

**Abundancia y distribución de camarones del género *Macrobrachium*  
(Bate, 1868) en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del  
Totumo, Caribe colombiano**

**Trabajo de grado para optar al título de Biólogo Marino**

Presentado por:

Javier de Jesús Padilla Méndez

Isabella Piedrahita Rincón

**Director**

Esteban Zarza González M. Sc.

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM**

**SECCIONAL CARTAGENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA**

**2023**

Dedico esta investigación a mis padres por haberme forjado como la persona que soy actualmente, muchos de mis logros personales se los debo a ustedes y a sus infinitos sacrificios para lograr formarme con reglas y con algunas libertades, pero constantemente motivando mis anhelos.

A mis hermanos, por su apoyo, confianza, por ser las personas que son. Son una parte de los propulsores de mi vida.

A mi compañero de vida y mi mejor amigo, Carlos Vélez porqué cuando yo estaba a punto de rendirme, tú estuviste en los momentos exactos para extenderme tu mano y ayudarme a continuar. Infinitas gracias por ser el humano que eres y por creer en mí.

Finalmente, agradecerle a mi director y tutor de tesis Esteban Zarza, por permitirme lograr dar un paso más hacia el éxito y guiarme a ser una profesional competitiva, llena de conocimientos y expectativas.

Con amor, Isabella Piedrahita Rincón.

A mi padre (Q.E.P.D) por haberme heredado este gusto por esta carrera tan bonita como la biología marina, guiándome por el sendero del conocimiento de las ciencias y procurando que sea una persona integra y con valores.

A mi hermano quien me apoyo y mi respaldo en los momentos difíciles.

A mi madre porque a pesar de todos los percances de la vida, nunca dejo de velar por mi bienestar, dándome todo el cariño y amor incondicional que una madre le puede brindar a un hijo.

A mi director y tutor de tesis Esteban Zarza, por su apoyo y paciencia absoluta en todo el proceso de la investigación, brindándome las pautas y el conocimiento que me permitirán desarrollarme como persona y profesional

Con cariño, Javier de Jesús Padilla Méndez.

# **Abundancia y distribución de camarones del género *Macrobrachium* (Bate, 1868) en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, Caribe colombiano**

## **Título corto: Camarones del género *Macrobrachium* en la Ciénaga del Totumo**

### **Resumen**

Los camarones del género *Macrobrachium* son un recurso pesquero muy relevante en diferentes países tropicales y subtropicales del mundo. Las especies del género *Macrobrachium* son un elemento de suma importancia en la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que forman parte de la dieta de numerosos peces, invertebrados, tortugas y mamíferos, entre otros organismos. De igual manera, en algunas regiones de Colombia, estos camarones se capturan como alimento, lo que representa un eslabón importante en la dieta de muchas familias como lo es en el caso de las comunidades de Loma Arena y Pueblo Nuevo, asentadas en el margen de la Ciénaga del Totumo ubicada en la costa Caribe colombiana.

La Ciénaga del Totumo solía tener características estuarinas, sin embargo, actualmente el intercambio de agua con el mar está bloqueado por unas compuertas, lo que ha generado condiciones dulceacuícolas. Por esta razón, en la presente investigación se estableció como objetivo principal evaluar la abundancia y distribución de camarones del género *Macrobrachium* en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, según su etapa reproductiva y su relación con las variables ambientales del agua. Para lograr este objetivo, se capturaron organismos mediante un sistema de nasas, con un tiempo de faena de cuatro horas, y se registraron algunas variables fisicoquímicas del medio, en tres estaciones al interior de la ciénaga y durante cuatro muestreos. En el laboratorio se identificaron las especies, se cuantificaron los organismos capturados, se registraron las medidas de tallas, se determinó el sexo y se estimó el estadio reproductivo de cada organismo, para posteriormente, aplicar pruebas estadísticas, a fin de estimar diferencias en la abundancia y las tallas entre estaciones y muestreos, así como para evaluar la correlación entre las variables fisicoquímicas, la abundancia y las tallas. Los resultados reflejaron un predominio de la especie *M. acanthurus* en la antigua zona intermareal, mientras que *M. carcinus* y *M. olfersii* no presentaron capturas significativas, por lo que se excluyeron de los análisis. Cabe resaltar que, aunque se observó una tendencia espacial a una mayor

