

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CANGREJO VIOLINISTA *Minuca vocator*
ENTRE DOS ÁREAS DE BOSQUE DE MANGLAR CON DIFERENTES NIVELES
DE URBANIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TURBO - ANTIOQUIA, GOLFO DE
URABÁ (CARIBE COLOMBIANO)**

**PRESENTADO POR:
NICOLÁS ALBERTO GÓMEZ RESTREPO**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL
ECOLOGÍA DE ZONAS COSTERAS
SEDE CIENCIAS DEL MAR
TURBO 2024**

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CANGREJO VIOLINISTA *Minuca vocator*
ENTRE DOS ÁREAS DE BOSQUE DE MANGLAR CON DIFERENTES NIVELES
DE URBANIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TURBO - ANTIOQUIA, GOLFO DE
URABÁ (CARIBE COLOMBIANO)**

**PRESENTADO POR:
NICOLÁS ALBERTO GÓMEZ RESTREPO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECÓLOGO DE ZONAS
COSTERAS**

**ASESORES:
PAULA ANDREA QUICENO CUARTAS PhD.**

**CO-ASESORES:
FERNANDO JOSE PARRA-VELANDIA DrSc.**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL
ECOLOGÍA DE ZONAS COSTERAS
SEDE CIENCIAS DEL MAR
TURBO 2024**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia y amigos que me apoyaron en cada paso que di durante esta etapa y me hicieron sentir como en casa.

A mi tía por creer en mí, brindarme un espacio en su hogar, apoyarme y mostrarme lo encantador que es el Urabá Antioqueño y sobre todo **a mi madre y a mi hermana** que son mi motor y motivo para sacar todos mis proyectos adelante.

“Salvar el mundo de pronto no está al alcance de mis manos, pero poder sacarle una sonrisa a mi madre siempre es y seguirá siendo el más grande de mis logros”.

Nicolás

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a la comunidad del Barrio Pescador y al grupo ambiental Guardianes del Mangle por permitirme realizar los muestreos, además de brindarnos ayuda y acompañamiento a mis compañeros y a mi durante esta etapa.

Asimismo, deseo agradecer a la Universidad de Antioquia, Seccional Urabá-Sede Ciencias del Mar y Sede Tulenapa, a la Corporación Académica Ambiental y al pregrado de Ecología de Zonas Costeras por su valiosa contribución, sus espacios y laboratorios y el apoyo logístico en este proyecto.

A la profesora Paula por la paciencia y compromiso en este proceso y los profesores Fernando y José por el acompañamiento, apoyo y guía en esta investigación y durante toda la carrera.

A todos los profesores que me brindaron su experiencia y conocimiento en todos estos años de Universidad.

A Esneider Bravo, Jhon Janes Pretelt, Javier Vanegas y demás compañeros de pregrado tanto de Ecología de Zonas Costeras como de Oceanografía, aprendí mucho de cada uno de ustedes y compartí momentos que recordare de por vida.

A todos infinitas gracias.

Tabla de contenido

Introducción	1
Estado del arte	5
Clasificación taxonómica	5
Aspectos biológicos y ecológicos	6
Hábitat.....	6
Cangrejo violinista <i>M. vocator</i>:	9
Biología reproductiva.....	9
Objetivos	11
General.....	11
Específicos	11
Metodología	12
Área de estudio	12
Fase de campo	14
Diseño y procesamiento de muestras	14
Toma de muestras biológicas	16
Fase de laboratorio y análisis de datos.....	16
Análisis estadístico.....	19
Resultados	21
Estructura de tallas	22
Estructura de pesos	25
Fecundidad	29
Proporción de sexos	33
Porcentaje de hembras ovadas	34
Talla de madurez sexual	35
Discusión	37
Estructura de tallas	37
Estructura de pesos	40
Fecundidad	41
Proporción de sexos	45
Porcentaje de hembras ovadas	47
Talla de madurez sexual	49
Conclusiones	51
Recomendaciones	53
Referencias Bibliográficas	56

Listado de Figuras

Figura 1. Ejemplares adultos de <i>M. vocator</i> . A = macho; B = hembra. Imagen tomada de Benetti (2007).	10
Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo. Barrio Pescador: Periurbano (PU); Punta Coquitos: Silvestre (SV).	14
Figura 3. Diseño de muestreo para el estudio de <i>M. vocator</i> en dos localidades de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización. (PU): Periurbano; (SV): Silvestre.....	15
Figura 4. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en <i>M. vocator</i> para Pescador y Coquitos en marzo de 2022.....	23
Figura 5. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en <i>M. vocator</i> para Pescador y Coquitos en abril de 2022	24
Figura 6. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en <i>M. vocator</i> para Pescador y Coquitos en mayo de 2022.....	25
Figura 7. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en <i>M. vocator</i> para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en marzo.....	27
Figura 8. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en <i>M. vocator</i> para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en abril.	28
Figura 9. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en <i>M. vocator</i> para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en mayo.	28
Figura 10. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de <i>M. vocator</i> en el mes de marzo de 2022.	31
Figura 11. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de <i>M. vocator</i> en el mes de abril de 2022.	31
Figura 12. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de <i>M. vocator</i> en el mes de mayo de 2022.	32
Figura 13. Talla de madurez sexual femenino (AC50% - mm) de <i>M. vocator</i> en el Barrio Pescador (PU).	35
Figura 14. Talla de madurez sexual femenino (AC50% - mm) de <i>M. vocator</i> en Punta Coquitos (SV).	36

Listado de Tablas

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.	14
Tabla 2. Número y Porcentaje de cangrejos recolectados de <i>M. vocator</i> en Punta Coquitos y el Barrio Pescador. SV: Bosque de manglar silvestre. PU: Bosque de manglar periurbano....	21
Tabla 3. Estadística descriptiva para el rango de tallas y número de huevos en hembras ovadas de <i>Minuca vocator</i> . N: número de individuos; Rango: Mín. – Máx; d.e: Desviación estándar.	30
Tabla 4. Ecuación de regresión para la relación entre el número total de huevos (Nh) y la talla o ancho del caparazón (AC) en <i>Minuca vocator</i> . N: número de hembras Ovadas, R ² : coeficiente de determinación, F: valor calculado de F, P: valor calculado de P.	30
Tabla 5. Proporción de sexos en <i>Minuca vocator</i> para Punta Coquitos y el Barrio Pescador para marzo, abril y mayo. Los * indican un valor significativamente diferente del esperado según la prueba de Chi ²	34

Tabla 6. Porcentaje de hembras ovadas en comparación con hembras no ovadas de <i>M. vocator</i> en los tres meses de muestreo para Punta Coquitos y el Barrio Pescador. SV: Silvestre; PU: Periurbano.	34
Tabla 7. Comparación del número de huevos (media) y el rango de tamaño (mm) de la hembra, entre tres especies del género <i>Minuca</i> tropicales que presentan un tamaño similar; AC: Ancho del caparazón.	44

Resumen

Se evaluaron parámetros poblacionales (como la estructura de tallas y pesos) y reproductivos (como la fecundidad, proporción de sexos, porcentaje de hembras ovadas y talla de madurez sexual) del cangrejo violinista *Minuca vocator* (Herbst, 1804) entre dos áreas de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización en el municipio de Turbo, Antioquia, en el Caribe colombiano. Los cangrejos fueron recolectados en dos puntos de muestreo (Punta Coquitos y Barrio Pescador), durante los periodos de marea baja, en tres meses consecutivos (marzo, abril y mayo). Se utilizó la técnica de captura manual en 5 transectos completando $\cong 7 \text{ m}^2$ por cada uno. Se obtuvo un total de 2614 cangrejos, 1467 para Punta Coquitos con 850 machos (58%), 399 hembras no ovadas (27%) y 218 hembras ovadas (15%) y 1147 cangrejos para el Barrio Pescador con 786 machos (69%), 248 hembras no ovadas (22%) y 113 hembras ovadas (10%). El promedio general de tamaños y pesos para Punta Coquitos fue de 17,9 mm con 2,1 gr. y 18,1 mm con 2,8 gr. para el Barrio Pescador, con un tamaño de los machos significativamente mayor que el de las hembras en ambas poblaciones. El promedio de fecundidad para Punta Coquitos fue de 22648 y 20942 huevos por hembra ovada para el Barrio Pescador; además, Punta Coquitos presentó un mayor porcentaje de hembras ovadas (32,7%) en comparación con el Barrio Pescador (29%). La proporción sexual (1,5 machos: 1 hembra para Punta Coquitos y 2,3 machos: 1 hembra en el

Barrio Pescador) se alejó significativamente de la proporción esperada 1:1. En las hembras de Punta Coquitos, el punto de inflexión (AC50%) considerado el tamaño morfológico al inicio de la madurez sexual se determinó en 17,3 mm AC. En cambio, el (AC50%) para las hembras del Barrio Pescador se estableció en 15,9 mm AC. Este es uno de los primeros aportes relacionados con la estructura poblacional y los parámetros reproductivos de *Minuca vocator* en el municipio de Turbo, Antioquia, y en el Caribe colombiano.

Palabras clave: Cangrejos violinistas, estructura poblacional, parámetros reproductivos, urbanización, fecundidad.

Abstract

Population parameters (such as size and weight structure) and reproductive parameters (such as fecundity, sex ratio, percentage of ovate females and size at sexual maturity) of the fiddler crab *Minuca vocator* (Herbst, 1804) were evaluated in two mangrove areas with different levels of urbanization in the municipality of Turbo, Antioquia, in the Colombian Caribbean. Crabs were collected at two sampling points (Punta Coquitos and Pescador Neighborhood), during low tide periods in three consecutive months (March, April and May). The manual capture technique was used in 5 transects completing $\cong 7$ m² per transect. A total of 2614 crabs were obtained, 1467 for Punta Coquitos with 850 males (58%), 399 non-ovate females (27%) and 218 ovate females (15%) and 1147 crabs for Pescador Neighborhood with 786 males (69%), 248 non-ovate females (22%) and 113 ovate females (10%). The overall average sizes and weights for Punta Coquitos were 17.9 mm at 2.1 g and 18.1 mm at 2.8 g for Pescador Neighborhood; with males significantly larger than females in both populations. The average fecundity for Punta Coquitos was 22648 and 20942 eggs per

ovate female for Pescador Neighborhood; in addition, Punta Coquitos had a higher percentage of ovate females (32.7%) compared to Pescador Neighborhood (29%). The sex ratio (1.5 males: 1 female for Punta Coquitos and 2.3 males: 1 female in Pescador Neighborhood) was significantly different from the expected 1:1 ratio. In Punta Coquitos females, the inflection point (AC50%) considered morphological size at the onset of sexual maturity was determined at 17.3 mm AC. In contrast, the (AC50%) for females from Pescador Neighborhood was established at 15.9 mm BC. This is one of the first contributions related to the population structure and reproductive parameters of *Minuca vocator* in the municipality of Turbo, Antioquia, and in the Colombian Caribbean.

Keywords: Fiddler crabs, population structure, reproductive parameters, urbanization, fecundity.

Introducción

Los bosques de manglar son ecosistemas costeros altamente productivos y biodiversos que desempeñan un papel crucial en la captura de carbono, el reciclaje de nutrientes y la protección de zonas costeras contra la erosión (Hogarth, 2015; Webber et al., 2016; Moreno et al., 2021). Sin embargo, la creciente migración de la población humana hacia áreas urbanas, especialmente en zonas costeras tropicales, ejerce una presión creciente sobre estos bosques de manglar, especialmente en áreas periurbanas (Do Sul y Costa, 2014; Godoy, 2018).

La urbanización y la proximidad de los centros poblados a los bosques de manglar periurbanos resultan en la descarga de altas concentraciones de aguas contaminadas y residuos sólidos en estas áreas, generando factores de estrés para la macrofauna asociada a los bosques de manglar. Además, la temporada de lluvias, con su escorrentía, introduce nutrientes como fosfatos y nitratos en el hábitat, lo que puede llevar a la eutrofización, favoreciendo a organismos con una alta adecuación biológica, promoviendo la reproducción y sobrevivencia en los bosques de manglar (Baillard, 2016; Cannicci et al., 2009). Esta situación hace necesario evaluar los efectos ecológicos y evolutivos, de la incorporación constante de materiales exógenos en las especies marinas que han desarrollado estrategias evolutivas para los estilos de vida terrestres en los sedimentos de los bosques de manglar.

Dentro del ecosistema de bosque de manglar, los cangrejos violinistas, pertenecientes a la familia Ocypodidae, desempeñan un papel destacado al modificar el ambiente físico (Chamucero et al., 2011), afectando la disponibilidad de la materia orgánica, la humedad y las

partículas de sedimento para otros organismos de la infauna, lo que los califica como ingenieros ecosistémicos (Botto, 2001; Kristensen et al., 2012).

A pesar de lo paradójico que pueda parecer, investigaciones sugieren que los cangrejos violinistas están prosperando en entornos perturbados por la actividad humana. Por ejemplo, Costa y Soares-Gomes (2015) observaron que la biomasa de *M. rapax* es mayor en áreas urbanizadas con un alto nivel de eutrofización causada por la actividad humana en Brasil, y situaciones similares se han registrado en Mozambique y Kenia, donde se ha observado un aumento en la biomasa de cangrejos violinistas y la diversidad de especies en los bosques de manglar urbanizados en comparación con los no urbanizados (Cannicci et al., 2009). De hecho, Colpo y Negreiros-Fransozo (2022), sugirieron la hipótesis de que la carga de materia orgánica y nitrógeno proveniente de las aguas residuales urbanas puede estimular la producción de microorganismos bentónicos primarios, lo que a su vez conduce a un aumento en el potencial reproductivo de *M. vocator* en un bosque de manglar ubicado en Brasil.

Una de las especies de macroinvertebrados representativas en el golfo de Urabá, debido a su abundancia en ecosistemas de bosque de manglar es *Minuca vocator*, el cual, mediante comunicación personal de Riascos, (2019); y visual mediante pre-muestreos, se considera una especie de gran abundancia en los bosques de manglar ubicados en las zonas periurbanas del municipio de Turbo. Aunque se han realizado registros de cangrejos violinistas en Turbo y otras regiones de Colombia, la información específica sobre biología reproductiva de *M. vocator* aún es escasa (Riascos y Gómez, 2023; Polania et al., 2001; Henning y Klaassen, 1973; Navarrete y Romero, 1996; Prah, 1989).

La relevancia de esta especie se incrementa debido a su notable adaptabilidad a la urbanización y a las alteraciones en su hábitat. Su capacidad para prosperar en entornos perturbados por la presencia humana y las transformaciones en su entorno plantea preguntas fundamentales sobre su ecología y resiliencia. A medida que las áreas urbanas siguen expandiéndose, comprender cómo ciertas especies, como el cangrejo violinista, logra sobrevivir y prosperar en estos entornos alterados, se convierte en un tema crucial para la conservación y la gestión de los ecosistemas costeros. Además, la falta de datos completos sobre su biología, ecología y comportamiento reproductivo en la región de Urabá y en Colombia, plantea un desafío significativo para la toma de decisiones informadas en términos de conservación y manejo de los recursos naturales en la región. Por lo tanto, la investigación de esta especie, especialmente en contextos urbanizados, se vuelve una prioridad, ya que ofrece conocimientos valiosos que pueden contribuir a la protección y preservación de los ecosistemas de bosques de manglar y su biodiversidad en Urabá, y más allá.

Por todo lo anterior, el presente trabajo plantea abordar la siguiente pregunta de investigación: ¿Existen diferencias en parámetros como la estructura de tallas y pesos y la biología reproductiva (fecundidad, proporción de sexos, porcentaje de hembras ovadas y talla de madurez sexual) para *Minuca vocator* entre dos áreas de bosques de manglar con diferentes niveles de urbanización?

Hipótesis

Hipótesis nula (H0): No hay diferencias en los parámetros como la estructura de tallas y pesos y la biología reproductiva (fecundidad, proporción de sexos, porcentaje de hembras ovadas y talla de madurez sexual) para *Minuca vocator* entre dos áreas de bosques de manglar con diferentes niveles de urbanización.

Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas en los parámetros como la estructura de tallas y pesos y la biología reproductiva (fecundidad, proporción de sexos, porcentaje de hembras ovadas y talla de madurez sexual) para *Minuca vocator* entre dos áreas de bosques de manglar con diferentes niveles de urbanización.

