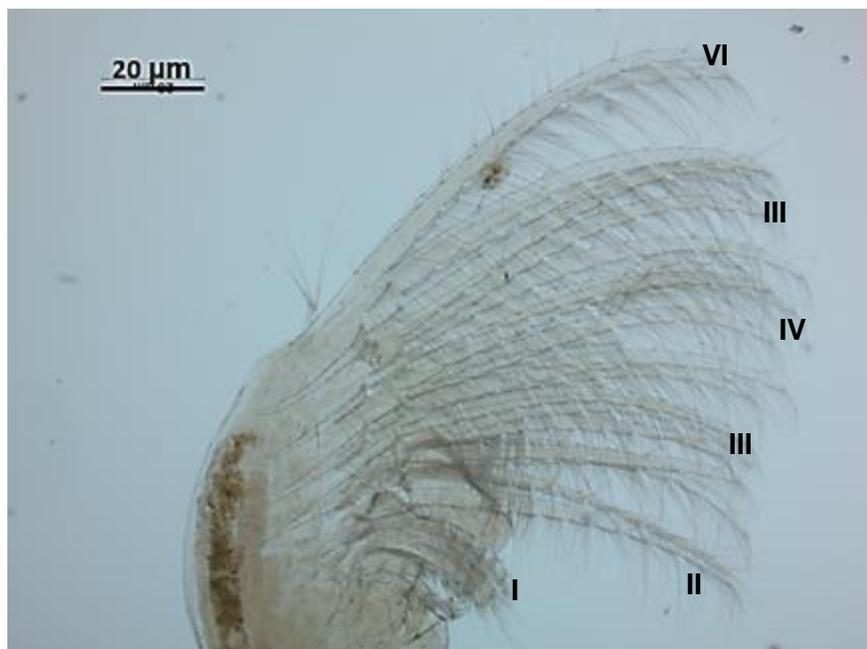


Figura 7. Pares de cirros del I al VI de *O. cf. hoeki*

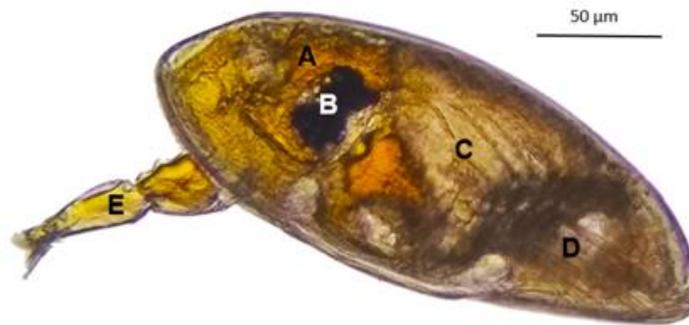
Tabla 6. Morfología de los cirros de *Octolasmis cf. hoeki*

Número del cirro	I	II	III	IV	V	VI
Número de segmentos por cirro	6	14	12	13	13	13
Número de setas por segmento	13	9-10	9-10	10	9	9

### 3.2.2 Identificación del morfotipo de larva cipris de cirrípedos

Se identificó la larva cipris por medio de la clave taxonómica para larvas de artrópodos marinos de Fornshell (2012).

**Apariencia general.** Cuerpo elíptico translúcido, color amarillo debido a las gotas de aceite que tiene dispersas por el cuerpo, pero se concentra alrededor del ojo naupliar. Posee una anténula de color amarillo. Se observa el ojo naupliar de color negro (Figuras 8 y 9).



**Figura 8. Vista lateral izquierda de una larva cipris de cirrípedo, posiblemente *Octolasmis* sp. (A) gotas de aceite, (B) ojo naupliar, (C) tórax, (D) apéndices torácicos, (E) anténula.**



Figura 9. Larva cipris anclada al raquis de una branquia de *M. spinosissimus*

### 3.2.3 Identificación de algas coralinas del Orden Corallinales (Silva & Johansen, 1986)

Por medio de las descripciones para el Orden Corallinales de Johansen (1981) y Fragoso y Rodríguez (2002), se identificaron individuos de algas pertenecientes a este grupo.

#### Clasificación de Orden Corallinales (Silva & Johansen, 1986)

**Phylum** Rhodophyta (Wettstein, 1901)

**Subphylum** Eurhodophytina (Saunders & Hommersand, 2004)

**Clase** Florideophyceae (Cronquist, 1960)

**Orden** Corallinales (Silva & Johansen, 1986)

**Descripción de las algas del Orden Corallinales obtenidas en el presente estudio, según la literatura disponible:**

**Apariencia.** Presentaron forma plana e irregular, y están fuertemente adheridas al caparazón de *M. spinosissimus*. Su textura es dura, su color es rojizo y crecen en parches radiales los cuales pueden llegar a superponerse (Figura 10 y 11) (Johansen, 1981).



**Figura 10. Algas del Orden Corallinales sobre caparazón de *M. spinosissimus*. La fecha color negro señala el alga incrustante y la fecha azul el caparazón del cangrejo.**



**Figura 11. Vista aumentada del alga incrustante. La fecha de color verde señala célula calcificada, la fecha negra conceptáculos uniporados y la fecha anaranjada un microplástico fusionado con el alga.**

### **3.2.4 Identificación del Poliqueto de la subfamilia Syllinae (Grube, 1850)**

Con la guía y clave de León-González et al. (2009) y San Martín et al. (2017), se identificó el poliqueto como parte de la subfamilia Syllinae. Este grupo se caracteriza por tener antenas, cirros tentaculares y cirros dorsales articulados (moniliformes), más o menos largos.

### Clasificación de la subfamilia Syllinae (Grube, 1850)

**Phylum** Annelida (Lamarck 1809)

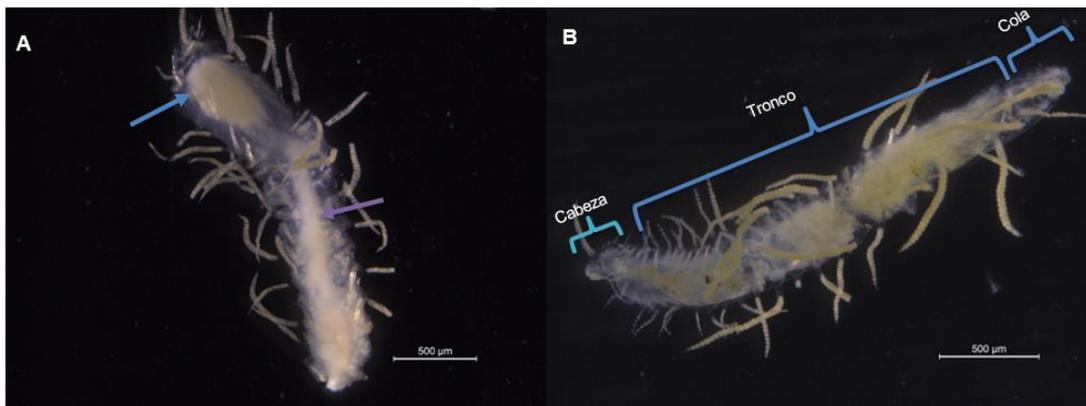
**Clase** Polychaeta (Grube, 1850)