Estado del arte

Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Suborden: Pleocyemata

Infraorden: Brachyura

Superfamilia: Ocypodoidea

Familia: Ocypodidae

Género: *Minuca*

Especie: *Minuca vocator*

Este cangrejo pertenece a la familia Ocypodidae dentro del orden Decapoda, que abarca una amplia variedad de crustáceos como camarones, cangrejos, langostas, langostinos, ermitaños, y más. El nombre original de *Minuca vocator* era *Cancer vocator* (Herbst, 1804), perteneciendo al género *Cancer*, luego se cambió al género *Uca* (Herbst, 1804), donde *Minuca* era un subgénero de *Uca* y por último se estableció en el género *Minuca* (Both, 1954).

En particular, los cangrejos del género *Minuca*, habitan las zonas de bahías protegidas, lagunas costeras, estuarios y riberas de ríos, en zonas tropicales y subtropicales, con un amplio rango geográfico que se extiende desde la Florida hasta Brasil (Herbst, 1804; Botto, 2001; Kristensen et al., 2012). Estos cangrejos tienen la capacidad de adaptarse a una amplia

variedad de condiciones ambientales y juegan un papel ecológico importante al acelerar el ciclo de la materia, excavando en el sedimento para extraer la materia orgánica depositada como fuente de alimento. La ecología de *Minuca* se ha estudiado desde dos perspectivas principales: la distribución de las especies y la actividad de las poblaciones en diversas condiciones (Crane, 1975).

Aspectos biológicos y ecológicos

Hábitat

La especie *M. vocator* suele ser dominante en sustratos arenosos y fangosos de los bosques de manglar, siendo estos su principal hábitat. (Herbst, 1804; Crane, 1975). Los bosques de manglar, son ecosistemas altamente productivos que proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, tales como, la protección de las costas contra la erosión, el suministro de alimento y refugio para especies de aves migratorias, y el hábitat para aves, reptiles, anfibios, mamíferos, peces, crustáceos y moluscos, en sus primeras etapas de vida. Además, benefician a millones de personas al minimizar riesgos a través de la protección y estabilización de las costas, la producción de productos forestales comerciales, el enriquecimiento de las aguas costeras y el apoyo a la pesca costera (Bingham y Kathiresan, 2001). Sin embargo, la mayoría de los países con bosques de manglar están experimentando una disminución significativa en su abundancia, con tasas de pérdida de entre el 1% y el 2% anual, lo que pone en peligro su supervivencia a largo plazo y afecta de manera sustancial a los servicios ecosistémicos que proporcionan (Alongi, 2015).

Esta situación se refleja en los bosques de manglar en Colombia, donde aproximadamente 40,000 de las 300,133 hectáreas de bosque de manglar han experimentado alteraciones en las últimas tres décadas debido a actividades como la tala indiscriminada, la

construcción de infraestructuras turísticas, y la edificación de carreteras y muelles (Sánchez-Moreno et al., 2019). En particular, esta reducción ha sido notable en los bosques de manglar del golfo de Urabá, en el Caribe colombiano, ubicados principalmente en las zonas internas del sur del golfo. En esta región, el rápido crecimiento urbano y el desarrollo industrial han provocado la expansión de las áreas urbanas e infraestructuras, impactando significativamente los bosques de manglar locales. Los bosques de manglar de Urabá presentan irregularidades en su cobertura y procesos de fragmentación debido a alteraciones acumulativas y cambios en el uso del suelo. Rodeados por extensos pastizales y cultivos de banano, estos bosques de manglar están en situación de amenaza (Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015; Ramos et al., 2021).

Los bosques de manglar en el golfo de Urabá, presentan características ecológicas únicas en comparación con otras áreas del Caribe colombiano, ya que se extienden a lo largo del delta del río Atrato, abarcando aproximadamente un 78% del área en la costa oeste y un 11% en la costa este del golfo (Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015). La composición de especies de mangle en esta región incluye principalmente a *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Conocarpus erectus*, siendo los dos primeros los más predominantes. Sin embargo, estos bosques de manglar están experimentando cambios constantes debido a las amenazas asociadas con la urbanización, como alteraciones en la dinámica de sedimentación y erosión costera, pérdida de cobertura forestal, alteración del drenaje natural y flujo de agua, contaminación por vertidos de aguas residuales, desechos sólidos y productos químicos industriales, fragmentación y pérdida de hábitat para las especies de mangle y otras que dependen de este ecosistema, pérdida de plántulas, herbivoría y erosión costera (Hoyos et al., 2013; Blanco-Libreros, 2016; Gómez-López et al., 2020; Rincón-Ríos, 2021).

Los cangrejos violinistas (Ocypodidae) desempeñan un papel crucial en el funcionamiento de los bosques de manglar. Estos cangrejos alteran físicamente el ambiente al crear cangrejales, que son áreas heterogéneas con cuevas y montículos. Estas estructuras modifican la disponibilidad de materia orgánica, humedad y partículas de sedimento, beneficiando a otros organismos de la infauna (Chamucero et al., 2011). Por estas razones, se consideran ingenieros ecosistémicos (Botto, 2001; Kristensen et al., 2012).

En este contexto, una de las especies de macroinvertebrados destacadas en el Caribe colombiano, debido a su abundancia en los ecosistemas de bosques de manglar es *M. vocator*. Sin embargo, a pesar de que se han documentado registros de cangrejos violinistas del género *Minuca* en el municipio de Turbo (Blanco-Libreros, 2016 ; Riascos y Gómez, 2023), y *M. vocator* ha sido reportada en otras regiones de Colombia, como la Ciénaga Grande de Santa Marta (Polania et al., 2001), los bosques de manglar de la Isla Salamanca en el Pacífico (Henning y Klaassen, 1973), Isla La Plata en la Bahía de Málaga (Navarrete y Romero, 1996), y en otras regiones de Colombia (Prahl, 1989), la información específica sobre *M. vocator* en el municipio de Turbo y en la región de Urabá es limitada.

Cangrejo violinista *M. vocator*:

Biología reproductiva

Las condiciones ambientales en los trópicos y áreas subtropicales son permanentemente favorables para la alimentación, el desarrollo gonadal y la liberación de larvas de cangrejos *Minuca* (Sastry, 1983; Thurman, 1985). Estas condiciones pueden promover diferencias en el tamaño poblacional y corporal, lo que, a su vez, tiene influencia directa en las tasas de crecimiento y supervivencia, así como el potencial reproductivo de los cangrejos violinistas (Christy, 1978, Wenner et al., 1974; Warner, 1967; Cardoso y Negreiros-Fransozo, 2004).

Las especies del género *Minuca* generalmente presentan una actividad reproductiva continua, lo que se traduce en hembras ovígeras y juveniles durante todo el año (Costa y Soares-Gomes, 2011). La actividad reproductiva de *Minuca* está sincronizada a un ciclo semilunar, que vincula los picos máximos de marea mensuales, como las lunas llenas y nuevas. Durante estos picos, las poblaciones de cangrejos violinistas presentan dos grupos de hembras que se aparean entre 4 y 5 días antes de la pleamar y liberan las larvas aproximadamente 13 días después. Este ciclo está sincronizado para brindar las mejores condiciones de supervivencia a las larvas (Christy, 1978).

El dimorfismo sexual en *Minuca* se refleja en diferencias de tamaño y características físicas. Las hembras tienden a ser más pequeñas que los machos, lo que les permite concentrarse en la reproducción, mientras que los machos son más grandes y cuentan con una quela asimétrica, lo que les otorga una ventaja en las competencias intraespecíficas y asegura su éxito reproductivo (Guerrero y Ortega, 2016). En esta especie, la proporción sexual no

sigue el estándar 1:1, con una predominancia de machos, lo que reduce el gasto energético de las hembras y promueve la reproducción y la supervivencia (Castiglioni y Negreiros-Fransozo, 2006). El tamaño de madurez sexual morfológico varía en relación con la disponibilidad de nutrientes en el bosque de manglar, siendo mayor en áreas ricas en alimentos. El tamaño de la hembra influye significativamente en el número de embriones, con una fecundidad promedio que oscila entre 5,000 y 60,000 huevos en la última etapa de desarrollo (Figueiredo et al., 2008). En la Figura 1 se puede observar una representación fotográfica de dos ejemplares adultos (macho y hembra) de *Minuca vocator*.

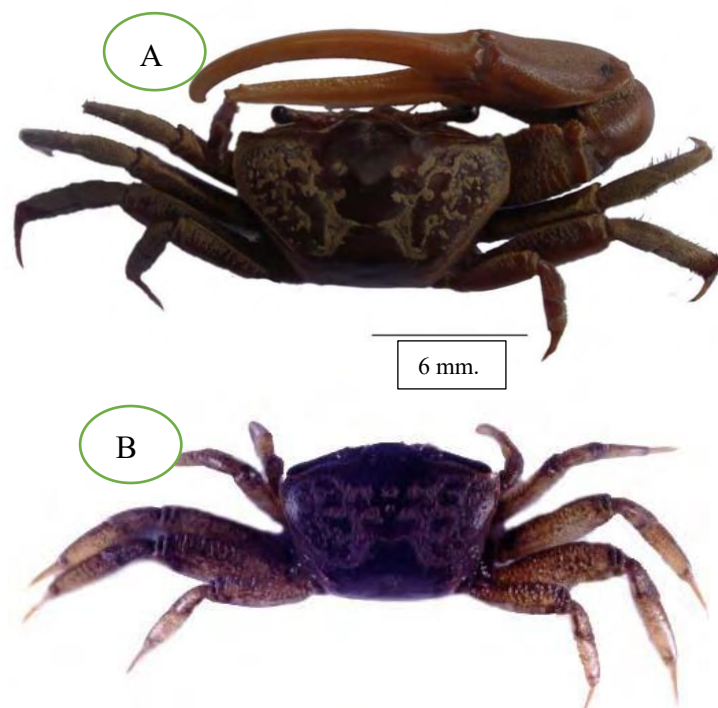


Figura 1. Ejemplares adultos de *M. vocator*: A = macho; B = hembra. Imagen tomada de Benetti (2007).

Objetivos

General

Comparar algunos parámetros ecológicos del cangrejo violinista *Minuca vocator* entre dos áreas de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización en el municipio de Turbo, Antioquia, golfo de Urabá.

Específicos

Comparar la estructura de tallas y pesos del cangrejo violinista *M. vocator* entre dos áreas de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización en el Municipio de Turbo, Antioquia, golfo de Urabá.

Comparar los parámetros reproductivos (fecundidad, porcentaje de hembras ovadas, proporción de sexos y talla de madurez sexual en hembras) del cangrejo violinista *M. vocator* entre dos áreas de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización en el Municipio de Turbo, Antioquia, golfo de Urabá.

Metodología

Área de estudio

El golfo de Urabá está localizado en el extremo suroccidental del Caribe colombiano, territorialmente es compartido por los departamentos de Chocó y Antioquia; presenta climas que varían de tropical seco al noreste a tropical húmedo al oriente y muy húmedo en los otros sectores, con una temperatura media diaria que fluctúa entre 26 y 28°C (CORPOURABA, 2003). Además, presenta 4.900 hectáreas de bosques de manglar el cual es uno de los ecosistemas costeros más abundantes en el área. Este ecosistema es nicho de especies de flora y fauna que dependen de su óptimo estado para mantener el equilibrio del ecosistema y que actualmente presenta una fuerte intervención antropogénica que ha causado pérdida significativa de cobertura de los bosques de manglar en los sitios de muestreo (Blanco-Libreros et al., 2013; Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015). El estudio se realizó en dos áreas de bosques de manglar en el Municipio de Turbo (Punta Coquitos y el Barrio Pescador) (figura 2) que representan aproximadamente el 11% de los bosques de manglar del golfo en comparación con los que se encuentran en la cuenca del río Atrato, estas áreas de bosques de manglar se distribuyen a lo largo de la costa sureste del golfo de Urabá y presentan una condición irregular y fragmentada debido a que son áreas terrestres antrópicamente intervenidas con praderas de pastos y cultivos de banano principalmente (Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015).

Debido a que estas dos áreas de bosques de manglar han sido muestreadas anteriormente, los bosques de manglar se clasificaron con base en el estudio de Blanco-Libreros y Estrada-Urrea (2015):

- **Periurbano (PU):** Hace referencia a "asentamientos densos" (municipio de Turbo).

Es el municipio de la región con mayor densidad poblacional concentrada principalmente en el área urbana, donde la composición de especies de mangle que se distribuyen allí es muy similar a las del Caribe colombiano, con presencia de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Conocarpus erectus*.

En el pre-muestreo se definió al Barrio Pescador (ver Tabla 1) como el área de muestreo en el que se evidenció la presencia de *M. vocator* bajo las viviendas de palafitos, en lotes con rellenos de material, los bosques de manglar, potreros y patios de casas, observando organismos y madrigueras sumergidas bajo la marea y sobre el suelo.

Este sector se caracteriza por tener niveles altos de eutrofización y varias perturbaciones antropogénicas, como tasas altas de deforestación, descarga directa de aguas residuales, acumulación de desechos sólidos y rellenos sanitarios para la construcción de casas y senderos (Riascos y Gómez, 2023).

- **Silvestre (SV):** Se refiere a áreas que se consideran "tierras silvestres" o "seminaturales", donde no existen asentamientos humanos, actividades agrícolas ni pastizales, como el caso de Punta Coquitos (Tabla 1). Este terreno, de naturaleza pública, está mayormente cubierto por árboles nativos, bosques de manglar y humedales costeros de agua dulce. En este lugar se observa un relleno de material que parece ser una vía de acceso artesanal, atravesando el bosque de manglar de un extremo a otro y limitando con un caño de agua dulce.

Este punto de muestreo se caracteriza principalmente por la presencia de especies de mangle como *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. Está ubicado a una distancia aproximada de 10 km del municipio de Turbo y presenta niveles moderadamente bajos de deforestación y erosión costera (Blanco-Libreros, 2016).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.

Sitio	Geográficas
Barrio Pescador (PU)	8.091105, -76.738709 8°6'10" N, 76°43'24" O
Punta Coquitos (SV)	8.01554, -76,74543 8°0'56" N, 76°44'44" O



Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo. Barrio Pescador: Periurbano (PU); Punta Coquitos: Silvestre (SV).

Fase de campo

Diseño y procesamiento de muestras

Los cangrejos fueron recolectados en dos puntos de muestreo ubicados en el municipio de Turbo (Punta Coquitos y en el área periurbana del municipio (Barrio

Pescador)), realizando una visita durante tres meses consecutivos (24-26 de marzo, 23-24 de abril y 24-25 de mayo de 2022). Se eligieron estas fechas teniendo en cuenta algunas variables fisiológicas de los cangrejos violinistas tropicales, que presentan típicamente temporadas de reproducción continuas (Ahmed, 1976; Sastry, 1983). Sin embargo, el número relativo de hembras ovígeras de *M. vocator* aumenta durante marzo, abril y mayo (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003; Koch et al., 2005). Además, la eclosión y liberación de larvas de esta especie está sincronizada y cronometrada a un ciclo semilunar que va entre los cuatro días previos y posteriores de la pleamar (marea de mayor amplitud en el ciclo mensual) (Christy, 2011) (IDEAM, 2022). Por lo tanto, nuestros muestreos intentaron registrar la actividad reproductiva durante tres pulsos consecutivos de liberación de larvas.

En los bosques de manglar, los cangrejos suelen vivir en una zona limitada entre los árboles del manglar y la vegetación terrestre, pero también pueden habitar un área más amplia que se extiende hasta la línea de marea baja en bosques de manglar urbanizados (Kwon, 2021). Para llevar a cabo el muestreo, se hicieron cinco transectos radiales con respecto a la ubicación del bosque de manglar en el Barrio Pescador (PU), y cinco transectos



Figura 3. Diseño de muestreo para el estudio de *M. vocator* en dos localidades de bosque de manglar con diferentes niveles de urbanización. (PU): Periurbano; (SV): Silvestre.

perpendiculares a la línea de costa en el bosque de manglar de Punta Coquitos (SV) (Figura 3). Los transectos se distanciaron entre sí 200 metros, cubriendo así aproximadamente 1 km de cinturón del bosque de manglar. En cada transecto se ubicaron 5 puntos de muestreo al azar, en cada punto se removió el sustrato hasta completar en promedio 7 m².

Toma de muestras biológicas

En cada sitio de muestreo, un investigador utilizó una pala para excavar el suelo y las madrigueras hasta una profundidad de 30 cm, con el fin de capturar todos los cangrejos violinistas expuestos, siguiendo el método descrito por Costa y Soares-Gomes (2015). Además, dos investigadores más se encargaron de la captura manual y la minuciosa revisión del sedimento removido para detectar cangrejos adicionales y registrar su abundancia en cada punto de muestreo.