**Orden** Phyllodocida (Dales, 1962)

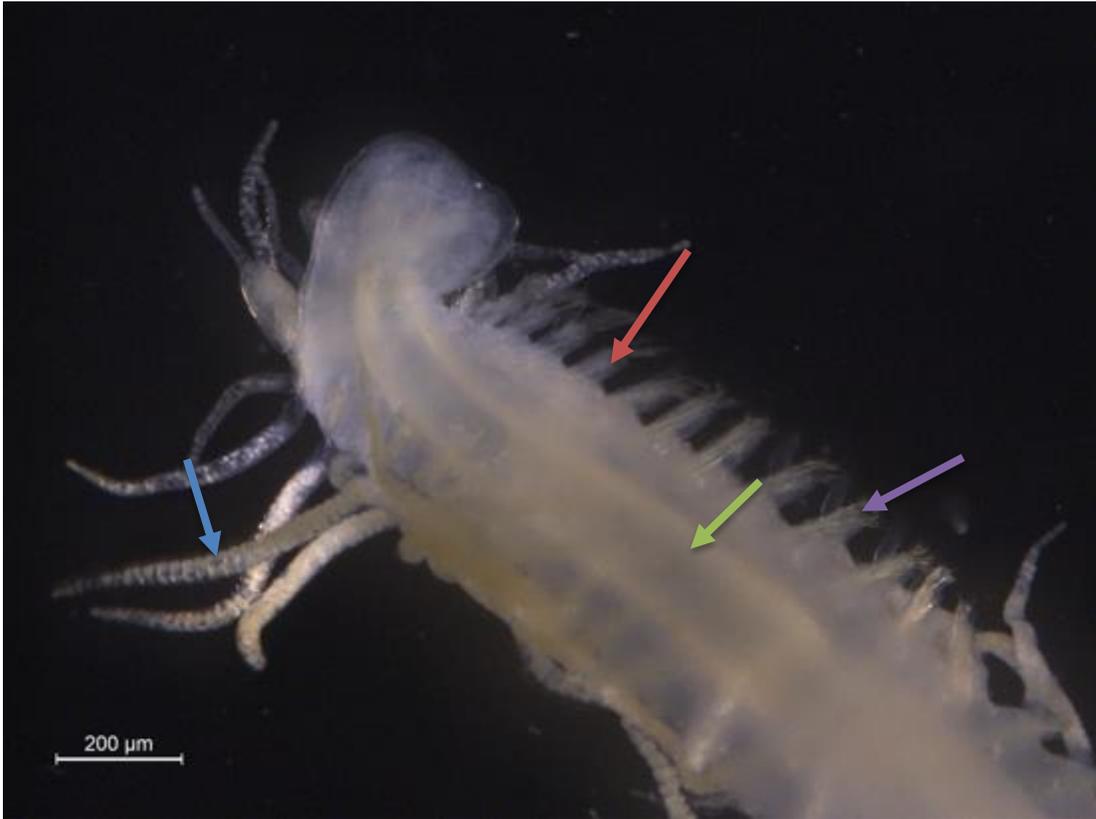
**Familia** Syllidae (Grube, 1850)

**Subfamilia** Syllinae (Grube, 1850)

**Apariencia general.** Son translúcidos, con antenas, cirros tentaculares y dorsales articulados. Se identificó la mandíbula, los parapodios que poseen setas, el proventrículo y la faringe (Figuras 12 y 13) (San Martín et al., 2017).



**Figura 12. Vista completa de poliqueto encontrado en branquias de *M. spinosissimus*. Flecha morada: faringe; flecha azul: proventrículo (A). El cuerpo se divide en tres regiones (Cabeza, tronco y cola) (B).**



**Figura 13. Vista aumentada de la región posterior del poliqueto. La flecha verde señala la faringe, flecha roja parapodios, flecha morada parapodios y flecha azul cirros dorsales articulados (moniliformes).**

### **3.3 Descriptores cuantitativos de las poblaciones de simbiontes.**

Con los descriptores cuantitativos evaluados, se determinó que dos de los tres taxones detectados tuvieron una prevalencia de 100% en los tres sitios (*Octolasmis* sp., algas coralinas) (Tablas 7-8), mostrando además altos grados de infestación. Los poliquetos mostraron diferencias en los porcentajes de prevalencia ya que solo se encontraron en la cámara branquial de un individuo de *M. spinosissimus* proveniente de Isla Providencia. Por consiguiente, los cangrejos de Isla Grande e Isla Fuerte tuvieron una prevalencia del 0% para la presencia de poliquetos (Tabla 9).

**Tabla 7. Descriptores cuantitativos de *Octolasmis* sp. para cada sitio**

<b>Descriptores</b>	Isla Grande	Isla Fuerte	Isla Providencia
Prevalencia (%)	100	100	100
Intensidad media	74,6	94,57	246,25
Intensidad	43-142	25-161	80-518
Abundancia	577	714	2381

**Tabla 8. Descriptores cuantitativos de algas coralinas para cada sitio**

<b>Descriptores</b>	Isla Grande	Isla Fuerte	Isla Providencia
Prevalencia (%)	100	100	100
Intensidad media	36,6	24,84	323,77
Intensidad	4-40	4-54	0-407
Abundancia	110	175	1503

**Tabla 9. Descriptores cuantitativos de poliquetos para cada sitio.**

<b>Descriptores</b>	Isla Grande	Isla Fuerte	Isla Providencia
Prevalencia (%)	0	0	12.5
Intensidad media	0	0	3
Intensidad	0	0	0-3
Abundancia	0	0	3

### **3.4 Distribución espacial de simbiontes a escala de microhábitat sobre *M. spinosissimus***

En todos los microhábitats descritos de los hospederos se pudieron detectar simbiontes, exceptuando en la masa de huevos. Todos los cangrejos estaban infestados con *Octolasmis* sp., registrándose un total 3672 individuos distribuidos en todos los microhábitats (caparazón, abdomen, pereiópodos, piezas bucales y cámara branquial). Las algas coralinas estuvieron en el 100% de los cangrejos y su distribución se limitó a

caparazón, abdomen, pereiópodos, y piezas bucales, con un total de 1503 individuos. Los poliquetos solo se encontraron en la cámara branquial de un cangrejo. (Tabla 10).

**Tabla 10. Distribución y abundancia de simbiontes sobre *Maguimithrax spinosissimus*.**

Microhábitat	<i>Octolasmis</i> sp.	Algas coralinas	Poliquetos
Caparazón	469	800	-
Piezas bucales	587	29	-
Pereiópodos	316	670	-
Abdomen	183	4	-
Cámara Branquial	1817	-	3
Total	3672	1503	3

La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las abundancias de *Octolasmis* sp. entre microhábitats ( $H= 40,31$ ,  $P<1,112 \times 10^{-07}$ ). La prueba de comparaciones múltiples de suma de rango de Wilcoxon por pares – MIT, mostró diferencias significativas ( $P<0,05$ ) para la abundancia de *Octolasmis* sp. en cámara branquial en comparación con el resto de microhábitats (Tabla 11).

**Tabla 11. Pruebas de suma de rangos de Wilcoxon que comparan las abundancias de *Octolasmis* sp. en cada microhábitat**

Marca con dos asteriscos (\*\*) significativos al nivel 0,01 y ns: no significancia de la prueba estadística.

<b>Microhábitat</b>	Cámara Branquial	Pereiópodos	Caparazón	Apéndices mandibulares
Pereiópodos	3,0x10 <sup>-6**</sup>	-	-	-
Caparazón	2,910 <sup>-5**</sup>	0,48096 <sup>ns</sup>	-	-
Apéndices mandibulares	0,00017 <sup>**</sup>	0,96753 <sup>ns</sup>	0,56900 <sup>ns</sup>	-
Abdomen	6,2x10 <sup>-6**</sup>	0,02864 <sup>**</sup>	0,00845 <sup>**</sup>	0,0423 <sup>**</sup>

La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las abundancias de algas coralinas en los microhábitats ( $p < 0,002577$ ). La prueba de comparaciones múltiples de suma de rango de Wilcoxon por pares – MIT, arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la abundancia del alga en pereiópodos y los apéndices mandibulares, y entre apéndices mandibulares y caparazón (Tabla 12).

**Tabla 12. Pruebas de suma de rangos de Wilcoxon que comparan las abundancias de algas coralinas en los microhábitats.**

Marca con dos asteriscos (\*\*) significativos al nivel 0,01 y ns: no significancia de la prueba estadística.

<b>Microhábitat</b>	Pereiópodos	Caparazón	Apéndices mandibulares
Caparazón	0,7332 <sup>ns</sup>	-	-
Apéndices mandibulares	0,0026 <sup>**</sup>	0,0024 <sup>**</sup>	-
Abdomen	0,1013 <sup>ns</sup>	0,0592 <sup>ns</sup>	0,0531 <sup>ns</sup>

### 3.5 Análisis de correlación

El análisis de correlación de Spearman sugiere que la abundancia de *Octolasmis* sp. se correlacionan positivamente con todas las medidas tomadas de *M. spinosissimus*, y todos

los coeficientes de correlación fueron significativos al nivel de 0,01. Las abundancias de algas coralinas tuvieron una correlación positiva débil para el peso, longitud y amplitud del caparazón. No obstante, los coeficientes de correlación fueron significativos para la longitud del caparazón y el peso de cangrejo (Tabla 13).

**Tabla 13. Análisis de correlación de Spearman de las medidas de *M. spinosissimus* y la abundancia de cada taxón. LC= longitud del caparazón, AC= amplitud del caparazón.**

<b>Marca con un asterisco (*) los coeficientes de correlación significativos al nivel 0,05, dos asteriscos (**) significativos al nivel 0,01 y ns denota no significancia.</b>		
<b>Medidas</b>	<i>Octolasmis</i> sp.	Algas Coralinas
LC	0,64**	0,39*
AC	0,60**	0,36 <sup>ns</sup>
PESO	0,66**	0,38*

Los coeficientes de determinación arrojaron altos valores para la abundancia de *Octolasmis* sp. con las medidas del cangrejo a comparación de la abundancia de algas coralinas. De esta manera, se encontró que el coeficiente de determinación es de 43,7%, de lo que se deduce que aproximadamente el 54% de la abundancia de *Octolasmis* sp. no está relacionado con el peso del cangrejo. Para las algas, el 15,3% (0,153) fue el valor más alto y refleja que más del 85% de la abundancia de las algas no está relacionado con la longitud del caparazón de *M. spinosissimus* (Tabla 14).

**Tabla 14. Coeficiente de determinación R<sup>2</sup> del Análisis de correlación de Spearman entre las medidas de *M. spinosissimus* y la abundancia de cada taxón. LC= longitud del caparazón, AC= amplitud del caparazón.**

<b>Medidas</b>	<i>Octolasmis</i> sp.	Algas Coralinas
LC	0,413	0,153
AC	0,354	0,133
PESO	0,437	0,146

### 3.6 Análisis de regresión lineal

El análisis de regresión arrojó que el peso y la longitud del caparazón tienen una relación significativa con la abundancia de *Octolasmis* sp., mientras que para la amplitud no hubo significancia. El coeficiente de determinación de 0.4337 mostró que el modelo se podría ajustar a las predicciones, sin embargo, no es muy eficiente (Figura 14). Para la longitud y amplitud el coeficiente de determinación fue bajo, por lo tanto, el modelo no podría explicar la relación (Figura 15-16).

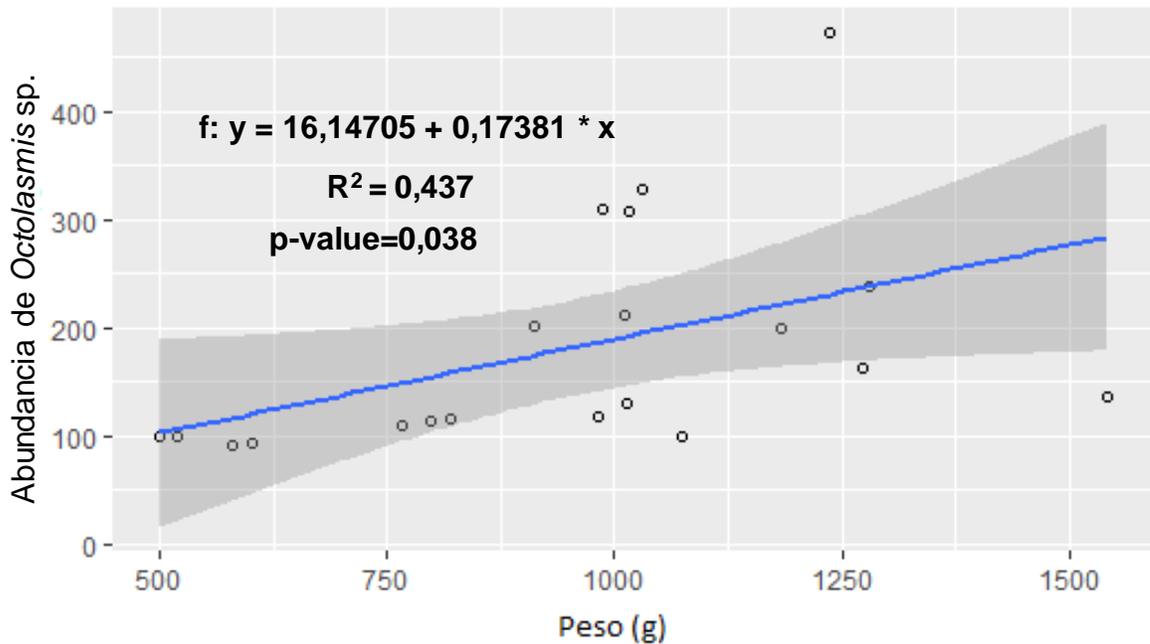


Figura 14. Relación entre el peso de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión.  $R^2$ , es el coeficiente de determinación ajustado.

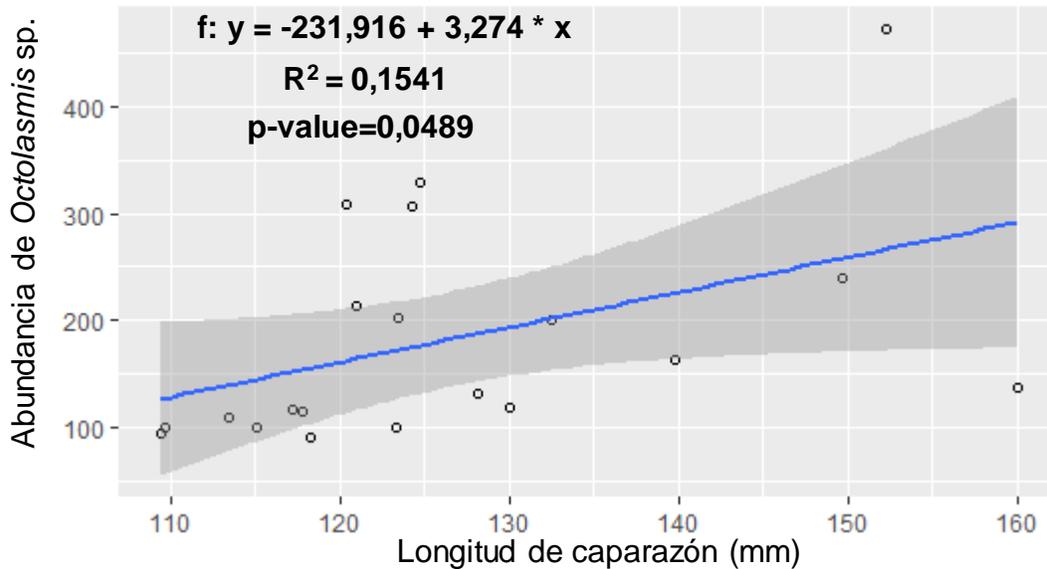


Figura 15. Relación entre la longitud de caparazón de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión. R<sup>2</sup>, es el coeficiente de determinación ajustado.

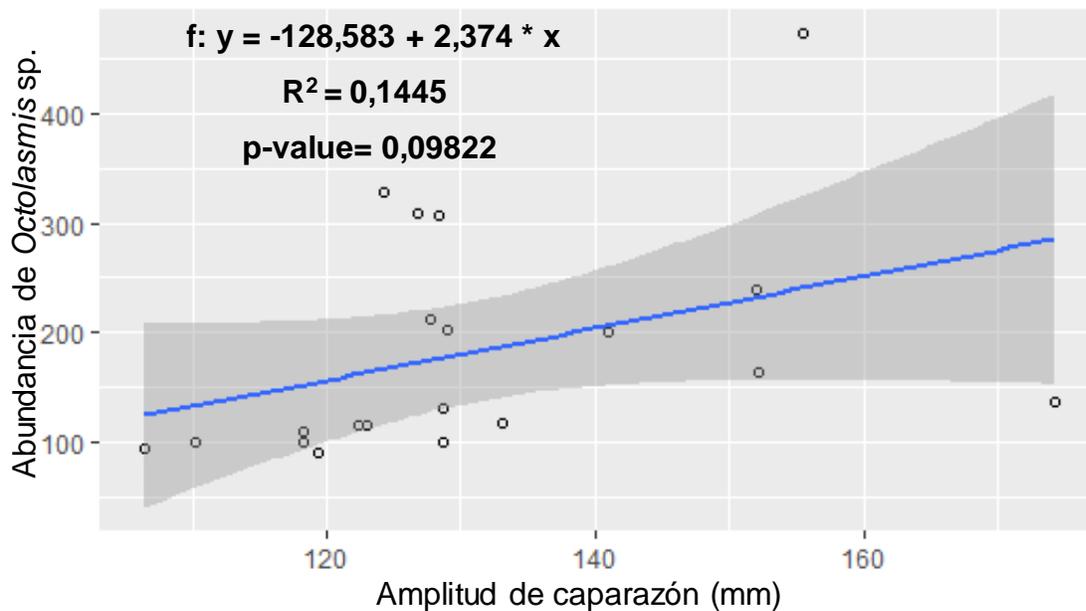


Figura 16. Relación entre la amplitud de caparazón de *M. spinosissimus* y la abundancia de *Octolasmis* sp. (f), corresponde a la ecuación de predicción obtenida por la regresión. R<sup>2</sup>, es el coeficiente de determinación ajustado.