Posteriormente, los cangrejos capturados en cada punto de muestreo se almacenaron en tarros plásticos de 250 ml. que contenían una solución de formol al 4% disuelta en agua del entorno. Después de un período de 24 horas, los cangrejos se transfirieron a frascos con etanol al 90% para su conservación a largo plazo. Finalmente, estas muestras se transportaron al laboratorio de la Universidad de Antioquia, ubicado en el Municipio de Turbo, donde se llevaron a cabo los análisis posteriores.

Fase de laboratorio y análisis de datos

Para llevar a cabo la identificación de *M. vocator*, se empleó la clave taxonómica de Crane (1975). Una vez en el laboratorio, cada cangrejo se categorizó como hembra (H), hembra ovígera (HO), o macho (M) basándose en el dimorfismo sexual observable en las

pinzas y el abdomen, siguiendo el método de clasificación propuesto por Crane en 1975. Se excluyeron de la toma de datos aquellos cangrejos que presentaban mutilaciones en su cuerpo o carecían de varios apéndices. También se descartaron las hembras que mostraban una pérdida significativa de huevos, con el fin de evitar errores en la recopilación de datos.

Luego, para evaluar la estructura de tallas, el peso y los parámetros reproductivos, como la fecundidad, la proporción de sexos, el porcentaje de hembras ovadas y la talla de madurez sexual de las muestras recolectadas de cangrejos violinistas *M. vocator*, se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

Estructura de tallas: Se midió el ancho del caparazón (en milímetros) de todos los organismos y se analizó la distribución de frecuencia de las tallas de los individuos. Luego, se clasificaron en rangos de tallas para determinar cómo estaban estructuradas en cada sitio de muestreo, permitiendo comparar dichas estructuras entre el Barrio Pescador (PU) y Punta Coquitos (SV).

Peso: El peso total (en gramos) de cada individuo se estimó utilizando una balanza analítica precisa (0,001 g). Esto se hizo para verificar si existía una correlación positiva entre el peso y la talla de los cangrejos, de acuerdo con investigaciones previas (Sampedro y García-Guerrero, 2003). Las hembras ovadas (HO) se pesaron junto con su masa ovígera.

Fecundidad: Para calcular la fecundidad (número de huevos por hembra), se midió la talla expresada en el ancho del caparazón (en milímetros) de cada hembra ovada antes de extraer su masa ovígera. Luego, los huevos se separaron mediante una agitación suave en 50 ml de agua destilada. Posteriormente, se tomaron tres alícuotas de la mezcla, cada una de 0.5

ml, utilizando una pipeta, y se contaron en cámaras de recuento de Bogorov con la ayuda de un estereoscopio (Guerrero y Ortega, 2016). El número de huevos medidos se extrapoló para representar la totalidad de la muestra.

Proporción de sexos: Luego de haber sexado, se procedió a registrar la abundancia de machos y hembras para determinar la proporción de sexos con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Proporción de machos} &= (\text{Número total de machos} / \text{Número total de individuos}) * 100 \\ \text{Proporción de hembras} &= (\text{Número total de hembras} / \text{Número total de individuos}) * 100 \end{aligned}$$

A continuación, se realizó un análisis de varianza para determinar si hay diferencias significativas en la proporción de sexos entre las poblaciones de cangrejos violinistas y evaluar si existen diferencias a la proporción esperada 1:1 entre machos y hembras (Castiglioni y Negreiros-Fransozo, 2006).

Porcentaje de hembras ovadas: Se calculó con base en la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de hembras ovadas (\%)} = (\text{Número total de hembras ovadas} / \text{Número total de hembras}) * 100$$

Luego, se procedió a hacer un análisis de varianza para determinar si hay diferencias significativas en el porcentaje de hembras ovadas (Curi, 1981) entre las poblaciones de cangrejos violinistas.

Tamaño de madurez sexual en hembras: El tamaño de madurez sexual se determinó considerando la relación entre el porcentaje acumulado de hembras ovadas y el número total de hembras adultas en cada intervalo de longitud, siguiendo la metodología propuesta por Colpo y Negreiros-Fransozo (2003).

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de la urbanización sobre las características reproductivas de *Minuca vocator*, se llevaron a cabo análisis de varianza para la estructura de tallas, el peso y cada parámetro reproductivo (fecundidad, proporción de sexos, porcentaje de hembras ovadas y tamaño de madurez sexual). En estos análisis, la variable "Sitio" se utilizó como independiente, mientras que la talla, el peso y los parámetros reproductivos se consideraron como variables dependientes, y "mes" se empleó como replica.

Se realizaron pruebas de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de las distribuciones de tallas y pesos, y para determinar si había diferencias significativas entre meses y sitios. Para comparar el promedio de tallas (AC) de los diferentes grupos (Machos, hembras ovadas y hembras no ovadas), se utilizó una Prueba t de Student. Después de haber separado por grupos, cada categoría se dividió en clases de tamaño con una amplitud de 1,3 mm de ancho del caparazón (AC) y clases de peso con un rango de 0,68 gramos. Posteriormente, se calculó e interpretó la frecuencia de tallas y pesos en los cangrejos.

Para estimar la fecundidad en la población de cangrejos en los dos sitios, se llevó a cabo un análisis de varianza de dos vías, con el propósito de evaluar el efecto de los sitios y los meses sobre el número de huevos. Además, se aplicó una ecuación de regresión para la relación entre el número total de huevos (N_h) y el ancho del caparazón (AC), utilizando la ecuación logística $N_h = a * AC - b$ (Hernández y Palma, 2003), a la cual se le realizó un análisis de varianza por cada función, para determinar si la ecuación se ajustaba adecuadamente a cada sitio. La significación estadística del intercepto "b" se probó mediante la prueba t de Student. Las pendientes y la intersección de las líneas de regresión entre el número total de huevos (N_h) y el ancho del caparazón (AC) se compararon mediante un análisis de

covarianza (ANCOVA), realizando previa evaluación de los supuestos de los análisis de varianza en cuanto a homogeneidad de varianzas y normalidad (Zaldívar-Riverón et al., 2013).

Para determinar si existían diferencias significativas en la proporción de sexos en cada mes y para comprobar si había una desviación significativa de una proporción 1:1, se llevó a cabo una prueba de χ^2 . Posteriormente, los datos fueron interpolados para estimar el AC50%, que representa el tamaño en el que el 50% de las hembras ya eran maduras y adultas con huevos. Para el ajuste de la curva de madurez sexual, se empleó una línea de tendencia logarítmica, y con el fin de determinar si hay diferencias en la talla media de madurez sexual entre sitios, se aplicó el test de Kruskal-Wallis (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003).

Resultados

Durante el periodo de estudio, se recolectaron un total de 2.614 cangrejos, de los cuales 1.467 pertenecen a Punta Coquitos, con 850 machos (58%), 399 hembras no ovadas (27%) y 218 hembras ovadas (15%). En el Barrio Pescador, se recolectaron 1.147 cangrejos, con 786 machos (69%), 248 hembras no ovadas (22%) y 113 hembras ovadas (10%). El número de cangrejos recolectados mensualmente en marzo, abril y mayo se detalla en la tabla 2.

Es importante destacar que, en el momento de realizar las salidas de campo en Punta Coquitos, se tuvo que hacer una modificación a los transectos debido a factores climáticos, ya que la zona de bosques de manglar se encontraba inundada y no era posible coleccionar las muestras. Por ende, después de un muestreo visual se establecieron los puntos de muestreo aleatoriamente en una ruta destapada que cruza a Punta Coquitos de lado a lado entre el bosque de manglar, y que además se encontraba inundada en sus extremos y presentaba cangrejos violinistas en toda la zona y bordes del trayecto.

Tabla 2. Número y Porcentaje de cangrejos recolectados de *M. vocator* en Punta Coquitos y el Barrio Pescador. SV: Bosque de manglar silvestre. PU: Bosque de manglar periurbano.

Sitio	Sexo	# Cangrejos	%
Coquitos (SV)	Machos	850	58%
	Hembras no Ovadas	399	27%
	Hembras Ovadas	218	15%
	Total Coquitos	1467	100%
Pescador (PU)	Machos	786	69%
	Hembras no Ovadas	248	22%
	Hembras Ovadas	113	10%
	Total Pescador	1147	100%

Estructura de tallas

El promedio de tallas de *M. vocator* para Punta Coquitos (SV) en el mes de marzo fue de $18.7 (\pm 5.5)$ mm (media \pm DE), con un total de 422 cangrejos, y para el Barrio Pescador (PU) fue de $17.7 (\pm 5)$ mm, con un total de 365 cangrejos. En abril, el promedio de tallas para Punta Coquitos fue de $18.2 (\pm 5.3)$ mm con un total de 484 cangrejos y $18.4 (\pm 5)$ mm para el Barrio Pescador con 477 cangrejos en total. Para mayo, el promedio de las tallas para Punta Coquitos fue de $17,1 (\pm 5,2)$ mm con 593 cangrejos en total y para el Barrio Pescador el promedio fue de 18.1 ± 5.6 mm con un total de 336 cangrejos. Al comparar los promedios de tallas del barrio Pescador y Punta Coquitos entre meses se encontró que no existen diferencias significativas (marzo ($p=0.000001$), abril ($p=0.0009$) mayo ($p=0.03$)).

El tamaño medio del ancho del caparazón (AC; mm) de los machos del Barrio Pescador (PU) fue de $17,9 \pm 5,25$ mm, con un rango de 4,45 a 33,91 mm de AC. El ancho del caparazón de las hembras no ovadas varió entre 5,63 y 25,78 mm AC ($17,3 \pm 4,8$ mm); y el de las hembras ovadas osciló entre 11,26 y 27,92 mm AC ($17,7 \pm 5,2$ mm). En Punta Coquitos el tamaño medio del ancho del caparazón de los machos fue de $18 \pm 5,3$ mm con un rango de 2,7 a 28,55 mm AC. El AC de las hembras no ovadas se determinó entre 1,7 y 25,7 mm AC ($17,8 \pm 5,2$ mm); y el de las hembras ovadas se estableció entre 12,38 y 25,75 mm AC ($17,9 \pm 5,3$ mm). Los machos fueron significativamente más grandes que las hembras no ovadas ($p < 0,05$) y que las hembras ovadas ($p < 0,05$). Las distribuciones de la estructura de tallas en el periodo de muestreo (marzo, abril y mayo) para las poblaciones de cangrejos del Barrio Pescador (PU) y Punta Coquitos (SV) se muestran en las Figuras 4, 5 y 6, respectivamente.

Para el mes de marzo (Figura 4) se presentó una distribución unimodal para el Barrio Pescador, donde la mayor abundancia de organismos se encontraron entre las clases de

tamaño mediano que va desde el intervalo de 12,1 a 26,4 mm (87%) y una distribución bimodal sesgada a la izquierda para Punta Coquitos presentando una mayor cantidad de organismos en las tallas pequeñas que van desde 5,6 a 12,1 mm (15%) en la primera moda y

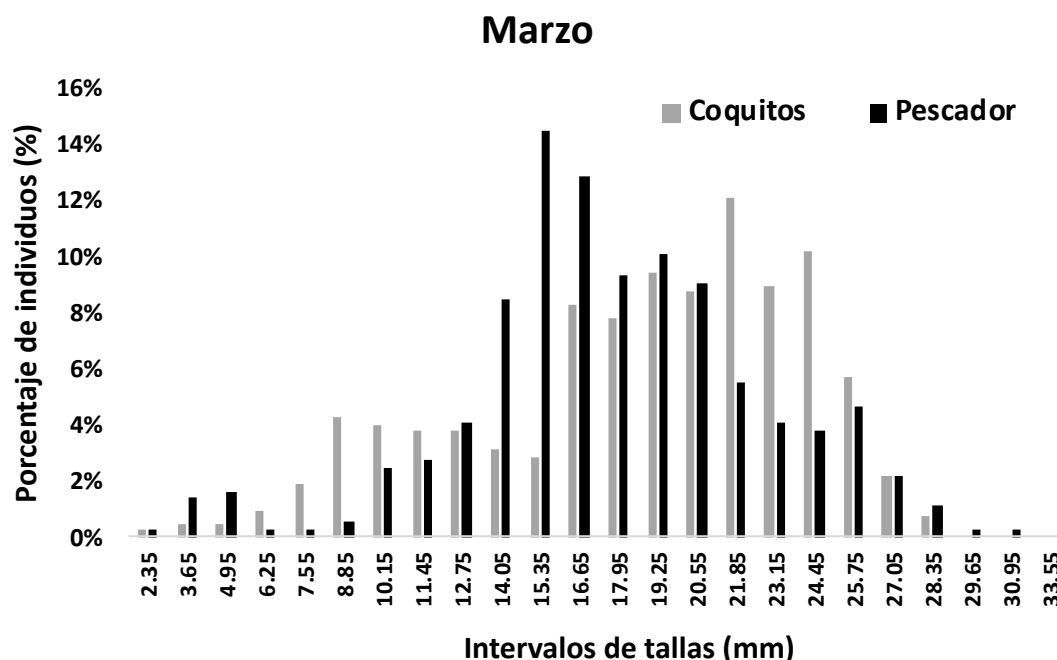


Figura 4. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en *M. vocator* para Pescador y Coquitos en marzo de 2022.

en tallas superiores que van desde 21,2 a 26,4 mm (37%) en la segunda moda. Aunque la distribución muestra una mayor cantidad de organismos en las tallas superiores para Punta Coquitos, el Barrio Pescador presentó individuos en los últimos intervalos de tallas que van de 29 a 31,6 mm (0,5%).

En el mes de abril (Figura 5), la distribución de tamaños de los cangrejos en los dos sitios de muestreo fue más homogénea, donde se puede detallar que Punta Coquitos presentó una distribución unimodal de la población con un mayor porcentaje de organismos en los primeros intervalos de tallas que van de 1,7 a 4,3 mm de ancho del caparazón; tienen otro incremento de cangrejos en los intervalos intermedios (6,9 a 10,8 mm) y luego vuelve a tener una mayor abundancia en intervalos de tallas superiores (19,9 a 25,1 mm), presentando un

mayor porcentaje de organismos (40%) en tallas superiores en comparación con el Barrio Pescador (24%). Sin embargo, el Barrio Pescador presentó una distribución unimodal con un rango de tallas que va de 3 a 34,2 mm presentando una abundancia considerable de

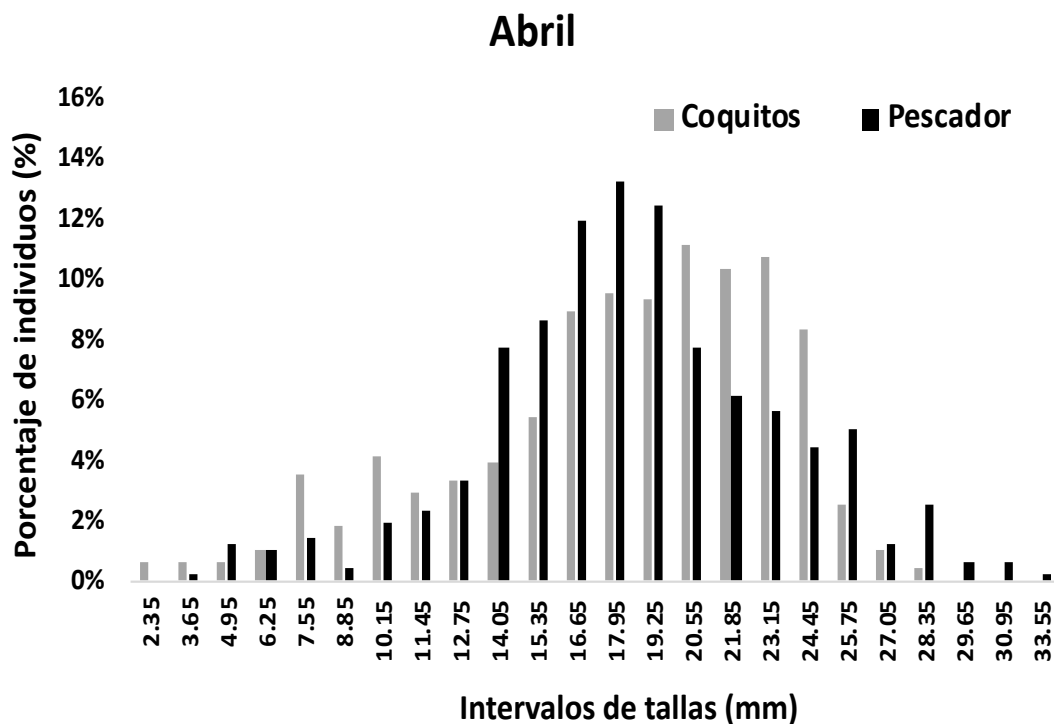


Figura 5. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en *M. vocator* para Pescador y Coquitos en abril de 2022

organismos en las tallas superiores que van desde 25,1 a 34,2 mm (10%), en cambio Punta Coquitos tiene cangrejos hasta los 28,55 mm de ancho del caparazón (4%).