## 4. Discusión

En este trabajo, se describen tres taxones de simbiontes presentes sobre su basibionte u hospedero, el cangrejo rey del Caribe *Maguimithrax spinosissimus* (Decapoda: Mithracidae). Los tres simbiontes hacen parte de los Phylum Arthropoda, Annelida y Rodophyta: percebes pedunculados *Octolasmis* sp., poliquetos de la subfamilia Syllinae, y algas coralinas del orden Corallinales; respectivamente. De acuerdo con los datos obtenidos, las claves taxonómicas consultadas y la literatura revisada, en el presente trabajo se describe a partir de un porcentaje de las muestras evaluadas el percebe pedunculado *Octolasmis* cf. *hoekii*, con lo cual se amplía el rango de distribución de esta especie como simbiote de *M. spinosissimus* de acuerdo con los datos encontrados para Isla Grande. Esto es debido a que Campos y Barrera (2019), identificaron tres morfotipos del género *Octolasmis*, siendo uno de ellos posiblemente *O. cf. hoekii*, aunque en dicho trabajo no se realizó una identificación taxonómica completa (Campos y Barrera, 2019).

En relación con *O. cf. hoekii*, se han publicado varios estudios donde lo describen como un simbiote parásito de diferentes especies de decápodos, incluyendo cangrejos marinos y langostas. *O. cf. hoekii* fue descrito originalmente en 1895 por Stebbing como simbiote presente en el aparato bucal de un palinúrido (Stebbing, 1895). En Sao Paulo, Brazil, este simbiote se describió nuevamente ya que fue encontrado en la cámara branquial del cangrejo *Libinia spinosa* (Young, 1990). Para la presente tesis, la morfología del pedúnculo y placas del capítulo de *O. cf. hoekii* tuvieron variaciones en el tamaño, pero siempre cumplieron con las características descritas por Stebbing (1894), Cantell, (1927), Stubbings (1967) y Young (1990), para *O. cf. hoekii* de las Indias Occidentales y de Cabo Verde (África). Como ejemplo de ello, el número de placas y forma de las placas del presente estudio concuerda con dichas características. Dadas las variaciones encontradas en el tamaño del pedúnculo y de las placas del capítulo encontradas en los ejemplares recolectados de *O. cf. hoekii*, dichas variaciones pueden ser explicadas por variación fenotípica en función de la etapa del ciclo de vida, alometría, ontogénica o estrés ecológico (Teswaran y Fernando, 1982).

A escala de microhábitats, los datos del presente estudio muestran que hay una preferencia marcada por las cámaras branquiales, pues del total de 3672 individuos de *Octolasmis* sp., alrededor del 50 % (1817) estaban ubicados en dicha estructura corporal. Voris y Jeffries (1997) y Mushtaq y Mustaqim (2009), mencionan que la cámara branquial brinda alimento, ya que pueden filtrar los alimentos de manera más o menos constante por la corriente respiratoria generada por el huésped, además de brindar protección y minimizar calcificación de las placas. Las placas capitulares estaban más reducidas en los individuos que se encontraban en la cámara branquial, mientras que en los demás microhábitats las placas eran grandes y robustas. Las placas capitulares robustas brindan protección a especies como *O. tridens* y *O. warwickii*, las cuales se encuentran en las partes expuestas del caparazón y los apéndices del huésped, mientras que la cámara branquial del huésped brinda protección para *O. angulata* la cual tiene placas capitulares reducidas (Voris y Jeffries, 1997). Algunas especies del género *Octolasmis* pueden haber adquirido protección contra la abrasión y la depredación a través de la selección de especies hospedadoras con atributos como gran tamaño, estilo de vida críptico o estructuras venenosas que les ofrecen protección especial (Voris y Jeffries, 1997; Teswaran y Fernando, 1982).

Las especies del género *Octolasmis* tienen gran afinidad por las branquias de cangrejos, puesto que es un sustrato adecuado y seguro para su asentamiento. Sin embargo, se pueden establecer en el exoesqueleto y pueden generar daños fisiológicos en el hospedero (Machado et al., 2013). La colonización masiva de cirrípedos en las cámaras branquiales tiene efectos negativos para los hospederos, ya que estos cirrípedos pueden reducir severamente el espacio disponible para el movimiento efectivo de las corrientes y para el intercambio gaseoso, conduciendo así a un incremento en las tasas de mortalidad de los hospederos (Gannon y Wheatly, 1992). Por ejemplo, altas densidades de *O. warwickii* sobre la superficie corporal de crustáceos como *Portunus sanguinolentus* (Decapoda: Portunidae), representan una carga que les impide nadar y moverse con facilidad, e individuos fuertemente infestados, podrían conseguir menos alimento, lo cual los haría más vulnerables a la depredación (Li et al., 2015).

Los datos obtenidos de abundancias de *Octolasmis* sp. sobre estructuras respiratorias como las cámaras branquiales de los ejemplares de *M. spinosissimus*, evaluados en este trabajo, son similares a los obtenidos en *Portunus sanguinolentus* por Li et al. (2015). Estos investigadores encontraron que de 16933 individuos de *O. bullata* presentes en 227 cangrejos, 10917 (64.5 %) estaban presentes en las superficies de las branquias, 3690 (21.8 %) estaban en las paredes de la cámara anterior, 2236 (13.2 %) se ubicaron sobre las paredes de la cámara branquial por debajo de las branquias, y sólo 90 individuos (0.5 %) se ubicaron sobre los escafnatitos de la segunda maxila (Li et al., 2015).

Mediante el análisis de correlación de abundancia de *Octolasmis* sp. con respecto a las medidas morfométricas amplitud y longitud de caparazón y peso de *M. spinosissimus*, se encontró una correlación positiva y significativa. Estos resultados coincide con lo publicado por Schejter y Spivak en 2005 para el cangrejo araña *Libinia granaria*. Estos autores determinaron que los ejemplares de *L. granaria* que tenían epibiontes eran significativamente más grandes que aquellos que no los portaban. Aunque la proporción de cangrejos sin epibiontes decrecía al incrementar su tamaño, en algunos cangrejos de gran tamaño no se observaban epibiontes sobre sus caparazones (Schejter y Spivak, 2005). Esto también se apoya con lo descrito por Abelló y Macpherson (1992), Shields (1992), y Dick et al. (1998), entre otros autores, quienes afirman que los individuos maduros tienen una mayor densidad epizoica que los individuos juveniles. No obstante, al comparar las correlaciones obtenidas en el presente trabajo con otros estudios se encuentran datos contradictorios. Para *Arenaus cribarius* (Decapoda: Portunidae), Costa y et al. (2010), al evaluar la correlación entre la edad del basibionte (amplitud del caparazón) y la intensidad de infestación de *Octolasmis lowei*, los valores de correlación de rangos de Spearman no fueron significativos ( $r = 0.15$ ,  $p = 0.188$ ), pero dicha correlación fue baja aunque significativa para el cirrípedo *Chelonibia patula* ( $r = 0.33$ ,  $P < 0.01$ ) (Costa et al., 2010).

En las regresiones lineales evaluadas en la presente investigación, únicamente el peso de los hospederos predijo el comportamiento de la abundancia de los percebes del género

*Octolasmis*, ( $R^2 = 0.437$ ). Esto podría explicarse porque algunos huéspedes son afectados negativamente por el epibionte debido a que aumentan su peso corporal (Dixon et al., 1981); y también podría explicarse por el tipo de crecimiento alométrico positivo de *M. spinosissimus*, demostrado por correlaciones positivas y significativas entre el peso y las medidas morfométricas longitud y amplitud de caparazón (0.93,  $R^2 = 0.879$ ; 0.94,  $R^2 = 0.894$ ; respectivamente) (Campos et al., 2015).

Scrocco (1973), sugiere que la alta abundancia de *Octolasmis* es influenciada por valores altos de salinidad, lo cual es apoyado por Bindu (2018), quien determinó que las larvas cypriis no pueden crecer o sobrevivir por debajo de ciertos valores de salinidad (< 20 UPS), siendo un factor determinante para realizar la metamorfosis a percebe (Kashenko y Korn, 2002; Rao y Lin, 2020). Esto concuerda con datos de salinidad obtenidos por otros autores para la zona bajo estudio, donde se muestra que Providencia tiene muy poca influencia de agua dulce (36 UPS) (Silvera y Zambrano, 2017), mientras que Isla fuerte (34 UPS) e Isla Grande (30 UPS) por su cercanía con el continente tienen niveles de salinidad fluctuantes, debido al influjo de las descargas de los ríos Sinú y Magdalena y del canal del Dique (Pujos, 1986; López y Díaz, 2000). En este trabajo, la mayor abundancia de *Octolasmis* se presentó en los cangrejos provenientes de Providencia. No obstante, dado que no se tomaron datos de calidad de agua, queda pendiente para estudios futuros evaluar la potencial influencia que puedan tener variables como salinidad, temperatura y turbidez, entre otras, sobre la abundancia de este y otros simbiontes asociados a *M. spinosissimus*.