En el mes de mayo (Figura 6), la distribución de los organismos tuvo un comportamiento muy similar al mes de abril en los dos sitios de muestreo, donde se observa una distribución unimodal para Punta Coquitos presentando un incremento en los primeros intervalos de tallas que van de 6,9 a 13,4 mm de ancho del caparazón (23%) y luego tuvo otro pico en las tallas superiores donde se acumula el 23% de cangrejos de Coquitos. El Barrio Pescador presentó una distribución unimodal con una considerable acumulación de cangrejos en las tallas medias donde se concentra el 42% de la población de este sitio; Además de esto,

presentó un incremento en el porcentaje de organismos de los últimos intervalos de tallas que van de 25,1 a 31,6 mm con un 13% de AC en comparación a Punta Coquitos con 3% en los

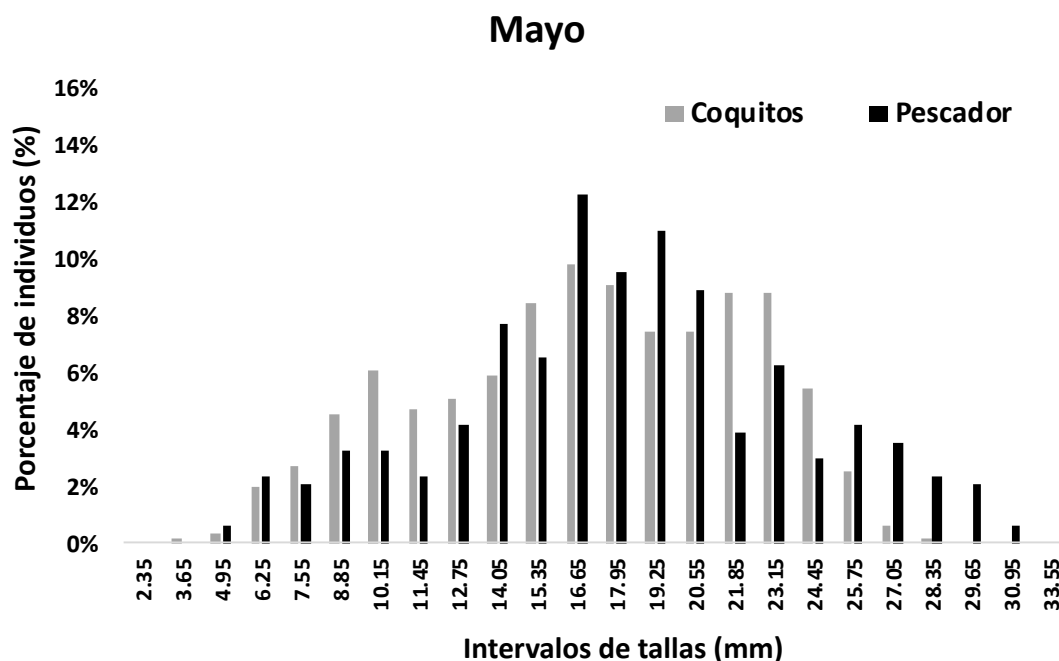


Figura 6. Estructura de tallas (AC mm): porcentaje de individuos por intervalos de talla en *M. vocator* para Pescador y Coquitos en mayo de 2022.

mismos intervalos.

Estructura de pesos

El promedio de los pesos en el mes de marzo en Punta Coquitos fue de 2.5 (\pm 1.9) gramos con un total de 143 cangrejos capturados y para el Barrio Pescador el promedio de pesos fue de 2.8 (\pm 2.1) gramos con 235 cangrejos pertenecientes a la muestra obtenida en ese sector. En el mes de abril, Punta Coquitos presentó un promedio de peso de 2.1 (\pm 1.7) gramos contando con 210 cangrejos y el Barrio Pescador presento un promedio de 2.8 (\pm 2.1) gramos con un total de 246 cangrejos. En mayo, El promedio de pesos de Punta Coquitos fue de 1.8 (\pm 1.5) gramos con un total de 265 cangrejos y para el Barrio Pescador, el promedio de peso fue de 2.9 (\pm 2.6) gramos con 195 cangrejos. El mayor porcentaje de individuos se

concentró en los intervalos de peso entre 0,335 y 3,735 gr. Al comparar los promedios de pesos del Barrio Pescador y Punta Coquitos entre meses se encontró que no existen diferencias significativas (marzo ($p=0.03$), abril ($p=0.001$) mayo ($p=0.001$)).

El valor medio de pesos (gramos) para los machos, hembras ovadas y no ovadas por cada sitio de muestreo fue el siguiente: Para la población de cangrejos machos en el Barrio Pescador fue de $2,7 \pm 2,1$ gr, con un rango de peso de 0,04 a 12,3 gramos. Para las hembras no ovadas se determinó el rango entre 0,06 a 4,35 gramos con un peso medio de $2,7 (\pm 2,1)$ gramos, y para las hembras ovadas el rango fue de 0,51 a 7,2 gramos con un promedio de peso de $2,7 (\pm 2,1)$ gramos. Para la población de cangrejos de Punta Coquitos el promedio de pesos para los machos fue de $2,4 (\pm 2)$ gr., con un rango de pesos que va de 0,05 a 7,96 gramos. Para las hembras no ovadas el rango de pesos fue de 0,06 a 3,75 gramos con un peso promedio de $2,4 (\pm 2)$ gr., y para las hembras ovadas el promedio de peso fue de $2,4 (\pm 2)$ gr. con un rango de peso determinado entre 1,37 a 5,39 gramos. Las distribuciones en la estructura de pesos en el periodo de muestreo (marzo, abril y mayo) para las poblaciones de cangrejos del Barrio Pescador (PU) y Punta Coquitos (SV) se muestran en la Figura 7, 8 y 9 respectivamente.

En el mes de marzo (Figura 7), se presentó una distribución sesgada a la derecha para el Barrio Pescador, donde el mayor porcentaje de organismos se encontraron entre las clases de peso inferiores a 4,75 g (59%) presentando un rango de peso que va de 0 a 11,66 gramos, y una distribución sesgada a la derecha para Punta Coquitos presentando una mayor cantidad de organismos en intervalos de pesos inferiores a 0,67 g. (22%), además destacar que tuvo un

segundo incremento en intervalos intermedios que van de 4,76 a 5,43 gramos (13%) y que su rango de peso se estableció entre 0,02 y 7,48 gramos respectivamente.

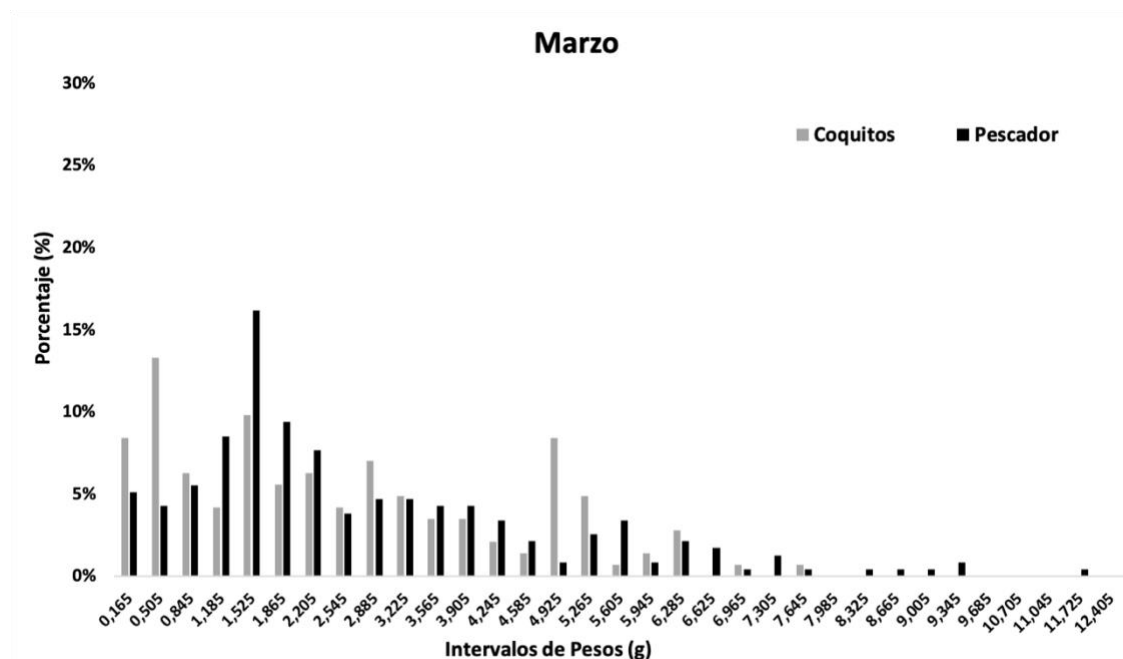


Figura 7. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en *M. vocator* para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en marzo.

En el mes de abril (Figura 8), la distribución de pesos de los cangrejos en los dos sitios de muestreo fue muy similares, donde Punta Coquitos presenta una distribución sesgada a la derecha y mantiene una gran abundancia de organismos en los intervalos de pesos inferiores a 4,07 gramos (89%) presentando un rango de peso que va de 0,0032 a 7,96 gramos y el Barrio Pescador por su parte, presenta una distribución unimodal sesgada hacia la derecha con un rango de peso que va desde 0,02 a 12,3 gramos.

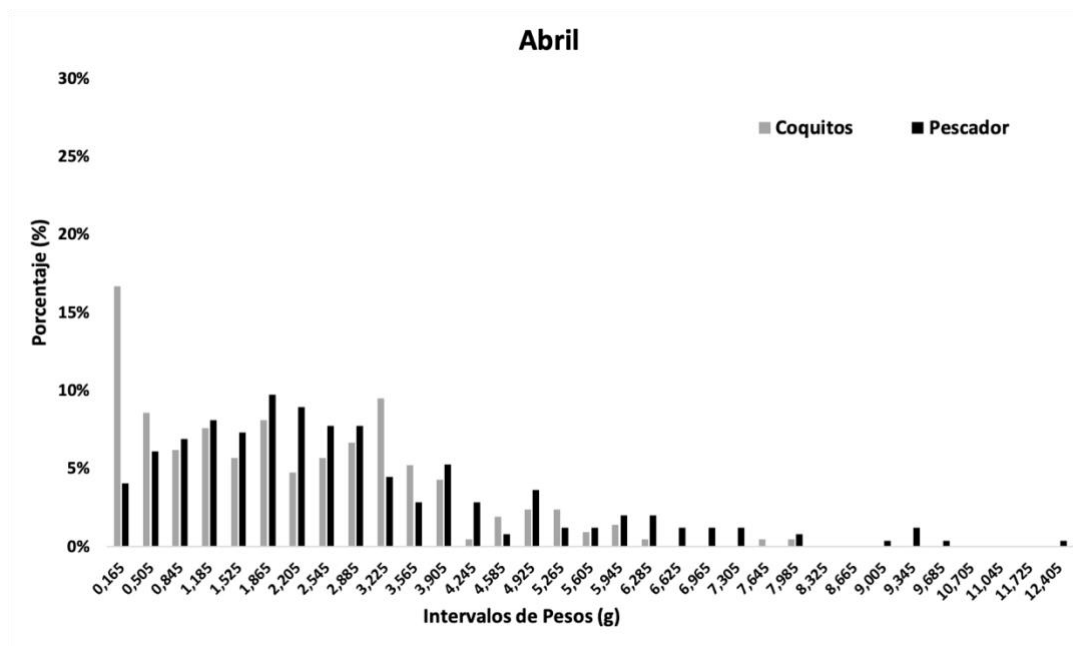


Figura 8. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en *M. vocator* para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en abril.

En el mes de mayo (Figura 9), la distribución de pesos para Punta Coquitos presentó una distribución sesgada en la derecha y mantiene una gran abundancia de organismos en los intervalos de pesos inferiores a 4,07 gramos (91%) presentando un rango de peso que va de 0,06 a 6,31 gramos. Por su parte, el Barrio Pescador presenta una distribución sesgada a la derecha con un rango de peso que va de 0,05 a 11,58 gramos. Aunque la mayor abundancia

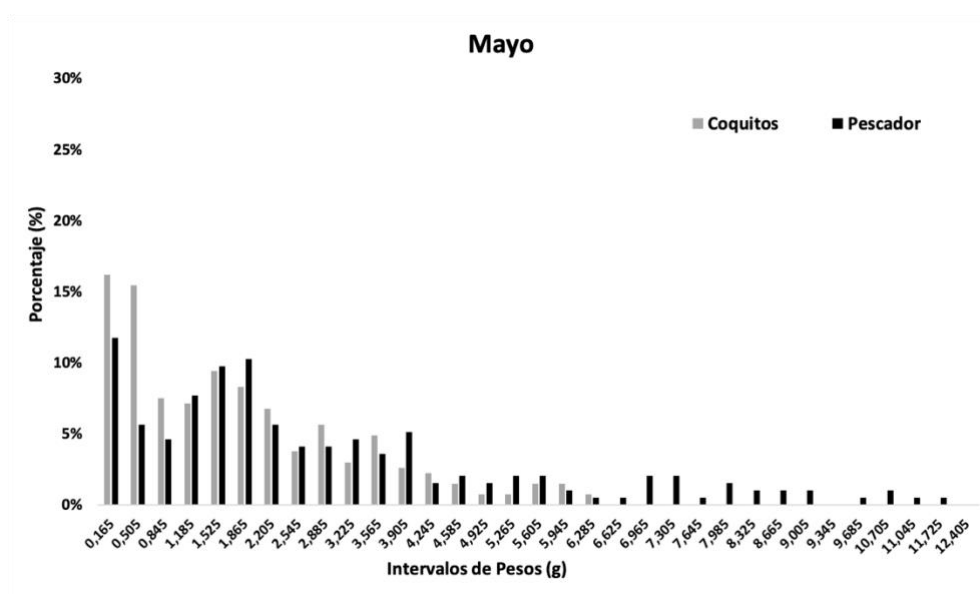


Figura 9. Estructura de pesos (g) por intervalos de peso en *M. vocator* para el Barrio Pescador y Punta Coquitos en mayo.

de cangrejos del Barrio Pescador y Punta Coquitos se encuentren en los mismos intervalos de peso, el Barrio Pescador en abril presenta un 9% de cangrejos en los intervalos que van de 6,12 a 12,91 gramos y un 13% para los mismos intervalos en el mes de mayo. A diferencia del Barrio Pescador, Punta Coquitos solo cuenta con 1% en el intervalo mencionado. Por ende, se puede decir que Punta Coquitos presenta un rango de pesos más estrecho que el del Barrio Pescador, el cual tiene cangrejos desde el primer hasta el último intervalo en cada mes, mostrando así, los cangrejos más pesados.

Fecundidad

El promedio de huevos de las hembras ovadas varió según el mes, presentando en el mes de marzo un promedio de huevos para Punta Coquitos de $23420 \pm 7347,7$ huevos con un promedio de talla de $21,3 \pm 2,2$ mm y un promedio de huevos para el Barrio Pescador de $21930 \pm 10086,4$ con una talla promedio de $21,3 \pm 2,2$ mm. En el mes de abril, el promedio de huevos para Punta Coquitos fue de $24780 \pm 6403,1$ huevos con una talla promedio de $20,4 \pm 2,2$ mm de ancho del caparazón y para el Barrio Pescador el promedio de huevos fue de $20827 \pm 8500,3$ con una media de talla de $18,5 \pm 4,2$ mm de AC. En el mes de mayo, el promedio de huevos para Punta Coquitos fue de $19463 \pm 9859,8$ con una talla promedio de $21 \pm 3,1$ mm y un promedio de huevos para el Barrio Pescador de $18538 \pm 9952,3$ con una talla media de $12,1 \pm 23,9$ mm de ancho del caparazón.

Se realizó un análisis de varianza dos vías para evaluar el efecto de los sitios y los meses sobre el número de huevos el cual indicó un efecto en la variable mes ($p=0,04$) pero no mostró un efecto en la variable sitio ($p=0,15$) ni en la interacción de sitios y meses ($p=0,62$). Los datos fueron homocedasticos (Barlett, $p=0,16$) y normales (Shapiro-Wilk, $p=0,16$). Se

usaron en total 155 hembras ovadas para realizar las pruebas de fecundidad, donde 79 pertenecen a Punta Coquitos y 76 al Barrio Pescador. En la tabla 3 se presentan los rangos, el promedio de las tallas y número de huevos para las hembras ovadas del Barrio Pescador y Punta Coquitos en el trimestre muestreado.

Tabla 3. Estadística descriptiva para el rango de tallas y número de huevos en hembras ovadas de *Minuca vocator*. N: número de individuos; Rango: Mín. – Máx; d.e: Desviación estándar.

Meses	Sitio	N	Talla		Huevos	
			Rango	Promedio \pm d.e.	Rango	Promedio \pm d.e.
Marzo	Coquitos	30	16,1 - 25,8	21,3 \pm 2,2	4400 - 34766,7	23420 \pm 7347,7
	Pescador	37	11,3 - 27,8	19,2 \pm 3,9	3733,3 - 47000	21929,7 \pm 10086,4
Abril	Coquitos	25	16,6 - 24,4	20,4 \pm 2,2	13300 - 43033,3	24780 \pm 6403,1
	Pescador	25	12,6 - 27,9	18,5 \pm 4,2	4700 - 40500	20826,7 \pm 8500,3
Mayo	Coquitos	24	15 - 25,6	21 \pm 3,1	2300 - 30933,3	19462,5 \pm 9859,8
	Pescador	14	12,1 - 23,9	17,8 \pm 3,5	933,3 - 30266,7	18538,1 \pm 9952,3
Total general		155	11,3 - 27,9	19,9 \pm 3,4	933,3 - 47000	21811,6 \pm 8854,9

Los valores de $P < 0,05$ (*) determinados indicaron que la función se adaptó bien como fórmula para estimar la cantidad de huevos portados por cada sitio muestreado, donde solamente Punta Coquitos en el mes de abril presentó un valor de P alto, indicando que no se ajustó adecuadamente a la ecuación (Tabla 4).

Tabla 4. Ecuación de regresión para la relación entre el número total de huevos (Nh) y la talla o ancho del caparazón (AC) en *Minuca vocator*. N: número de hembras Ovadas, R²: coeficiente de determinación, F: valor calculado de F, P: valor calculado de P.

Fecha	Sitio	X	Función	N	R ²	F	P
Marzo	Coquitos	AC	Nh = 26,6 * AC - (-330,5)	30	0,61	43,98	0,00*
	Pescador	AC	Nh = 20,3 * AC - (-170,5)	37	0,60	51,99	0,00*
Abril	Coquitos	AC	Nh = 4,6 * AC - 154,4	25	0,02	0,60	0,45
	Pescador	AC	Nh = 10,2 * AC - 19,2	25	0,26	7,97	0,01*
Mayo	Coquitos	AC	Nh = 15,2 * AC - (-124,9)	24	0,23	6,79	0,02*
	Pescador	AC	Nh = 22,6 * AC - (-216,3)	14	0,63	20,89	0,00*

* Valores significativos a nivel de $p < 0,05$

Las Figura 10, 11 y 12 muestran la fecundidad para las hembras ovadas de los dos sitios de muestreo, relacionando el número de huevos (Nh) con el ancho del caparazón (mm) en los tres meses que se realizó el estudio.

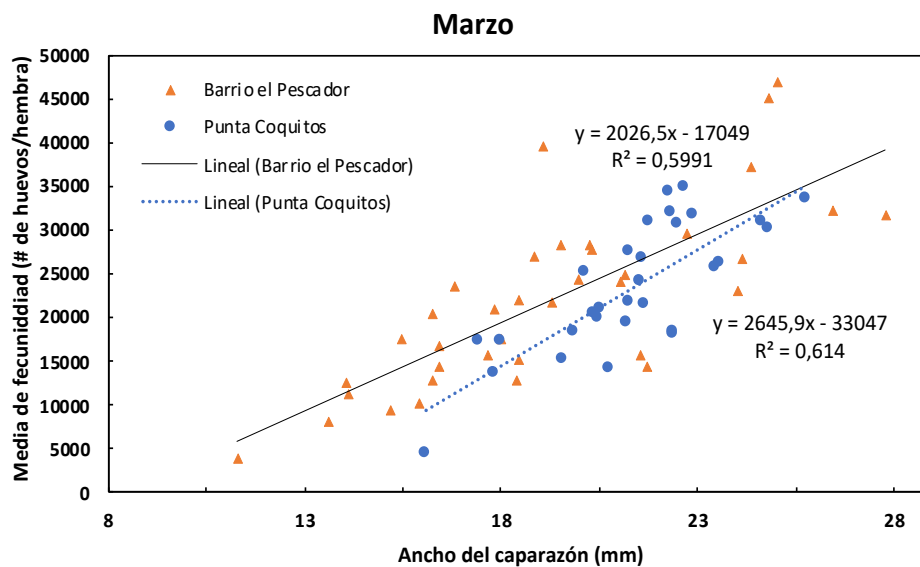


Figura 10. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de *M. vocator* en el mes de marzo de 2022.

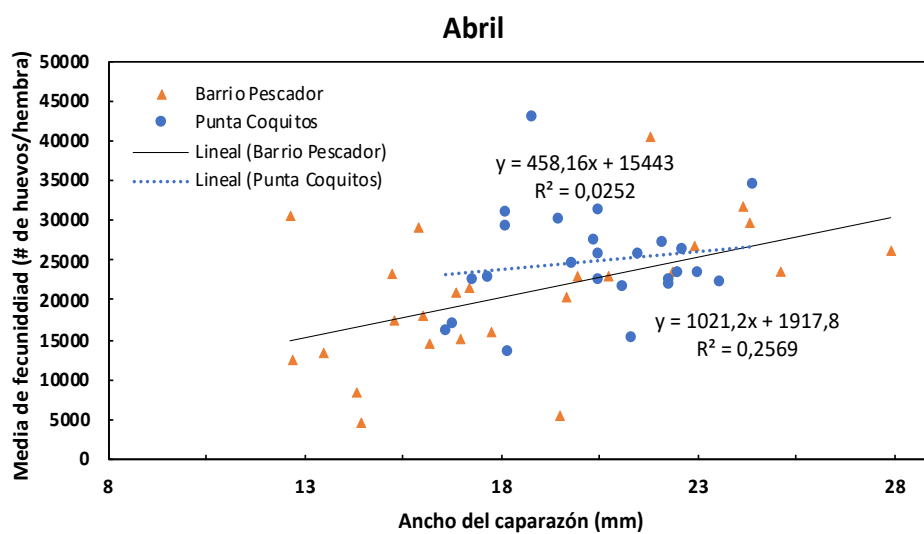


Figura 11. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de *M. vocator* en el mes de abril de 2022.

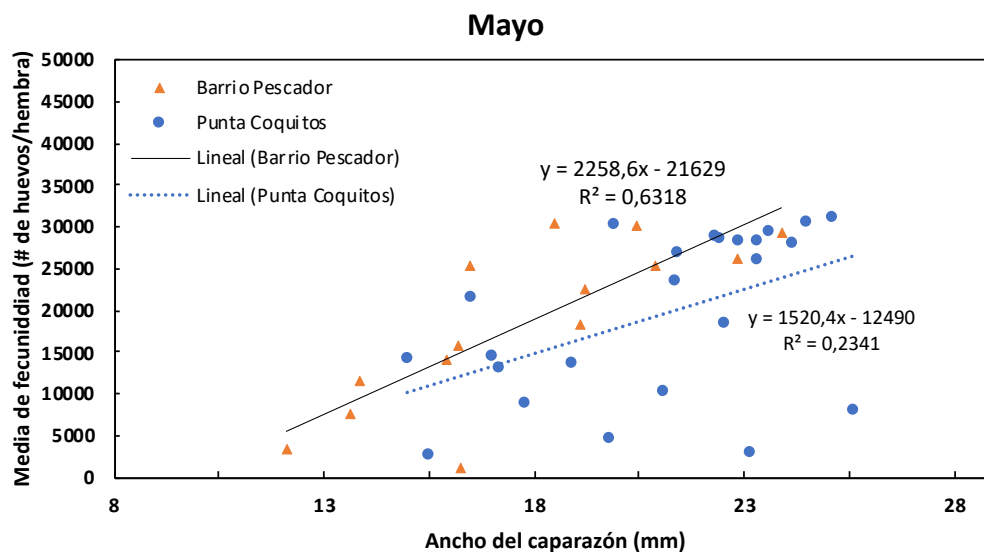


Figura 12. Relación entre el número de huevos portados por hembra y el ancho del caparazón de *M. vocator* en el mes de mayo de 2022.

En el mes de marzo, la gráfica de fecundidad para el Barrio Pescador muestra una mayor cantidad de huevos en tallas intermedias (14 – 20 mm de AC), mientras que Punta Coquitos presentó una mayor cantidad huevos en tallas más grandes (19,6 – 23,6 mm) Sin embargo, la tendencia general muestra que el promedio de las tallas ($21,3 \pm 2,2$ mm) y el número de huevos ($23420 \pm 7347,7$) en Punta Coquitos fueron mayores en comparación al promedio de tallas ($19,2 \pm 3,9$ mm) y de numero de huevos ($21930 \pm 10086,4$) del Barrio Pescador.

En el mes de abril, la gráfica de fecundidad para Punta Coquitos muestra una mayor cantidad de huevos en un rango de tallas intermedias (16,6 - 24,4 mm) con un mayor número de huevos ($24780 \pm 6403,1$) en comparación al Barrio Pescador que presenta un rango de distribución de tallas más amplio que va de 12,6 a 27,9; presentando hembras ovadas en tallas inferiores (12,6 – 16,9 mm) y en las tallas más grandes (24,1 – 27,9 mm) pero con un promedio de huevos ($20827 \pm 8500,3$) menor al de Punta Coquitos.

En mayo, se puede determinar la misma tendencia para el Barrio Pescador la cual presenta las hembras ovadas más pequeñas de la muestra (12,1 – 13,8 mm) en un rango de 12,1 a 23,9 mm de AC. Sin embargo, este presenta un promedio inferior en el número de huevos por hembra en todas las tallas ($18538 \pm 9952,3$) en comparación a Punta Coquitos ($19463 \pm 9859,8$) que presenta una acumulación de hembras ovadas en las tallas superiores (21,1 – 25,6 mm de AC). Es importante destacar que la hembra ovada más pequeña en todos los meses pertenece al Barrio Pescador la cual presenta una talla de 11,3 mm en comparación con la hembra ovada más pequeña de Punta Coquitos la cual tiene una talla de 15 mm, del mismo modo es relevante destacar que la hembra ovada más grande pertenece también al Barrio Pescador con una talla de 27,9 mm en comparación con la hembra ovada más grande de Punta Coquitos, la cual tuvo una talla máxima de 25,8 mm. Esto quiere decir que las hembras ovadas por debajo de 15 mm y por encima de 25,8 mm son exclusivamente del Barrio Pescador.

Proporción de sexos

La proporción sexual general (número de machos : número de hembras) en Punta Coquitos fue de 1,5 (± 0.4), ósea que fue de 1,5:1 machos por cada hembra. En el Barrio Pescador fue mayor con una proporción sexual de 2,3 (± 0.4) machos por cada hembra (2,3:1) determinando así, que la proporción mensual de sexos estuvo más alta en los machos en todos los meses (Tabla 5). Punta Coquitos y el Barrio Pescador en el mes de marzo y en el mes de abril presentaron diferencias estadísticamente representativas ($p < 0.05$), con una proporción diferente a la esperada de 1:1. Sin embargo, el único que se ajustó a la proporción de 1:1 fue Punta Coquitos en mayo (1,1:1), que además, no presenta diferencias estadísticamente representativas ($p > 0.05$), en comparación con las demás proporciones que presentan una

mayor abundancia de machos en comparación con las hembras en cada sitio y en cada replica (mes).

Tabla 5. Proporción de sexos en *Minuca vocator* para Punta Coquitos y el Barrio Pescador para marzo, abril y mayo. Los * indican un valor significativamente diferente del esperado según la prueba de Chi².

Mes	Sitio	Machos	Hembras	Proporción M/H
Marzo	Pescador	274	138	2,0*
	Coquitos	290	154	1,9*
Abril	Pescador	246	156	2,2*
	Coquitos	287	209	1,4*
Mayo	Pescador	268	96	2,8*
	Coquitos	346	303	1,1

Porcentaje de hembras ovadas

De manera general, se pudo determinar que el porcentaje de hembras no ovadas duplicó al porcentaje de hembras ovadas en la mayoría de casos, exceptuando al Barrio Pescador, el cual en los meses de abril y mayo el porcentaje de hembras no ovadas triplicó aproximadamente el porcentaje de hembras ovadas en la población (Tabla 6). También es importante destacar que Punta Coquitos presentó un mayor porcentaje de hembras ovadas (32,7%) en comparación con el Barrio Pescador (29%), el cual además de eso tuvo una disminución considerable de aproximadamente 10% en el porcentaje de hembras ovadas en cada mes de muestreo.

Tabla 6. Porcentaje de hembras ovadas en comparación con hembras no ovadas de *M. vocator* en los tres meses de muestreo para Punta Coquitos y el Barrio Pescador. SV: Silvestre; PU: Periurbano.

Sitio	Mes	Sexo		Total
		H	HO	
Coquitos (SV)	Marzo	66,2%	33,8%	100%
	Abril	66,0%	34,0%	100%
	Mayo	68,6%	31,4%	100%
	Total Coquitos	67,3%	32,7%	100%
Pescador (PU)	Marzo	61,6%	38,4%	100%
	Abril	73,1%	26,9%	100%
	Mayo	81,3%	18,8%	100%
	Total Pescador	71,0%	29,0%	100%
Total general		68,7%	31,3%	100%

Talla de madurez sexual

Para realizar el análisis de talla de madurez sexual en hembras (AC50%), se utilizaron en total 978 hembras ovadas y no ovadas, donde 617 pertenecen a Punta Coquitos (SV) y 361 pertenecen al Barrio Pescador (PU).

En las hembras de Punta Coquitos, la talla de AC50% en la madurez sexual morfológica se estimó en 17,3 mm. En cambio, la talla de madurez sexual (AC50%) para las hembras del Barrio Pescador se estableció en 15,9 mm, lo cual permite entender que las hembras en el Barrio Pescador presentan una madurez sexual a una talla menor (Figura 13), ubicándose en intervalos de tallas más bajos que en Punta Coquitos (Figura 14). El análisis estadístico mostró que hay diferencias significativas entre los sitios de muestreo ($p < 0,05$) pero que no existieron diferencias significativas entre los meses ($p > 0,05$).

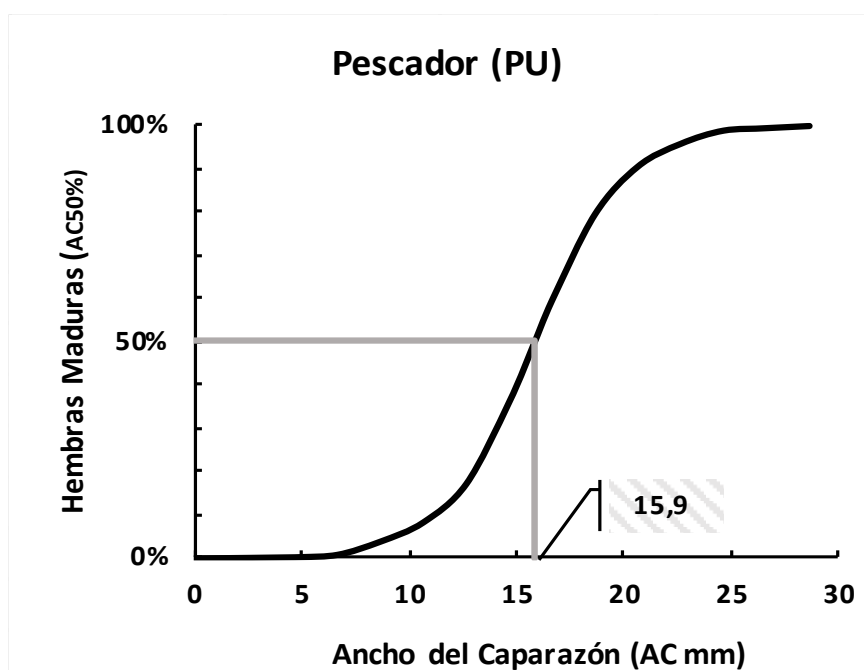


Figura 13. Talla de madurez sexual femenino (AC50% - mm) de *M. vocator* en el Barrio Pescador (PU).