En la presente investigación, se evalúan por primera vez descriptores cuantitativos para *Octolasmis* sp. sobre su hospedero *Maguimithrax spinosissimus* para el Caribe Colombiano. Este trabajo mostró una prevalencia del 100% y una abundancia de 3672 individuos de *Octolasmis* sp. para los tres sitios. Estos datos son similares a los publicados por Khattab, (2018), quienes encontraron una prevalencia de 92% y una abundancia de 3472 individuos de *O. angulata* en 180 cangrejos *Portunus pelagicus*. Para *O. angulata*, también se registró una alta prevalencia (63.5%) en *Charybdis callianassa* (Walker, 2001). Kumaravel et al. (2009), registraron para el género *Octolasmis* valores intermedios de

prevalencia (44.1%) sobre el cangrejo *Portunus sanguinolentus*. Para el cangrejo araña *Libinia spinosa*, se encontraron 30734 individuos de *O. lowei* con una prevalencia de 63% (Cordeiro y Costa 2010).

Las algas del orden Corallinales, son algas rojas calcáreas que poseen dos hábitos morfológicos fundamentales, pudiendo ser algas erectas articuladas o algas incrustantes. Los tipos incrustantes son llamadas algas coralinas costrosas, las cuales crecen como parches radiantes en forma de láminas sobre sustratos duros (rocas, caparazones de cangrejos y moluscos) (Adey y Macintyre, 1973), características semejantes a la morfoespecie de alga coralina presente en los caparazones recolectados de *M. spinosissimus*. En términos de cobertura de área, las algas coralinas costrosas dominan las comunidades submareales en el Atlántico y cubren gran parte de la superficie viva de muchos arrecifes, siendo un importante elemento en la construcción de los arrecifes, ayudando como un sustrato duro, útil para el asentamiento y desarrollo de otros organismos bentónicos (Adey, 1969; Morse, 1992).

Como parte de los resultados, se pudo observar que las algas coralinas fueron más abundantes en los caparazones (800) y pereiópodos (670), y menos abundantes en los apéndices mandibulares (29) y en el abdomen (4). Esto coincide con Rorandelli y colaboradores (2007), quienes evaluaron los patrones de distribución de algas coralinas incrustantes rojas sobre el cangrejo araña *Inachus phalangium*, dónde las algas representaron un valor de  $10.5 \pm 6.7\%$  de la cubierta del exosqueleto, siendo los pereiópodos del III al V quienes presentaron mayor densidad. De manera similar, Martinelli y colaboradores (2011), encontraron algas epibiontes en caparazón y pereiópodos del cangrejo *Inachus communissimus*, determinado que la cobertura de estas algas fue mayor en el primer y segundo par de pereiópodos (85% y 75%, respectivamente) que en el caparazón (37%). Parapar et al. (1997), encontraron que en el cangrejo araña *Maja squinado*, las algas marinas fueron el grupo dominante en cuanto al porcentaje de cobertura alcanzando un valor del 85,5%.

Para el presente trabajo, las algas coralinas estuvieron presentes en todos los individuos de *M. spinosissimus* (prevalencia del 100%), lo cual contrasta con lo publicado por Dvoretzky (2012), donde la prevalencia de las algas del Phylum Rhodophyta tales como *Palmaria palmata* y *Ptilota plumosa* fue de 37.5% y 39.6%, sobre el cangrejo *Hyas araneus*. Estos autores encontraron que estas algas estaban distribuidas en el caparazón, pereiópodos y aparatos bucales (Dvoretzky, 2012), lo que es similar con la distribución espacial de las algas coralinas sobre *M. spinosissimus* de esta investigación. Por su parte, Page (2009) encontró que para algunos cangrejos ermitaños, las algas coralinas son usadas más para camuflarse en los arrecifes que para la alimentación por su dura textura, proporcionándole a los cangrejos disminución de la depredación y un medio ventajoso para imitar el entorno. Además, Page y cols. hallaron que las las algas coralinas no solo fueron el epibionte presente más común tanto en cangrejos ermitaños como en el gasterópodo *Littorina littore*, sino que se asociaron fuertemente en presencia de otros epibiontes específicos como percebes, serpúlidos y briozoos (Page, 2009), lo cual es similar a lo encontrado en este estudio para *M. spinosissimus*, por lo menos en cuanto a la asociación con percebes del género *Octolasmis*.

Los niveles medios de las correlaciones entre la abundancia de algas coralinas y las medidas corporales como longitud (0.39) y amplitud de caparazón (0.36), y peso (0.38) de *M. spinosissimus*, podrían explicarse por el crecimiento lento que tienen este grupo de algas (Harrington et al., 2005), y por el proceso de ecdisis, es decir que cuando los cangrejos mudan sus exoesqueletos quedan libres de la mayoría de epibiontes (Hultgren et al., 2011). Dvoretzky (2012), expone que los cangrejos más viejos están expuestos a un mayor número de larvas que podrían asentarse y crecer, porque los cangrejos con caparazones viejos podrían llegar a una muda terminal. La disminución en la prevalencia y la biomasa total de algas con la edad del caparazón, podría explicarse por el hecho de que la superficie del caparazón de los cangrejos de caparazón viejo puede ser menos favorable para la colonización de algas debido a daños, infecciones bacterianas o competencia por el espacio con otras especies adheridas (Dvoretzky, 2012).

En cuanto a los poliquetos de la subfamilia Syllinae, solo estuvieron presentes en la cámara branquial de dos cangrejos machos provenientes de Isla Providencia, registrando una abundancia de solo tres (3) individuos y una tasa de infestación de 12.5%. Lo anterior es similar a lo encontrado por Dvoretzky y Dvoretzky (2009), quienes registraron una baja prevalencia (0.77) y abundancia (1) de esta familia en el exoesqueleto del cangrejo *Paralithodes camtschaticus*. Estos mismos autores encontraron un bajo porcentaje de ocurrencia de poliquetos de la familia Polynoidae en el caparazón (18.8%), cámara branquial (3.1%) y pereiópodos (6.3%); y alto en el abdomen (71.9) (Dvoretzky y Dvoretzky, 2009). Según Martin y Britayev (1998), la baja tasa de infestación de los poliquetos parásitos es habitual para algunos invertebrados y peces, lo cual también es explicado por su peculiar modo de vida.

Los organismos no sésiles como los poliquetos pueden seleccionar áreas específicas en los huéspedes de acuerdo con sus preferencias; por lo tanto, la localización en los cangrejos generalmente depende de la relación con los huéspedes, los cuales le pueden brindar al simbiote protección y alimento (Martin y Britayev, 1998). Las larvas de los poliquetos son colonizadores gregarios, al igual que los percebes. No obstante, para este estudio sólo se encontraron tres individuos, lo cual podría explicarse por el hecho de que las larvas de poliquetos prefieren superficies con una película bacteriana, la cual puede tardar varios meses en formarse en los cangrejos (Williams, 1964; Gili et al., 1993). McGaw (2006), encontró poliquetos principalmente en los cangrejos más grandes, los cuales parecían haber estado entre mudas durante algunos años. Esto a su vez coincide con la presente investigación, en donde los poliquetos encontrados estuvieron presentes en cangrejos de gran tamaño (152.3 y 155.5 mm longitud y amplitud de caparazón, respectivamente).