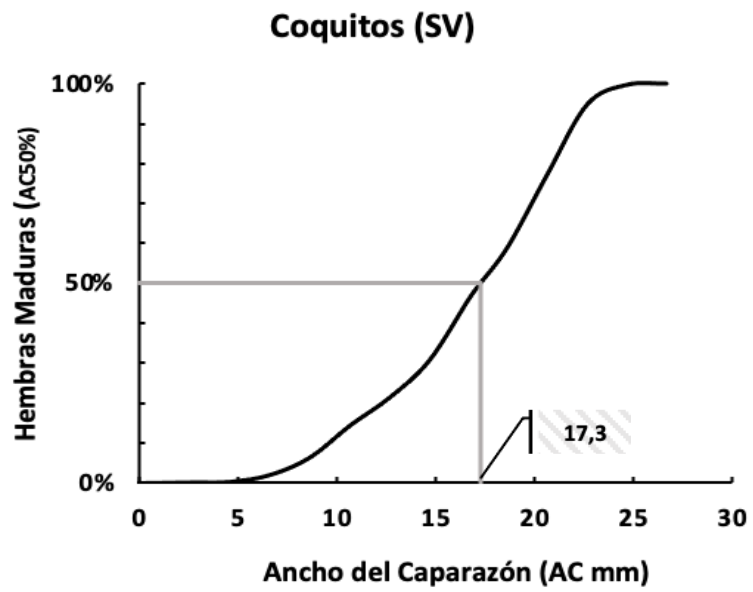


Figura 14. Talla de madurez sexual femenino (AC50% - mm) de *M. vocator* en Punta Coquitos (SV).

Discusión

La urbanización en áreas de bosques de manglar ha aumentado significativamente en las últimas décadas, debido al crecimiento de las poblaciones humanas y al desarrollo costero (Hogarth, 2015; Webber et al., 2016; Moreno et al., 2021 Sánchez; et al., 2019). Esta transformación de los bosques de manglar naturales en entornos urbanizados tiene impactos directos e indirectos en los organismos costeros que habitan estos ecosistemas (Do Sul y Costa, 2014; Godoy, 2018; Blanco-Libreros y Estrada-Urrea, 2015). Los cangrejos violinistas, como *M. vocator*, son organismos clave en los bosques de manglar y desempeñan un papel importante en la estructura y funcionamiento del ecosistema (Baillard, 2016; Cannicci et al., 2009). Por lo tanto, es crucial comprender cómo la urbanización afecta su estructura poblacional, sus parámetros reproductivos y sus interacciones dentro de los bosques de manglar urbanizados. De acuerdo a esto, los parámetros poblacionales y reproductivos de los cangrejos violinistas a discutir son los siguientes:

Estructura de tallas

La distribución de la estructura de tallas de una población de cangrejos violinistas es una característica que puede cambiar a lo largo del año o verse influenciada debido a múltiples variables como la reproducción, el reclutamiento de larvas, la zona geográfica, la temperatura, la productividad local del sitio donde viven y el suministro de alimento que se encuentre a disposición de la población (Thurman, 1985). Entre esas variables, la materia orgánica que pueda contener el sedimento es una de las más importantes influencias en el crecimiento de *M. vocator* y en otros cangrejos violinistas del género *Minuca* (Genoni, 1985; Silva-Castiglioni y Negreiros-Fransozo, 2004).

En comparación con otros estudios, algunos autores han encontrado diferencias en el rendimiento del crecimiento, en poblaciones de cangrejos violinistas de diferentes bosques de manglar (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2022; Costa y Soares-Gomes, 2015; Benetti et al., 2007; Colpo y Negreiros-Fransozo, 2004). Además, Litulo (2004), Gonzales (2018), Thurman (1985) y Bartolini et al., (2011) han observado que existe un posible patrón relacionado con la latitud, en la dinámica de las poblaciones de estos cangrejos que viven en entornos altamente afectados por la actividad antropogénica (como la deforestación, vertederos de residuos, descarga de aguas residuales y cambios en las propiedades de los sedimentos) mostrando una gran capacidad de adaptación a su entorno. A pesar de su plasticidad y resiliencia a las condiciones del bosque de manglar donde viven, las poblaciones que habitan en entornos alterados experimentan cambios notables en su comportamiento, y alteraciones en su capacidad reproductiva y tasas de mortalidad, especialmente en las hembras. Estos cambios han sido documentados en estudios realizados por Litulo (2004), Gonzales (2018), Thurman (1985), Do Sul y Costa (2014), Godoy (2018), Bartolini et al., (2011), Cannicci et al. (2009), Colpo y Negreiros-Fransozo (2022) y Riascos y Gómez (2023). Sin embargo, se ha observado que los cangrejos violinistas que se alimentan de depósitos, pueden beneficiarse en ambientes contaminados por descargas domésticas, aumentando el crecimiento poblacional y la biomasa. Esto se debe a que hay un aumento de microalgas bentónicas y bacterias en el sedimento, lo cual resulta en un mayor suministro de alimentos (Cannicci et al., 2009; Baillard, 2016; Litulo, 2004; Gonzales, 2018; Thurman, 1985).

En el caso de la especie estudiada, se observó que los machos y hembras en ambos sitios de muestreo presentaron un rango de talla similar a los rangos registrados en la literatura, como el estudio de Colpo y Negreiros-Fransozo (2022), que estudió a tres poblaciones distintas de *M. vocator* en bosques de manglar intervenidos de manera

antropogénica en las costas de Brasil, ubicadas en el mismo rango latitudinal, con un rango de tallas para los machos de cada población que oscila entre 4,8 – 20,6 mm, 4,7 – 22,8 mm y 6 – 24,8 mm, y un rango de tallas para las hembras de 4,9 – 21,1 mm, 6,4 – 23,0 mm y 6,1 – 25,2 mm, los cuales son similares a el rango de tamaño de los machos (4,45 - 33,91 mm de AC) y de las hembras (5,63 - 25,78 mm AC) del Barrio Pescador y los machos (2,7 - 28,55 mm AC) y las hembras (1,7 - 25,7 mm AC) de Punta Coquitos. Aunque los bosques de manglar estudiados comparten condiciones climáticas similares, otros factores, como las diferencias en la disponibilidad y calidad de los alimentos, así como factores estresantes y contaminantes ambientales también pueden influir en sus procesos de crecimiento y tamaños corporales (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2022; Harris y Santos, 2000). Dado que los bosques de manglar estudiados presentan diferentes características locales, especialmente en la estructura del bosque y las características de los sedimentos (Blanco-Libreros, 2016, Riascos y Gómez, 2023), sugerimos que estos factores a escala local podrían estar afectando las tasas de crecimiento de *M. vocator*.

Estos datos sugieren que la población de *M. vocator* de Punta Coquitos podría tener una menor cantidad de alimento, recursos alimenticios de mala calidad o encontrarse bajo estrés ejercido por algún factor exógeno, lo cual podría afectar significativamente su desempeño de crecimiento. En contraste, el mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno en el sedimento del Barrio Pescador podría indicar abundantes recursos alimenticios para los cangrejos violinistas promoviendo un tamaño de ancho de caparazón superior. En este bosque de manglar, tanto las hembras como los machos de *M. vocator* alcanzaron tallas mayores en comparación a las tallas registradas por Colpo y Negreiros-Fransozo (2022) en su estudio.

Estructura de pesos

Los pesos de los cangrejos violinistas pueden variar significativamente, debido a diferentes factores, como la especie, el sexo, la edad, el estado reproductivo y las condiciones ambientales. Además de que suelen tener un dimorfismo sexual, lo que significa que los machos y las hembras pueden tener tamaños y pesos diferentes (Crane, 1975). En el orden de los cangrejos decápodos, los machos adultos suelen tener un tamaño y un peso mayor en comparación con las hembras. Esta diferencia en el peso de los machos puede atribuirse al crecimiento del cuerpo y de los quelípedos, como lo sugiere el estudio de Hartnoll (2006).

En general, los cangrejos violinistas tienden a ser relativamente pequeños en comparación con otros cangrejos, con un peso que puede variar desde unos pocos gramos hasta alrededor de 50 gramos, dependiendo de la especie y la ubicación geográfica (Dubois, 2018). En nuestro estudio, los machos de *M. vocator* en el Barrio Pescador y Punta Coquitos presentaron un peso mayor al de las hembras. En el Barrio Pescador, el macho más pesado alcanzó los 12,3 gramos, mientras que en Punta Coquitos el peso máximo fue de 7,96 gramos. En contraste, la hembra más pesada en el Barrio Pescador pesó 7,2 gramos y en Punta Coquitos pesó 5,39 gramos. Esto sugiere que los cangrejos del bosque de manglar periurbano, más expuestos a los efectos de la urbanización, presentaron un mayor peso en comparación con los del bosque de manglar silvestre.

Cabe resaltar que existen pocos estudios específicos sobre los patrones de crecimiento, como el peso en la especie *M. vocator*, dificultando las comparaciones con otros pesos de la misma especie. Sin embargo, como el peso es un parámetro directamente proporcional al tamaño del cangrejo, podemos concluir que, a mayor tamaño del caparazón, mayor peso, favoreciendo a la población que convive en un ambiente urbanizado.

El mayor peso observado en los machos de *M. vocator* en entornos urbanizados podría estar relacionado con la disponibilidad y calidad de recursos alimenticios y las características del hábitat alteradas por la urbanización, lo que puede proporcionar ventajas en términos de crecimiento y acumulación de biomasa. Comprender estos patrones es crucial para desarrollar estrategias de conservación y manejo que consideren los impactos de la urbanización en los ecosistemas de bosques de manglar y las especies que los habitan.

Fecundidad

En este estudio, se observó que la fecundidad de las hembras de *M. vocator* varió entre las dos áreas de bosques de manglar con diferentes niveles de urbanización. En Punta Coquitos, el promedio de fecundidad fue de 22,554 huevos por hembra ovada, mientras que en el Barrio Pescador fue de 20,431 huevos por hembra ovada. Estas diferencias en la fecundidad pueden estar influenciadas por diversos factores ambientales y antropogénicos.

La fecundidad en los cangrejos violinistas está estrechamente relacionada con el tamaño corporal de las hembras. En general, las hembras más grandes tienden a producir más huevos (Hines, 1982; Zaldívar-Riverón et al., 2013; Figueredo et al., 2008). En nuestro estudio, aunque el mayor peso y tamaño de las hembras fue el Barrio Pescador en comparación con las hembras de Punta Coquitos, las mayores fecundidades promedio se presentaron en este último.

Esta relación de número de huevos con respecto a tamaño del caparazón ha sido corroborada por otros estudios en diferentes especies de cangrejos violinistas, donde se ha demostrado que las hembras más grandes tienen una mayor capacidad de almacenamiento de

energía y, por lo tanto, pueden invertir más recursos en la producción de huevos (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003).

Sin embargo, la calidad del hábitat también juega un papel crucial en la fecundidad. En áreas de bosques de manglar más urbanizados, como el Barrio Pescador, los cangrejos pueden enfrentar mayores niveles de estrés debido a la contaminación, la perturbación del hábitat y la depredación siendo las hembras más vulnerables. Estos factores pueden afectar negativamente la fecundidad al reducir la cantidad de energía disponible para la reproducción o una talla de madurez más acelerada con tamaños más pequeños (Conde y Díaz, 1992; Harris y Santos, 2000).

Es importante señalar que la fecundidad no solo depende del tamaño y la calidad del hábitat, sino también de la periodicidad reproductiva y las condiciones ambientales locales, como la temperatura y la salinidad (Litulo, 2005). En el caso de *M. vocator*, la adaptación a diferentes condiciones de salinidad y la capacidad de aprovechar recursos alimenticios variados puede haber permitido a estas poblaciones mantener niveles de fecundidad comparables a los reportados en otros estudios, incluso en entornos urbanizados (Christy, 1978; Miller, 1961).

En este estudio, se encontró que la mayor fecundidad promedio se encontró en Punta Coquitos. Además, se observaron diferencias en la cantidad de huevos en hembras con el mismo tamaño de caparazón, lo cual puede estar relacionado con la disponibilidad y consumo individual de alimento, la calidad del hábitat, las condiciones ambientales, la urbanización, la variabilidad individual en la producción de huevos y la pérdida natural de huevos (Sharma et al., 2015; Haroski, 2008; Hines, 1982).

En comparación con otros estudios en diferentes regiones, los valores de fecundidad observados en este estudio son consistentes con algunos reportes en la literatura (Tabla 7). Por ejemplo, investigaciones sobre *M. vocator* en Brasil reportaron valores de fecundidad similares en una de las tres poblaciones estudiadas, con un promedio de 20,480 huevos. Esta población se encuentra en un bosque de manglar con baja cantidad de materia orgánica, probablemente debido a características hidrológicas y sedimentarias que favorecen la exportación de hojarasca. Otra población brasileña presentó valores de fecundidad inferiores, con un promedio de 11,497 huevos, posiblemente debido a la contaminación por derrame de petróleo crudo, que afecta la calidad de los sedimentos como recurso alimenticio. La tercera población estudiada en Brasil mostró valores superiores de fecundidad, con un promedio de 30,515 huevos. Esta población se caracteriza por tener una alta productividad en el bosque de manglar y un bajo grado de perturbación humana, lo que proporciona un sustento alimenticio de mejor calidad y reduce el estrés por factores exógenos (Colpo y Negreiros-Franzoso, 2003).

En comparación con estas poblaciones, investigaciones sobre *M. rapax* en Brasil reportaron fecundidades significativamente menores, con un promedio de 4,984 huevos por hembra. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales entre los sitios de estudio, así como las diferencias específicas entre las especies del mismo género (Costa y Soares-Gomes, 2009; Pereira y Garcia, 2020).

Sostenemos que una explicación razonable para una menor fecundidad aun con mayores tamaños, se deba a una mayor presión de depredación en los bosques urbanos frente a los silvestres, partiendo de las siguientes consideraciones: primero, los cangrejos violinistas han sido durante mucho tiempo ejemplos por excelencia de proporciones de sexos sesgadas

por los machos, sugiriéndose el resultado de una creciente depredación de las hembras de cangrejo post reclutamiento (Johnson, 2003).

Tabla 7. Comparación del número de huevos (media) y el rango de tamaño (mm) de la hembra, entre tres especies del género *Minuca* tropicales que presentan un tamaño similar; AC: Ancho del caparazón.

Especies	N° de Huevos (Media)	Rango del AC en hembras ovígeras (mm)	Referencia
<i>M. vocator</i>	21812	11,3 - 27,9	Presente estudio
<i>M. vocator</i>	11497	16,0 – 20,0	(Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003)
<i>M. vocator</i>	20480	16,0 – 20,0	(Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003)
<i>M. vocator</i>	30515	16,0 – 20,0	(Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003)
<i>M. mordax</i>	14424	9,52 - 19,92	(Guerrero y Ortega, 2016)
<i>M. rapax</i>	4984	7,85 – 13,7	(Costa y Soares-Gomes, 2009)

En segundo lugar, las comunidades de aves densas y diversas surgen como principales consumidores en los bosques de manglar urbanizados, y dependen en gran medida de que los invertebrados bentónicos puedan proliferar en estos sistemas dominados por el hombre (Li y Lee, 1998). Los depredadores como aves pueden mostrar patrones consistentes de depredación de los cangrejos violinistas en general independientemente de la especie, como, por ejemplo, el Ibis blanco (*Eudocimus albus*) eligió cangrejos violinistas hembras o machos sin uñas (*Uca pugilator*) cuatro veces más que cangrejos machos intactos, lo que sugiere que el dimorfismo sexual afecta sustancialmente la vulnerabilidad a los depredadores aviares (Bildstein et al., 1989). Además, debemos tener en cuenta que la vida silvestre que vive en la ciudad debe hacer frente a una variedad novedosa de condiciones ambientales que pueden ser estresantes (Szulkin et al., 2020), imponiendo así costos energéticos adicionales a la reproducción.

Proporción de sexos

La proporción de sexos es un aspecto crucial en la ecología y biología reproductiva de los cangrejos violinistas, incluidos los del género *Minuca*. En nuestro estudio, la proporción de sexos de *M. vocator* se desvió significativamente del esperado 1:1, con una mayor presencia de machos en ambas áreas de muestreo. En Punta Coquitos, la proporción fue de 1,5 machos por cada hembra, mientras que en el Barrio Pescador fue de 2,3 machos por cada hembra.

Esta diferencia puede explicarse por varias razones. Una hipótesis sugiere que los machos tienen una mayor movilidad y son más activos en la búsqueda de pareja, lo que podría hacerlos más propensos a ser capturados durante los muestreos (Castiglioni y Negreiros-Fransozo, 2006). Además, las hembras tienden a permanecer más tiempo en sus madrigueras, especialmente durante los periodos de incubación de los huevos, lo que también podría contribuir a su menor presencia en las muestras y la dificultad en la captura de las hembras, que se encuentran protegidas en sus madrigueras (Rosenberg et al., 2004; Johnson, 2003).