Se han registrado varias especies de poliquetos como *Ophryotrocha geryonicola*, *Iphitime doderleini* y *I. loxorhynchien* las cámaras branquiales de los crustáceos decápodos *Geryon tridens*, *Maerocheira kaernpferi* y *Loxorhynchus grandis*, respectivamente (Wesenberg-Lund, 1938; Hartman, 1951). Estas investigaciones sugieren que los poliquetos

probablemente dañan los tejidos de sus huéspedes, adhiriéndose a las branquias y succionando su hemolinfa, por medio de estiletes perforantes y una faringe succionadora. En el Caribe, se ha encontrado a esta subfamilia de poliquetos asociada a macroalgas, esponjas, praderas marinas, raíces de mangle y conchas de caracol (Ruiz–Ramírez y Harris 2008; Lattig y Martin, 2011), por lo que podría coincidir con los hábitats de *M. spinosissimus*, los cuales son arrecifes de coral, estructuras que presentan una alta diversidad y abundancia de estas y otras asociaciones ecológicas (Gibson et al., 2011). Por otra parte, Martin et al. (2008), documentaron por primera vez poliquetos del género *Haplosyllides* de la familia Syllidae, adheridos a los pleópodos del camarón *Platycaris latirostris*, siendo la primera asociación gusano-camarón que se considera ectoparásita. Esto representó la primera asociación de este tipo observada entre poliquetos y camarones, pero también entre Syllidae y crustáceos en general. De manera similar a lo mencionado en cuanto a algas costrosas en la presente tesis, este es el primer reporte de la asociación de poliquetos de la subfamilia Syllinae sobre cámaras branquiales de *M. spinosissimus* en el Caribe Colombiano.

## 5. Conclusiones

- En el presente estudio se realizó un análisis de la identificación de simbiontes y de su distribución a escala de microhábitat, sobre su hospedero, el cangrejo rey del Caribe *Maguimithrax spinosissimus*, en Isla Grande, Isla Fuerte e Isla Providencia de su área de distribución en el mar Caribe colombiano. Asimismo, se evaluaron por primera vez descriptores cuantitativos como prevalencia, intensidad, intensidad media y abundancia, de los simbiontes asociados a *M. spinosissimus* en el Caribe colombiano, y su grado de correlación entre las medidas morfométricas de los hospederos y la abundancia de simbiontes.
- Se identificaron tres taxones de simbiontes asociados a *M. spinosissimus* procedentes de tres ecosistemas de arrecifes coralinos del Caribe colombiano, entre los cuales se encuentra un crustáceo cirrípedo, *Octolasmis* sp., y la especie

*O. cf. hoeki*, así como dos nuevos registros de simbiontes (algas del orden Corallinales y poliquetos de la subfamilia Syllidae) para el Caribe Colombiano. Esto a su vez muestra que *M. spinosissimus* es un hospedero ideal para el establecimiento de simbiontes.

- Los percebes del género *Octolasmis* y las algas de orden Corallinales estuvieron presentes en todos los sitios de muestreo, mientras los poliquetos solo se encontraron en Providencia, lo cual puede ayudar a suponer que hay diferencias entre los sitios de muestreo en términos de su diversidad y posiblemente, en términos de sus parámetros de calidad de agua. Para confirmar esto, hacen falta estudios adicionales.
- Altas abundancias del percebe *Octolasmis*, podrían repercutir negativamente en las poblaciones de *M. spinosissimus*. Caso contrario de las algas coralinas, en las cuales altos valores de abundancia pueden ser útiles para el camuflaje de sus hospederos en los ecosistemas de arrecifes de coral.
- En este estudio, el género *Octolasmis* puede considerarse un parásito con alta capacidad de colonizar los distintos microhábitats (cámara branquial y exoesqueleto) de *M. spinosissimus*. Por su parte, las algas coralinas se restringieron al exoesqueleto, lo cual se puede explicar por la necesidad de realizar fotosíntesis, y los poliquetos solo a la cámara branquial, lo que podría indicar la especificidad de ambos taxones para colonizar a sus hospederos.
- En general, los cangrejos con mayor tamaño fueron los que presentaron mayor abundancia de simbiontes, lo que puede ser explicado por tener mayor área para la colonización.
- El presente trabajo provee información novedosa de *Maguimithrax spinosissimus* y de las relaciones ecológicas con especies como los simbiontes descritos, dado que tienen importancia en análisis de biodiversidad, y para aumentar el conocimiento sobre los potenciales efectos de los simbiontes sobre la fisiología del hospedero.

## 6. Recomendaciones

- Para realizar la confirmación taxonómica de especies como *O. cf. hoeki*, así como de las otras dos morfoespecies halladas en esta investigación, se recomienda llevar a cabo estudios moleculares, incluyendo la evaluación de códigos de barras genéticos para la identificación de los simbiontes.
- Para incrementar la diversidad y abundancia de otras especies de simbiontes en este crustáceo, podría llevarse a cabo la búsqueda y recolección de simbiontes en campo, lo cual puede ayudar a evitar pérdida de simbiontes o su deterioro.
- Asimismo, se podría aumentar el número de individuos a recolectar y el número de sitios de muestreo. No obstante, esto depende obviamente de elementos de logística y financiación.
- Por último y no menos importante, para futuros trabajos se debería vincular el conocimiento de los pescadores para estas investigaciones, lo cual puede ayudar en algunas de las recomendaciones descritas previamente, y a su vez, puede ayudar a que se amplíe su conocimiento en cuanto a la función ecológica de las especies de simbiontes encontradas en sus objetos de pesca.

## 7. Referencias Bibliográficas

Abelló, P., Villanueva, R., y Gili, J. M. (1990). Epibiosis in deep-sea crab populations as indicator of biological and behavioural characteristics of the host. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 70(4), 687-695.

Abelló, P., y Macpherson, E. (1992). Epibiosis and rhizocephalan infestation patterns in relation to the reproductive biology of *Lithodes ferox* (Filhol, 1885) (Anomura: Lithodidae). *Journal of Crustacean Biology*, 12(4), 561-570.

Adey, H. W. (1969). Investigations on the crustose corallines of the North Atlantic Ocean. *National Geographic Society Research Report* 1964, 1-4.

Adey, W. H., y Macintyre, I. G. (1973). Crustose coralline algae: a re-evaluation in the geological sciences. *Geological Society of America Bulletin*, 84(3), 883-904.

Baeza, J. A., Holstein, D., Umaña-Castro, R., y Mejía-Ortíz, L. M. (2019). Population genetics and biophysical modeling inform metapopulation connectivity of the Caribbean king crab *Maguimithrax spinosissimus*. *Marine Ecology Progress Series*, 610, 83-97.

Baeza, J. A., Simpson, L., Ambrosio, L. J., Mora, N., Guéron, R., y Childress, M. J. (2016). Active parental care, reproductive performance, and a novel egg predator affecting reproductive investment in the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. *BMC Zoology*, 1(1), 1-6.

Bermúdez, A., Campos, N. H., y Navas, G. R. (2002). Crustáceos. En N. Ardila, G. R. Navas y J. Reyes (Eds.), *Libro rojo de los invertebrados marinos de Colombia*. (pp. 101-122). Bogotá, Colombia: INVEMAR. Ministerio del Medio Ambiente. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia.

Bindu, L. (2018). Seasonal variations in the distribution of pedunculate barnacle *Octolasmis* spp. on *Scylla serrata* (Forsk., 1775) from the Ayiramthengu mangroves, Kerala. *Earth and Environmental Science*, 454, 1-6.

Bush, A. O., Shostak, A. W., y Lafferty, K. D., Lotz, J. M. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4), 575-583.

Butler, M. J., y Mojica, A. M. (2012). Herbivory by the Caribbean king crab on coral patch reefs. *Marine biology*, 159(12), 2697-2706.

Campos C., N. H. y Barrera, J. (2019). *Maguimithrax spinosissimus*: una especie amenazada. En: Campos, N. H. y Acero, A. (Eds). 2019. Ciencias del mar: una mirada desde la Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición. Isla de San Andrés: Universidad Nacional de Colombia (Sede Caribe). Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (Cecimar); Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 220 p.

Campos, N. H., Lagos, A. M., Bermúdez, A., y Márquez, E. (2015). Estructura de la población del cangrejo rey *Damithrax spinosissimus* en el Caribe colombiano. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 39(153), 491-502.

Cantell, C. A. (1927). I.—Studies on Cirripeds in the British Museum (Nat. Hist.). *Annals and Magazine of Natural History*, 2(7), 1-39.

Close, M. B., Banister, K., Baumans, V., Bernoth, E. M., Bromage, N., Bunyan, J. y Warwick, M. C. (1997). Recomendaciones para la Eutanasia de los Animales de Experimentación: Parte 2. *Laboratory Animals*, 31(1), 1-32.

Cordeiro, C. A. M. M., y Costa, T. M. (2010). Infestation rates of the pedunculated barnacle *Octolasmis lowei* (Cirripedia: Poecilasmatidae) on the spider crab *Libinia spinosa* (Decapoda: Majoidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(2), 315-322.

Creswell, R. L. (2010). The cultivation of marine invertebrates indigenous to the Wider Caribbean Region: established culture techniques and research needs for crustacean. In Lovatelli, A., y Sarkis, S. A. (Ed.), *A regional shellfish hatchery for the Wider Caribbean* (pp. 105-246). Kingston, Jamaica: FAO Regional Technical Workshop. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings.

Díaz, J. M., Sánchez, J. A., y Díaz-Pulido, G. (1996). Geomorfología y formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 25, 87-105.

Dick, M. H., Donaldson, W. E., y Vining, I. W. (1998). Epibionts of the tanner crab *Chionoecetes bairdi* in the region of Kodiak Island, Alaska. *Journal of Crustacean Biology*, 18(3), 519-527.

Dixon, J., Schroeter, S. C., y Kastendiek, J. (1981). Effects of the Encrusting Bryozoan, *Membranipora membranacea*, on the Loss of Blades and Fronds by the Giant Kelp, *Macrocystis pyrifera* (Laminariales). *Journal of Phycology*, 17(4), 341-345.

Dumbauld, B. R., Chapman, J. W., Torchin, M. E., y Kuris, A. M. (2011). Is the collapse of mud shrimp (*Upogebia pugettensis*) populations along the Pacific coast of North America caused by outbreaks of a previously unknown bopyrid isopod parasite (*Orthione griffenis*)? *Estuaries and Coasts*, 34(2), 336-350.

Dvoretzkiy, A. G., y Dvoretzkiy, V. G. (2009). Epibionts of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) in Sayda Inlet of Kola Bay. *Inland Water Biology*, 2(3), 276-279.

Dvoretzkiy, A. G. (2012). Epibionts of the great spider crab, *Hyas araneus* (Linnaeus, 1758), in the Barents Sea. *Polar biology*, 35(4), 625-631.

Fornshell, J. A. (2012). Key to marine arthropod larvae. *Arthropods*, 1(1), 1.

Fragoso, D., y Rodríguez, D. (2002). Algas coralinas no geniculadas (Corallinales, Rhodophyta) en el Pacífico tropical mexicano. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73(2), 97-136.

Gannon, A. T., and Wheatly, M. G. 1992. Physiological effects of an ectocommensal gill barnacle, *Octolasmis muelleri*, on gas-exchange in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Journal of Crustacean Biology*, 12, 11–18.

George-Nascimento, M. y Bustos, J. (2006). Efectos del rizocéfalo *Loxothylacus armatus* (Cirripedia: Rhizocephala) en el cangrejo *Paraxanthus barbiger* (Decapoda: Brachyura) en Chile. *Revista chilena de historia natural*, 79 (2), 147-154.

Gibson, R., Atkinson, R., Gordon, J., Smith, I., y Hughes, D. (2011). Coral-associated invertebrates: diversity, ecological importance and vulnerability to disturbance. *Oceanogr. Mar. Biol*, 49, 43-104.

Gili, J. M., Abello, P., y Villanueva, R. (1993). Epibionts and intermoult duration in the crab *Bathynectes piperitus*. *Marine ecology Progress series*, 98, 107-113.

Guzman, H. M., y Tewfik, A. (2004). Population Characteristics and Co-occurrence of three exploited decapods (*Panulirus argus*, *P. guttatus*, *Mithrax spinosissimus*) in Bocas del Toro, Panama. *Journal of Shellfish Research*, 23(2), 575-580.

Harrington, L., Fabricius, K., Eaglesham, G., y Negri, A. (2005). Synergistic effects of diuron and sedimentation on photosynthesis and survival of crustose coralline algae. *Marine pollution bulletin*, 51(1-4), 415-427.

Hartman, O. (1951). The littoral marine annelids of the Gulf of Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci.*, 2, 7-124

Hazlett, B., Y Rittschof, D. (1975). Daily movements and home range in *Mithrax spinosissimus* (Majidae, Decapoda). *Marine y Freshwater Behaviour y Phy*, 3(2), 101-118.

Heath, D. J. (1976). The distribution and orientation of epizoic barnacles on crabs. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 59(1), 59-67.

Hendrickx, M. E. (1999). *Los Cangrejos Braquiros (Crustacea: Brachyura: Majoidea y Parthenopoidea) del Pacífico Mexicano*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México: CONABIO.

Howe, C. (1994). Symbiotic interactions. *Trends in Ecology y Evolution*, 9(12), 497.

Hultgren, K. M., Stachowicz, J. J., Stevens, M., y Merilaita, S. (2011). Camouflage in decorator crabs: integrating ecological, behavioural and evolutionary approaches. *Animal camouflage*, 214-229.

Hurtado-Alarcón, J. C., Campos Campos, N. H., Bermúdez Tobón, A., y Márquez, E. J. (2018). Phylogeographic patterns in *Maguimithrax spinosissimus* (Decapoda: Mithracidae)

from Colombian Caribbean. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 52(1), 118-137.

Ihwan, M. Z., Shaharom-Harrisson, F., Marina, H., y Wahidah, W. (2013). A comparative prevalence study of ectoparasites in wild and cultured grouper before and after transportation. *Journal of Sustainability Science and Management*, 8(1), 121-125.

Jeffries, W. B., y Voris, H. K. (1996). A subject-indexed bibliography of the symbiotic barnacles of the genus *Octolasmis* Gray, 1825 (Crustacea: Cirripedia: Poecilasmatidae). *Raffles Bulletin of Zoology*, 44, 575-592.

Johansen, H., W. (1981). *Coralline Algae, u First Synthesis*. Baco Raton, Florida: CRC Press. 1-256.

Kashenko, S. D., y Korn, O. M. (2003). Combined effects of seawater temperature and salinity on development of the larvae of the rhizocephalan *Peltogaster reticulatus* (Crustacea: Cirripedia). *Russian Journal of Marine Biology*, 29(3), 150-155.

Keats, D. W., y Chamberlain, Y. M. (1993). *Sporolithon ptychoides* Heydrich and *S. episporum* (Howe) Dawson: two crustose coralline red algae (Corallinales, Sporolithaceae) in South Africa. *South African journal of botany*, 59(5), 541-550.

Khattab, R. A. (2018). Infestation and morphological identification of the stalked epizoic barnacle *Octolasmis* on the blue crab *Portunus pelagicus* from the Red Sea. *Journal of Oceanology and Limnology*, 36(4), 1374-1382.

Kumaravel, K., Ravichandran, S., y Rameshkumar, G. (2009). Distribution of barnacle *Octolasmis* on the gill region of some edible crabs. *Academic Journal of Entomology*, 2(1), 36-39.

Lattig, P., y Martin, D. (2011). Sponge-associated Haplosyllis (Polychaeta: Syllidae: Syllinae) from the Caribbean Sea, with the description of four new species. *Scientia Marina*, 75(4), 733-758.

León-González, J. A., J. R. Bastida-Zavala, L. F. CarreraParra, M. E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S. I. SalazarVallejo y V. Solís-Weiss (eds). 2009. *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América Tropical*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey. 737.

Leung, T. Y., y Jones, D. S. (2000). Barnacles (Cirripedia: Thoracica) from epibenthic substrata in the shallow offshore waters of Hong Kong. In Morton, B. (Ed.). *The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China V*. (pp. 105-127). The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China. Hong Kong University Press, Hong Kong.

Li, H.-X., Yang, C.-P., Ma, L.-S., Li, L., Yu, X.-J., y Yan, Y. (2015). Colonization of *Octolasmis* (Cirripedia) on the crab *Portunus sanguinolentus* (Brachyura: Portunidae): impacts of the parasitism of *Diplothylacus sinensis* (Cirripedia: Rhizocephala). *Journal of Crustacean Biology*, 35(2), 159–165.

López, M., y Díaz, J. M. (2000). Morfología y estructura de las formaciones coralinas del archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 24(91), 219-231.

Machado, G. B. D. O., Sanches, F. H., Fortuna, M. D., y Costa, T. M. (2013). Epibiosis in decapod crustaceans by stalked barnacle *Octolasmis lowei* (Cirripedia: Poecilasmatidae). *Zoologia (Curitiba)*, 30(3), 307-311.

Maldonado, M., y Uriz, M. J. (1992). Relationships between sponges and crabs: patterns of epibiosis on *Inachus aguarii* (Decapoda: Majidae). *Marine Biology*, 113(2), 281-286.

Mantelatto, F. L., O'Brien, J. J., y Biagi, R. (2003). Parasites and symbionts of crabs from Ubatuba Bay, São Paulo state, Brazil. *Comparative Parasitology*, 70(2), 211-215.