Estudios previos han reportado variaciones en la proporción de sexos en diferentes poblaciones de cangrejos violinistas. Por ejemplo, Colpo y Fransozo (2004) observaron proporciones de sexos sesgadas hacia los machos en poblaciones de *M. vocator*, lo cual concuerda con nuestros hallazgos y con estudios realizados en diferentes especies de cangrejos del género *Minuca*, como *M. vocator*; *U. (M.) rapax*, *U. (M.) thayeri*, *U. (M.) mordax* (Colpo y Fransozo, 2004; Costa y Soares-Gomes, 2009; Scalco et al., 2016; Colpo y Negreiros-Fransozo, 2022; Guerrero y Ortega, 2016). Estos sesgos pueden ser influenciados por factores ambientales y ecológicos, como la disponibilidad de refugios y la presión de depredación, que pueden afectar diferencialmente a machos y hembras y cobra especial

importancia en bosques de manglar urbanizados con proliferación de depredadores, especialmente aves que dependen de comunidades bentónicas (Li y Lee, 1998; Bildstein et al., 1989) además de factores como la longevidad de cada sexo, restricciones alimenticias en el hábitat, distribución espacio-temporal, migración en busca de alimento, la mortalidad y la dificultad en la captura de las hembras, que se encuentran protegidas en sus madrigueras (Rosenberg et al., 2004 ; Johnson, 2003).

La mayor proporción de machos en áreas urbanizadas, como en el Barrio Pescador, podría estar relacionada con la alteración del hábitat debido a la urbanización. Los ambientes urbanizados pueden ofrecer menos refugios adecuados para las hembras, exponiéndolas a un mayor riesgo de depredación y mortalidad. Además, los machos, al ser más grandes y robustos, pueden tener una mayor capacidad de adaptación a las condiciones adversas de los bosques de manglar urbanizados (Rosenberg et al., 2004; Johnson, 2003).

La proporción de sexos tiene implicaciones directas en la fecundidad y el éxito reproductivo de las poblaciones de cangrejos violinistas. Un sesgo hacia los machos puede aumentar la competencia intraespecífica por las hembras, potencialmente afectando las tasas de apareamiento y la fertilización de los huevos (Hartnoll, 2006; Costa y Soares-Gomes, 2011). Por otro lado, la presencia de más machos podría facilitar la estrategia de las hembras de copular con múltiples machos, lo que puede incrementar la diversidad genética y la viabilidad de las crías (Costa y Soares-Gomes, 2011).

En conclusión, la proporción de sexos observada en *M. vocator* en los bosques de manglar del municipio de Turbo resalta la necesidad de considerar factores ambientales y antropogénicos al evaluar las dinámicas poblacionales y la biología reproductiva de estos cangrejos. Futuros estudios deberían enfocarse en comprender mejor cómo estos factores

afectan la proporción de sexos y, en consecuencia, la fecundidad y el éxito reproductivo de las poblaciones de cangrejos violinistas.

Porcentaje de hembras ovadas

El porcentaje de hembras ovadas es un indicador crucial para comprender el éxito reproductivo y la salud de las poblaciones de cangrejos violinistas. En nuestro estudio, se observó que, en Punta Coquitos, el porcentaje de hembras ovadas fue del 32,7%, mientras que en el Barrio Pescador fue del 29%. Estos valores sugieren que las condiciones ambientales y la urbanización pueden influir significativamente en la capacidad reproductiva de *M. vocator*.

Diversos estudios han reportado variaciones en el porcentaje de hembras ovadas en diferentes poblaciones de cangrejos violinistas. Por ejemplo, Colpo y Negreiros-Fransozo (2003) encontraron que el porcentaje de hembras ovadas en *M. vocator* variaba según la calidad del hábitat y la disponibilidad de recursos alimenticios. En áreas con alta disponibilidad de nutrientes y menor perturbación humana, como en el caso de Punta Coquitos, se observó un mayor porcentaje de hembras ovadas, lo que sugiere que un entorno favorable promueve la reproducción y mayor fecundidad.

La urbanización puede afectar el porcentaje de hembras ovadas de varias maneras. En áreas urbanizadas, la calidad del hábitat puede deteriorarse debido a la contaminación y la alteración del sustrato, lo que puede reducir la disponibilidad de alimento y aumentar el estrés ambiental para las hembras ovadas (Benetti, 2007). Estos factores pueden disminuir la capacidad de las hembras para producir y llevar huevos en su abdomen, afectando así el éxito reproductivo de la población (Costa y Soares-Gomes, 2009; Sousa, 2022).

En comparación, investigaciones realizadas en poblaciones de *M. vocator* en bosques de manglar con diferentes niveles de perturbación, Colpo y Negreiros-Fransozo (2003) reportaron porcentajes de hembras ovadas similares a este estudio, que oscilan entre el 25% y el 30%, destacando que la población de cangrejos violinistas ubicada en el bosque de manglar con menor influencia de la urbanización, presentó un éxito reproductivo más favorable. Estos estudios sugieren que las hembras en entornos más naturales y menos impactados por actividades humanas tienen mayores tasas de reproducción, lo que se refleja en un mayor porcentaje de hembras ovadas.

El menor porcentaje de hembras ovadas en el Barrio Pescador podría estar relacionado con la mayor presión de la urbanización en esta área, que afecta negativamente la calidad del hábitat y la disponibilidad de refugios adecuados para la incubación de los huevos. Las hembras que no encuentran condiciones óptimas pueden experimentar mayores tasas de mortalidad o reducir su actividad reproductiva para preservar su energía (Conde y Díaz, 1992).

Además, la variabilidad en el porcentaje de hembras ovadas puede estar influenciada por factores como la temperatura del agua, la salinidad y la disponibilidad de microhábitats adecuados para la reproducción. Estudios adicionales en diferentes épocas del año y en diferentes condiciones ambientales podrían proporcionar una visión más completa de cómo estos factores influyen en la reproducción de *M. vocator*.

En conclusión, el porcentaje de hembras ovadas en *M. vocator* en los bosques de manglar del municipio de Turbo sugiere una influencia significativa de la urbanización y la calidad del hábitat en la capacidad reproductiva de esta especie. Es esencial continuar investigando estos factores para desarrollar estrategias de conservación y manejo que

mejoren las condiciones de los bosques de manglar y, en consecuencia, la salud y la sostenibilidad de las poblaciones de cangrejos violinistas.

Talla de madurez sexual

La talla de madurez sexual en los cangrejos violinistas puede variar significativamente según el entorno y la disponibilidad de recursos. Estudios previos han mostrado que en áreas con abundantes recursos alimenticios y menor estrés ambiental, los cangrejos tienden a alcanzar la madurez a tamaños más grandes (Colpo y Negreiros-Fransozo, 2003). En contraste, en ambientes más perturbados o con menor disponibilidad de alimentos, los cangrejos pueden alcanzar la madurez sexual a tamaños más pequeños, posiblemente como una estrategia adaptativa para asegurar la reproducción antes de enfrentar condiciones adversas (Costa y Soares-Gomes, 2009).

En nuestro estudio, se determinó que la talla de madurez sexual morfológica (AC50%) de las hembras de *M. vocator* fue de 17,3 mm de ancho del caparazón en Punta Coquitos y de 15,9 mm en el Barrio Pescador. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la calidad del hábitat y el grado de urbanización de cada sitio y pueden influir significativamente en la talla de madurez sexual. En áreas más urbanizadas, como el Barrio Pescador, donde se observó una talla de madurez sexual menor, las hembras pueden enfrentar una mayor presión debido a la contaminación, la depredación, la alteración del sustrato y la disponibilidad de microhábitats adecuados. Esto puede resultar en un ambiente menos favorable para el crecimiento y desarrollo, acelerando la madurez sexual para aumentar las posibilidades de reproducción antes de enfrentar posibles amenazas (Colpo y Negreiros-Fransozo (2022).

Por otro lado, en Punta Coquitos, que presentó una talla de madurez sexual mayor, las condiciones ambientales pueden ser más favorables, permitiendo un desarrollo más prolongado antes de alcanzar la madurez. Este patrón sugiere que las hembras en este sitio pueden beneficiarse de una mejor calidad del hábitat, un menor impacto ejercido por la urbanización y una mayor disponibilidad de recursos alimenticios de calidad, lo que permite un crecimiento óptimo antes de reproducirse (Harris y Santos, 2000).

La variabilidad en la talla de madurez sexual también puede estar influenciada por factores ecológicos como la temperatura del agua, la salinidad, la disponibilidad de refugios adecuados y la exposición a las mareas (Genoni, 1985). Investigaciones adicionales en diferentes condiciones ambientales y épocas del año podrían proporcionar una comprensión más completa de cómo estos factores afectan la madurez sexual en *M. vocator*.

Estos valores de la talla de madurez sexual morfológica (AC50%) son comparables a los reportados en la misma especie por Colpo y Fransozo (2004), quienes encontraron un AC50% de 15,2 mm, y Colpo y Negreiros-Fransozo (2022), quienes reportaron un valor de 14,6 mm. Además, estos tamaños son similares a los de otros cangrejos del género *Minuca*, como *M. thayeri*, con un AC50% de 17,8 mm (Benetti, 2007), pero contrastan con los tamaños reportados para la especie *M. rapax* según Benetti (2007), que presentan una madurez sexual a tamaños significativamente menores (6,1 mm de AC50%). Pereira y García (2020) encontraron que la madurez sexual en *M. rapax* comienza en tallas más pequeñas en entornos con menor calidad del hábitat, similar a nuestras observaciones en el Barrio Pescador.

En resumen, la talla de madurez sexual en las hembras de *M. vocator* muestra variaciones significativas entre los sitios de estudio, probablemente debido a las diferencias en la urbanización y la calidad del hábitat, que influyen en el presupuesto energético,

promoviendo distintos tamaños de madurez. Estos resultados destacan la importancia de conservar y mejorar las condiciones de los bosques de manglar para asegurar la sostenibilidad de las poblaciones de cangrejos violinistas. Futuros estudios deberían centrarse en el monitoreo a largo plazo de estos parámetros y en la implementación de estrategias de manejo que mitiguen los impactos negativos de la urbanización en estos ecosistemas cruciales.

Conclusiones

En cuanto a la estructura de tallas los datos sugieren que la población de *M. vocator* de Punta Coquitos con tallas menores podría deberse a una menor cantidad de alimento enriquecido producto de la eutrofización, recursos alimentarios de baja calidad o encontrarse bajo estrés ejercido por algún factor exógeno, lo cual podría afectar significativamente su desempeño de crecimiento. En contraste, el mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno en el sedimento del Barrio Pescador podría indicar abundantes factores de eutrofización de origen antrópico por la urbanización y mayor disponibilidad de recursos alimenticios para los cangrejos violinistas, promoviendo un tamaño de ancho de caparazón superior. Lo anterior se relaciona directamente con el peso, cangrejos más grandes serán cangrejos más pesados, en síntesis, de la evidencia disponible, muestra que la aparición de subsidios alimentarios antropogénicos predecibles en los ecosistemas se traduce en cambios en el nivel de población, incluido el aumento de la condición corporal, el rendimiento reproductivo y el tamaño corporal.

Aunque pareciera que los cangrejos violinistas no se alimenten directamente de alimentos antropogénicos, si no que el carbono antropogénico puede impulsar el aumento en la abundancia de bacterias y algas microbentónicas, pareciera que la alta predictibilidad

espacio-temporal de los subsidios antropogénicos puede influir en la actividad de alimentación, los patrones dietéticos y el proceso de búsqueda. Esto, y los cambios observados en el comportamiento de alimentación generalista oportunista en los cangrejos violinistas, sugieren que *M. vocator* puede estar alimentándose directamente de subsidios alimentarios antropogénicos. Por lo tanto, tanto las perturbaciones como las oportunidades creadas por la invasión urbana de los bosques de manglar que rodean el municipio de Turbo, durante los últimos dos siglos probablemente dieron forma a un fenotipo urbano distintivo que puede tener profundas implicaciones ecológicas y evolutivas.

En cuanto a parámetros reproductivos, nuestros resultados muestran que, tamaños corporales más grandes y una condición corporal más alta que caracterizan a los fenotipos de cangrejos violinistas urbanos (Barrio Pescador) no necesariamente se traducen en un mayor éxito reproductivo. Los cambios observados en la estructura de tamaño Vs. fecundidad entre sitios, sugieren fuertemente que la supervivencia de las hembras es menor en entornos urbanos (Riascos y Gómez, 2023), lo que dificulta el fitness reproductivo sumado a un número menor de hembras ovadas en estos ambientes, incluso acelerando el tamaño de madurez sexual, donde se privilegia asegurar la reproducción antes de enfrentar condiciones adversas y por último, mostrando la fuerte proporción de machos frente a las hembras, donde pesa el hecho de condiciones ambientales estresantes y altas tasas de depredación.

La urbanización en los bosques de manglar puede influir en el crecimiento, desarrollo y capacidad reproductiva de los cangrejos violinistas *M. vocator*, afectando los tamaños que alcanzan en la madurez sexual debido a la alteración en la disponibilidad de recursos alimenticios, la calidad del hábitat y las condiciones ambientales. Aunque las poblaciones expuestas a entornos urbanizados muestran adaptaciones, también experimentan cambios en su comportamiento, capacidad reproductiva y tasas de mortalidad, especialmente en las

hembras. Los cangrejos que se alimentan de depósitos de origen antrópico pueden beneficiarse en ambientes contaminados, debido a un mayor suministro de alimentos provenientes de microalgas bentónicas y bacterias presentes en el sedimento, lo que puede resultar en un aumento en el crecimiento poblacional, morfológico y en la biomasa. Comprender cómo la urbanización afecta la biología reproductiva de estos cangrejos es crucial para evaluar su impacto en la estructura y funcionamiento de los bosques de manglar, así como para orientar la conservación y gestión de estos ecosistemas.

Este estudio es uno de los primeros aportes relacionados con la estructura poblacional y los parámetros reproductivos de *M. vocator* en bosques de manglar del municipio de Turbo, Antioquia. Se hacen necesarias investigaciones posteriores sobre el crecimiento alométrico, tamaño del huevo, el esfuerzo reproductivo y la ecología larval para tener una comprensión más completa de su ciclo de vida y poder comparar cómo la urbanización puede generar cambios en estos parámetros ecológicos.

Recomendaciones

1. Monitoreo continuo: Implementar programas de monitoreo continuo de las poblaciones de cangrejos violinistas en áreas urbanizadas y no urbanizadas para evaluar cambios en la estructura de las poblaciones y en los parámetros reproductivos.

2. Protección de hábitats: Establecer zonas protegidas en los bosques de manglar donde se prohíba la urbanización y la explotación desmedida de recursos, asegurando la conservación de hábitats críticos para *M. vocator* y otras especies dependientes.

3. Restauración de los bosques de manglar: Desarrollar proyectos de restauración ecológica en bosques de manglar degradados, con énfasis en la replantación de propágulos y la mejora de la calidad de los sedimentos, para proporcionar un hábitat adecuado para la reproducción y el crecimiento de los cangrejos violinistas.

4. Educación ambiental: Promover programas de educación ambiental que sensibilicen a las comunidades locales sobre la importancia de los bosques de manglar y la biodiversidad que albergan, fomentando prácticas sostenibles y la reducción de impactos negativos.

5. Regulación y fiscalización: Fortalecer las regulaciones ambientales y la fiscalización de actividades antropogénicas en zonas de bosques de manglar, incluyendo la construcción y la descarga de contaminantes, para minimizar los efectos adversos en estos ecosistemas.

6. Investigación adicional: Fomentar la investigación científica enfocada en los efectos de la urbanización y la contaminación en la biología reproductiva y la ecología de *M. vocator*, para generar datos que informen políticas de conservación efectivas.

7. Manejo integrado de zonas costeras: Implementar estrategias de manejo integrado de zonas costeras que incluyan la participación de múltiples sectores y actores, asegurando un enfoque holístico en la conservación de los bosques de manglar.

8. Reducción de contaminantes: Promover la reducción de la contaminación en áreas urbanizadas cercanas a los bosques de manglar mediante la mejora de infraestructuras de tratamiento de aguas residuales.

9. Programas de rehabilitación: Establecer programas de rehabilitación de especies, incluyendo la cría en cautiverio y la reintroducción de cangrejos violinistas en áreas donde sus poblaciones han disminuido significativamente.

10. Incentivos para la conservación: Crear incentivos económicos y sociales para las comunidades locales que participen en la conservación y el manejo sostenible de los bosques de manglar, como el ecoturismo y proyectos de uso sostenible de los recursos naturales.