Márquez, E., Hurtado-Alarcón, J.C., Alzate, J., Isaza, J., Campos, N. (2016). Mitochondrial genome of the Caribbean king crab *Damithrax spinosissimus* (Lamarck, 1818) (Decapoda: Majidae). *Mitochondrial DNA Part A*, 2016; 27(3), 1724-1725.

Martin, D., Marin, I., y Britayev, T. A. (2008). Features of the first known association between Syllidae (Annelida, Polychaeta) and crustaceans. *Organisms Diversity y Evolution*, 8(4), 279-281.

Martin, D., y Britayev, T. A. (1998). Symbiotic polychaetes. *Oceanography and Marine Biology: an annual review*, 36, 217.

Martinelli, M., Betti, F., Di Camillo, C., Puce, S., y Bavestrello, G. (2011). Patterns of epibiont colonisation on the spider crab *Inachus communissimus* (Decapoda, Inachidae) from the Northern Adriatic Sea (Mediterranean Sea). *Italian journal of zoology*, 78(4), 517-523.

Martínez-Daranas, B., Fragoso, D. y Rodríguez, D. (2000). Introducción al estudio de las algas del orden Corallinales (Rhodophyta) en Cuba. Conference: MARCUBA: La Habana.

McGaw, I. J. (2006). Epibionts of sympatric species of Cancer crabs in Barkley Sound, British Columbia. *Journal of Crustacean Biology*, 26(1), 85-93.

McKeon, C. S., y Moore, J. M. (2014). Species and size diversity in protective services offered by coral guard-crabs. *Journal of Life and Environmental Sciences*, e574, 1-5.

Morse, A. N. C. (1992). Role of algae in the recruitment of marine invertebrate larvae. *Plant-animal interactions in the marine benthos*, 46, 385-403.

Mushtaq S, Mustaqim J M. 2009. The occurrence and distribution of stalked barnacles of the genus *Octolasmis* on the gills of mud or mangrove crab, genus *Scylla*. *Crustaceana*, 82 (1), 53-61.

Osorio-Arciniegas, A. (2005). Distribución y patrones de ocupación de refugios naturales de las langostas *Panulirus argus* (Latreille, 1804) y *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) en el hábitat arrecifal coralino (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis), Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Page, L. C. (2009). Distribution of epibionts and their effects on the marine snail *Littorina littorea* in northern New England. *ProQuest Dissertations and Theses*, 139.

Parapar, J., Fernandez, L., Gonzalez-Gurriaran, E., y Muino, R. (1998). Epibiosis and masking material in the spider crab *Maja squinado* (Decapoda: Majidae) in the Ria de Arousa (Galicia, NW Spain). *Oceanographic Literature Review*, 7(45), 1185.

Pilsbry, H. (1911). Remarks on New Cirripedes. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 63(1), 170-173.

Porras-Díaz, D. C. (2010). *Aporte al conocimiento de algunos aspectos poblacionales y de la pesquería de la langosta espinosa Panulirus argus (Latreille, 1804) y de la cangreja Mithrax spinosissimus (Latreille, 1818) capturadas en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo, sector Archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano* (Bachelor's thesis), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Pujos, M., Pagliardini, J., Steer, R., Vernet, G., y Weber, O. (1986). Influencia de la contra-corriente norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. *Boletín Científico. CIOH*, 6, 3-15.

Rao, X., y Lin, G. (2020). Effects of age, salinity and temperature on the metamorphosis and survival of *Capitulum mitella* cyprids (Cirripedia: Thoracica: Scalpellomorpha). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(1), 55-62.

Rathbun, M. J. (1925). The spider crabs of America. *Bulletin of the United States National Museum*, 1-613.

Rodríguez, B. y Hendrickx, M. (1992). Camarones, langostas y cangrejos. En F. Cervigón, R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez (Eds.), *Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América*. (pp. 103-162). Roma. Preparado con el financiamiento de la comisión de Comunidades Europeas, FAO y de NORAD. FAO.

Rorandelli, R., Gomei, M., Vannini, M., y Cannicci, S. (2007). Feeding and masking selection in *Inachus phalangium* (Decapoda, Majidae): dressing up has never been so complicated. *Marine Ecology Progress Series*, 336, 225-233.

Ruiz-Ramírez, J. D., y Harris, L. H. (2008). *Branchiosyllis salazari* sp. (Polychaeta, Syllidae) del Caribe noroccidental y comentarios sobre el material tipo de *B. exilis* (Gravier, 1900). *Animal Biodiversity and Conservation*, 31(2), 1-9.

San Martín, G., Rozbaczylo, N., y Díaz-Díaz, O. (2017). Guía y claves para el reconocimiento de las subfamilias, géneros y especies de Syllidae registradas a lo largo de la costa de Chile, archipiélago Juan Fernández e isla de Pascua (Annelida: Phyllodocida: Syllidae). En *Anales del Instituto de la Patagonia* (pp. 7-50). Universidad de Magallanes.

San Martín, G., y Worsfold, T. M. (2015). Guide and keys for the identification of Syllidae (Annelida, Phyllodocida) from the British Isles (reported and expected species). *ZooKeys*, (488), 1.

Santos, C., Bueno, S. L., y Norenburg, J. L. (2006). Infestation by *Carcinonemertes divae* (Nemertea: Carcinonemertidae) in *Libinia spinosa* (Decapoda: Pisidae) from São Sebastião Island, SP, Brazil. *Journal of Natural History*, 40(15-16), 999-1005.

Schejter, L., y Spivak, E. (2005). Morphometry, sexual maturity, fecundity and epibiosis of the South American spider crab *Libinia granaria* (Brachyura: Majoidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(4), 857-863.

Scrocco, V. M. Effect of Water Salinity on the Incidence of Symbionts of The Blue Crab, *Callinectes Sapidus* (Rathbun). In *Proceedings of University Seminar on Pollution and Water Resources* (No. 75, p. 64). New Jersey Department of Environmental Protection, Bureau of Geology y Topography.

Shields, J. D. (1992). Parasites and symbionts of the crab *Portunus pelagicus* from Moreton Bay, Eastern Australia. *Journal of Crustacean Biology*, 12(1), 94-100.

Silvera, J. M., y Zambrano, A. M. (2017). Aspectos físicos del agua de mar entre las islas de Providencia y Cayo Bajo Nuevo durante la época de lluvias de 2016. *Boletín Científico CIOH*, 35, 3-12.

Stebbing, T. R. (1895). IV.—Notes on Crustacea. *Journal of Natural History*, 15(85), 18-25.

Stubbings, H. G. (1967). The cirriped fauna of tropical West Africa. *Bull. B. Mus. (Nat. Hist.) Zool.*, 16(5), 227-319.

Teswaran, K., y Fernando, S. A. (1982). Distribution and variation in form of the epizoic cirriped *Octolasmis cor* (Aurivillius, 1893). *Indian Journal of Marine Sciences*, 11(3), 243-246.

Thatje, S., y Calcagno, J. (2014). Brachyura. (Eds.). *En Los Invertebrados Marinos*. (pp. 203-210). Buenos Aires, Argentina: Vazquez Mazzini.

Torchin, M. E., Lafferty, K. D., y Kuris, A. M. (2001). Release from parasites as natural enemies: increased performance of a globally introduced marine crab. *Biological Invasions*, 3(4), 333-345.

Tunberg, B. G., y Creswell, R. L. (1991). Development, growth, and survival in the juvenile Caribbean king crab *Mithrax spinosissimus* (Lamarck) reared in the laboratory. *Journal of Crustacean Biology*, 11(1), 138-149.

Voris, H. K., y Jeffries, W. B. (1997). Size, distribution, and significance of capitular plates in *Octolasmis* (Cirripedia: Poecilasmatidae). *Journal of Crustacean Biology*, 17(2), 217-226.

Wagner, H. P. (1991). The genera *Mithrax* Latreille, 1818 and *Mithraculus*

Wesenberg-Lund, E. (1938). *Ophryotrocha Geryonicola* (Bidenkap) (Eteonopsis *Geryonicola* Bidenkap) Refound and Redescribed. Elanders boktr.

William, A. B. (1984). Shrimps, lobsters, and crabs of The Atlantic coast of eastern United States. *Smithsonian Institution Press* 62.

Williams, G. B. (1964). The effect of extracts of *Fucus serratus* in promoting the settlement of larvae of *Spirorbis borealis* [Polychaeta]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 44(2), 397-414.

Young, P. S. (1990). Lepadomorph Cirripeds from the Brazilian Coast. I.—Families Lepadidae, Poecilasmatidae and Heteralepadidae. *Bulletin of Marine Science*, 47(3), 641-655.