Referencias Bibliográficas

- Ahmed M., 1976. Un estudio de los tipos sexuales normales y aberrantes de los cangrejos violinistas venezolanos *Uca cumulanta* y *Uca rapax*. Bula Mar Sci 26: 499-505
- Alongi D.M., 2015. The impact of climate change on mangrove forests. Current Climate Change Reports, 1(1), 30-39.
- Baillard K., 2016. The effects of anthropization on the coastal island vegetation: the example of the mangrove forest of the Bay of Fort-de-France (Martinique). International Journal of Recent Research and Review, 9(2), 1-14.
- Benetti A.S., 2007. Biología reproductiva em espécies do gênero *Uca* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) em manguezais tropicais. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.
- Benetti A.S., Negreiros-Fransozo M.L., Costa T.M., 2007. Population and reproductive biology of the crab *Uca burgersi* (Crustacea: Ocypodidae) in three subtropical mangrove forests. Rev. Biol. Trop.; 55: 55-70.
- Bildstein K.L., McDowell S.G., y Brisbin I.L., 1989. Consequences of sexual dimorphism in sand fiddler crabs, *Uca pugilator*: differential vulnerability to avian predation. Animal Behaviour, 37, 133-139.
- Bingham y Kathiresan, 2001. “Biology of mangrove and mangrove ecosystems,” Advances in marine biology, vol. 40, pp.81-251.

- Blanco-Libreros J.F. y Estrada-Urrea E.A., 2015. Mangroves on the edge: Anthrome-dependent fragmentation influences ecological condition (Turbo, Colombia, Southern Caribbean). *Diversity*, 7(3), 206-228.
- Blanco-Libreros J.F., 2016. Cambios globales en los manglares del golfo de Urabá (Colombia): entre la cambiante línea costera y la frontera agropecuaria en expansión. *Actualidades Biológicas*, 38 (104), 53-70.
- Blanco-Libreros J.F., Taborda M., Amortegui T., Arroyave R., Sandoval A. y Vivas N., 2013. Deforestation and sedimentation in Uraba Gulf mangroves; a synthesis of the impacts on macrobenthos and fishes in the Turbo River delta. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 19-36.
- Bott R., 1954. Ergebnisse der Forschungsreise A. Zilch 1951 nach El Salvador, 15. Dekapoden (Crustacea) aus El Salvador. 1. Winkerkrabben (*Uca*). *Senckenbergiana biologica*. 35(3-4): 155-180; Pls. 14-19
- Botto F., 2001. Efectos directos e indirectos de la bioturbación producida por el cangrejo cavador *Chasmagnathus granulata* en ambientes estuariales. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Cannicci S., Torres P., Penha-Lopes G., Narciso L. y Paula J., 2009. Comparison of fecundity, embryo loss and fatty acid composition of mangrove crab species in sewage contaminated and pristine mangrove habitats in Mozambique. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 381(1), 25-32.
- Cardoso R.C. y Negreiros-Fransozo M.L., 2004. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(4), 733-735.

- Castiglioni D.D. y Negreiros-Fransozo M.L., 2006. Physiologic sexual maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49, 239-248.
- Chamucero J.C., Trujillo E. y Jiménez D.A., 2011. La biodiversidad y el papel de los ingenieros de ecosistemas en su mantenimiento. *Momentos de Ciencias*, 8, 8-15.
- Christy J.H., 1978. Adaptive significance of reproductive cycles in the fiddler crab *Uca pugilator*: a hypothesis. *Science*, New York, 199: 453-455.
- Christy J.H., 1987. Female choice and breeding behaviour of the fiddler crab *Uca beebei*. *J. Crust. Biol.*; 7: 624–635.
- Christy J.H., 2011. Momento de eclosión y liberación de larvas por cangrejos braquiuranos: patrones, importancia adaptativa y control. *Biología integrativa y comparativa*, 51(1), 62-72.
- Colpo K. y Fransozo M.L. 2004. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina*. 68. 139-146.
- Colpo K.D. y Negreiros-Fransozo M.L., 2003. Producción reproductiva de *Uca vocator* (Herbst, 1804) (Brachyura, Ocypodidae) de tres manglares subtropicales en Brasil. *Crustácea*, 76(1), 1-11.
- Colpo K.D. y Negreiros-Fransozo, M.L., 2003. Reproductive output of *Uca vocator* (Herbst, 1804) (Brachyura, Ocypodidae) from three subtropical mangroves in Brazil. *Crustaceana*, 76(1), 1-11.
- Colpo, K. D., Mulreedy, C., & Negreiros-Fransozo, M. L. (2022). Plasticity of growth rates and sizes at sexual maturity in different populations of the fiddler crab *Minuca vocator* (Herbst,

1804) within the same latitudinal range. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94, e20211293.

Conde J.E. y Díaz H., 1992. Extension of the stunting range in ovigerous females of the mangrove crab *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837) (Decapoda, Brachyura, Grapsidae). *Crustaceana*, 62(3), 319-322.

Corpouraba, Universidad de Antioquia & Convenio 201671 Fonade Corpouraba., 2003. Caracterización y zonificación de los manglares del golfo de Urabá Departamento de Antioquia. Corpouraba.

Costa T. y Soares-Gomes A., 2011. Population dynamics and secondary production of *Uca rapax* (Brachyura: Ocypodidae) in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. *J. Crustacean Biol.*; 31(1): 66-74.

Costa, T. M., y Soares-Gomes, A., 2015. Secondary production of the fiddler crab *Uca rapax* from mangrove areas under anthropogenic eutrophication in the Western Atlantic, Brazil. *Marine pollution bulletin*, 101(2), 533-538.

Crane J., 1975. Cangrejos violinistas del mundo. Prensa de la Universidad de Princeton, Nueva Jersey. 736 págs.

Curi P.R., 1981. Associação, homogeneidade e contrastes entre proporções em tabelas contendo distribuições multinomiais. *Cienc Cult*, 5, 712-722.

Da Silva-Castiglioni D. y Negreiros-Fransozo M.L., 2004. Somatic growth of the mudflat fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical mangroves in Brazil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 20(39), 15-22.

- Do Sul J.A., y Costa M.F., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental pollution*, 185, 352-364.
- Dubois, S.F., 2018. Sexual selection drives larger body size in females in the fiddler crab *Uca lactea*. *Ethology*, 124(11), 773-781.
- Figueredo J., Penha-Lopes G., Anto J., Narciso L. y Junda L., 2008. Potential fertility and egg development (volume, water, lipid, and fatty acid content) through embryogenesis of *Uca rapax* (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae). *J. Crustacean Biol.*; 28(3): 528–533.
- Genoni G.P., 1985. Food limitation in salt marsh fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda: Ocypodidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 87(1), 97-110.
- Godoy M.C., 2018. Habitar sobre el manglar: Propuesta de vivienda productiva y progresiva Turbo, Antioquía. Tesis de pregrado Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 1-55.
- Gómez-López D.I., et al., 2020. Analysis of urban growth and deforestation in coastal zones of the Gulf of Urabá, Colombia. *Journal of Coastal Conservation*, 24(5), 70.
- González Treviño A. 2018. Ecología filogenética de los cangrejos violinistas del género UCA (Leach, 1814) en la Laguna Madre, Tamaulipas México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Guerrero L. y Ortega A., 2016. Aspectos poblacionales y reproductivos del cangrejo violinista *Uca mordax* (decapoda: ocypodidae) en el manglar de Punta bolívar, San Antero, Córdoba. Universidad de Córdoba.
- Haroski, D. M. (2008). The ecology of contaminant exposure in *Uca pugnax* (Smith): Physiological, reproductive, and behavioral sublethal effects. Rutgers The State University of New Jersey, School of Graduate Studies.

- Harris R.R. y Santos M.C., 2000. Contaminación por metales pesados y variabilidad fisiológica en los cangrejos de manglar brasileño *Ucides cordatus* y *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda). *Biología marina*, 137, 691-703.
- Hartnoll R.G., 2006. Reproductive investment in Brachyura. *Hydrobiologia*, 557(1), 31-40.
- Henning H.G. y Klaassen F., 1973. Dekapode crustaceen auf der Isla de Salamanca (Atlantik-rüste, Kolumbien). *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 7.
- Herbst J.F., 1799-1804. Versuch einer Naturgeschichte der Krabben und Krebse. Banda de goteo. Gottlieb August Lange, Berlín und Stralsund, 49 págs.
- Hernández P. y Palma S., 2003. Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). *Investigaciones marinas*, 31(2), 35-46.
- Hines A., 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar. Biol.*; 69: 309–320.
- Hirose G.L., Fransozo V., Tropea C., López-Greco L.S. y Negreiros-Fransozo M.L., 2013. Comparison of body size, relative growth and size at onset sexual maturity of *Uca uruguayensis* (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) from different latitudes in the southwestern Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*; 93 (3): 781–788.
- Hogarth P.J., 2015. *The biology of mangroves and seagrasses*. Oxford University Press.
- Hoyos G., Urrego G., Estela L. y Lema T., 2013. Respuesta de la regeneración natural en manglares del golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1445-1461.

- IDEAM, 2022. Pronóstico de pleamares y bajamares en la Costa Caribe Colombiana año 2021.
- Johnson P., 2003. Biased sex ratios in fiddler crabs (Brachyura, Ocypodidae): a review and evaluation of the influence of sampling method, size class and sex-specific mortality. *Crustaceana* 2003; 76: 559–580.
- Koch V., Wolff M. y Diele K., 2005. Dinámica poblacional comparativa de cuatro cangrejos violinistas (Ocypodidae, género *Uca*) de un ecosistema de manglares del norte de Brasil. *Serie Progreso de la Ecología Marina*, 291, 177-188.
- Kristensen E., Penha-Lopes G., Delefosse M., Valdemarsen T., Quintana C.O. y Banta G.T., 2012. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Marine Ecology Progress Series*, 446, 285-302.
- Kwon Y.J., 2021. Variation in mangrove-dwelling fiddler crabs with human impacts. *Frontiers in Marine Science*, 8, 607071.
- Lardies M.A. y Rojas J.M., 2004. Breeding biology and population structure of the intertidal crab *Petrolisthes laevigatus* (Anomura: Porcellanidae) in central-southern Chile. *J. Nat. Hist.*; 38: 375–388.
- Li M.S. y Lee S.Y., 1998. Carbon dynamics of Deep Bay, eastern Pearl River Estuary, China. I: A mass balance budget and implications for shorebird conservation. *Marine Ecology Progress Series*, 172, 73-87.
- Litulo C., 2004. Fecundity of the pantropical fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1837) (Brachyura: Ocypodidae) at Costa do Sol Mangrove, Maputo Bay, Southern Mozambique. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*; 21 (1): 87-91.

- Litulo C., 2005. Population structure and reproductive biology of the fiddler crab *Uca inversa* (Hoffman, 1874) (Brachyura: Ocypodidae). *Acta Oecol.* 2005b; 27: 135–141.
- Miller D.C., 1961. El mecanismo de alimentación de los cangrejos violinistas, con consideraciones ecológicas de las adaptaciones alimentarias. *Zoológica* 46: 89101.
- Moreno M.A., Álvarez A.G., y Orozco H.M., 2021. Heterogeneidad ambiental y alteraciones antrópicas en comunidades de manglar en el Pacífico sur de México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(1), 70-85.
- Navarrete A.I., Romero J.C., 1996. Distribución de *Uca (Minuca) vocator ecuadoriensis* y sus madrigueras en relación a factores ambientales de la Isla La Plata, Bahía de Málaga. En: X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Resúmenes de las conferencias magistrales y técnicas. Santa fe de Bogotá, 28 al 31 de octubre.
- Pereira C. y García J.V., 2020. Morfometría y crecimiento poblacional de *Minuca rapax* (Crustacea, Decapoda) en el bosque de manglar del río San Juan, estado Monagas, Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, 40(2), 151-170.
- Polanía J., Santos-Martínez A., Mancera-Pineda J.E., y Arboleda L.B., 2001. The Coastal Lagoon Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. In *Coastal marine ecosystems of Latin America* (pp. 33-45). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Prahl H.V., 1989. *Manglares de Colombia*. Villegas Editores, Bogotá D.C., Colombia. 205 p.
- Ramos J., Boto M., White-Bookmakers J.F. y Riascos J.M., 2021. El Bígaro de Manglar *Littoraria angulifera* (Mollusca: Littorinidae) en el Golfo de Urabá (Caribe colombiano): ¿Encontrando caminos en una Costa en proceso de urbanización? *Fronteras en las ciencias marinas*, 8, 641567.

- Riascos J.M., Valencia N., Peña E.J. y Cantera J.R., 2019. Inhabiting the technosphere: The encroachment of anthropogenic marine litter in Neotropical mangrove forests and its use as habitat by macrobenthic biota. *Marine pollution bulletin*, 142, 559-568.
- Riascos J.M., y Gómez, N., 2023. A bioengineer in the city—the Darwinian fitness of fiddler crabs inhabiting plastic pollution hotspots. *Environmental Pollution*, 335, 122254.
- Rincón-Ríos S., 2021. Deforestation dynamics in the mangroves of Urabá Gulf (Colombian Caribbean) between 1986 and 2017. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 251, 107205.
- Rosenberg M.S., Blanton J.E. y Gavin M.G., 2004. Variation in sex ratio among seven fiddler crab (genus *Uca*) species. *Journal of Crustacean Biology*, 24(2), 235-241.
- Sampedro M.P. y García-Guerrero M.U., 2003. Size and weight relationship in the fiddler crab *Uca tangeri*: an experimental evaluation. *Journal of Crustacean Biology*, 23(1), 83-92.
- Sánchez-Moreno H., Bolívar-Anillo H.J., Villate-Daza D.A., Escobar-Olaya G. y Anfuso G. 2019. Influencia de los impactos antrópicos sobre la evolución del bosque de manglar en Puerto Colombia (Mar Caribe colombiano). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 15(1), 01-16.
- Sastry A.N., 1983. Aspectos ecológicos de la reproducción. En: Bliss DE (ed) *La biología de los crustáceos*, vol 8. Academic Press, Nueva York, p 179-270
- Sayão-Aguiar B., Pinheiro M.A. y Colpo K.D., 2012. Potencial de bioturbación de sedimentos de *Uca rapax* y *Uca de uruguayensis* como resultado su actividad alimentaria. *J Crustac Biol* 32: 223229.

- Scalco, A. C., Ramos, C. A., & Boos, H. (2016). Estrutura populacional de *Uca* (*Minuca*) *mordax* (Smith, 1870)(Decapoda: Ocypodidae) em um sistema estuarino impactado no Sul do Brasil. *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, 5, 17-28.
- Sharma S., Sharma G. y Sharma N., 2015. Reproductive biology of fiddler crab, *Uca triangularis* (Brachyura: Ocypodidae) from the Central West Coast of India. *International Journal of Scientific Research*, 4(3), 367-369.
- Silva F., Ribeiro F.B., y Bezerra, L.E., 2016. Estrutura poblacional y madurez sexual del cangrejo *Uca* (*Uca*) *maracoani* (Latreille, 1802) (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae) en un manglar semiárido tropical en el noreste de Brasil. *Latin american journal of aquatic research*, 44(4), 671-682.
- Sousa C.R., 2022. Diversidade e abundância dos caranguejos estuarinos (Crustacea, Brachyura) dos manguezais do rio Benfica, Benevides, Pará. 74 f. : il. color.
- Szulkin M., Munshi-South J., y Charmantier A., 2020. *Urban evolutionary biology*. Oxford University Press, USA.
- Thurman C.L., 1985. Reproductive biology and population structure of the fiddler crab *Uca subcylindrica* (Stimpson). *The Biological Bulletin*, 169(1), 215-229.
- Von Hagen H., 1987. Allometric growth in two populations of *Uca tangeri* from the Guadalquivir estuary (Andalusia). *Investigaciones Pesqueiras*; 51: 443-52.
- Warner G.F., 1967. The life history of the mangrove tree crab, *Aratus pisoni*. *Journal of Zoology*, 153(3), 321-335.

Webber M., Calumpong H., Ferreira B., Granek E., Green S., Ruwa R. y Soares M., 2016.

Mangroves, The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I, 877-886.

Wenner A.M., Fusaro C. y Oaten A., 1974. Size at onset of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Canadian journal of zoology*, 52(9), 1095-1106.

Zaldívar-Riverón A., Hernández L. y Valdés M., 2013. Fecundity, body size and sperm removal in female fiddler crabs (genus *Uca*). *Marine Biology Research*, 9(1), 68-75.