abundancia en la estación más cercana a las compuertas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos estaciones, y tampoco se evidenció un comportamiento definido en la abundancia de *M. acanthurus* en términos temporales. En cuanto a las tallas, no se observaron diferencias significativas entre muestreos y estaciones, y no se encontró una correlación clara entre las variables fisicoquímicas y la abundancia y las tallas. Finalmente, *M. acanthurus* parece tener una preferencia por la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, lo que se refleja en su predominio marcado en términos de abundancia y estacionalidad en comparación con las demás especies del género *Macrobrachium*.

### **Palabras claves**

Abundancia, Distribución, *Macrobrachium*, Ciénaga del Totumo, Caribe colombiano.

## Contenido

	Pag.
1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del problema.....	3
3. Justificación.....	4
4. Revisión literaria.....	5
4.1. Marco teórico.....	5
4.2. Estado del arte.....	7
5. Objetivos.....	10
5.1. Objetivo General.....	10
5.2. Objetivos específicos.....	10
6. Variables.....	11
7. Metodología.....	13
7.1. Tipo de investigación.....	13
6.2. Población y muestra.....	13
6.3. Área de estudio.....	13
6.4. Fase de campo.....	15
6.5. Fase de laboratorio.....	17
7.4 Plan de análisis.....	17
8. Resultados.....	19
8.1. Variables fisicoquímicas del agua.....	19
8.1.1. Temperatura.....	19
8.1.2. pH.....	19
8.1.3. Oxígeno disuelto.....	20
8.1.4. Salinidad.....	21
8.2. Identificación de los organismos capturados.....	21
9.3 <i>M. acanthurus</i> .....	22
9.3.1 Aspectos reproductivos.....	22
9.3.1.1 Proporción de sexos.....	22
9.3.2 Abundancia.....	23
9.3.3 Tallas de los individuos.....	37

9.4. Capturas de otras especies del género <i>Macrobrachium</i> .....	50
9.4.1 <i>Macrobrachium olfersii</i> .....	50
9.4.2 <i>Macrobrachium carcinus</i> .....	51
9. Discusión.....	52
10.1 Variables fisicoquímicas del agua.....	52
10.2 Especies identificadas .....	53
10.3 Especie <i>M. acanthurus</i> .....	54
10.3.1 Aspectos reproductivos.....	54
10.3.2 Abundancia .....	56
10.3.3 Tallas .....	57
10. Conclusiones.....	59
11. Recomendaciones.....	61
12. Bibliografía .....	62
13. Anexos .....	69

## Lista de Figuras

	pág.
<b>Figura 1:</b> Ciénaga del Totumo y área de estudio (recuadro negro).....	14
<b>Figura 2:</b> Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (Tomado y modificado de Google Earth 2022). .....	15
<b>Figura 3.</b> Registro fotográfico de los muestreos: A) Preparación de la nasa experimental; B) Nasa industrial; C y D) Toma de datos fisicoquímicos. ....	16
<b>Figura 4:</b> Medidas morfológicas implementadas en un camarón del género <i>Macrobrachium</i> , vista lateral. ....	17
<b>Figura 5:</b> Promedio de la temperatura superficial del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones. ....	19
<b>Figura 6:</b> Promedio del pH del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones. ....	20
<b>Figura 7:</b> Promedio del Oxígeno disuelto del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones. ....	20
<b>Figura 8:</b> Especies del género <i>Macrobrachium</i> capturadas en la Ciénaga del Totumo: A) <i>M. acanthurus</i> ; B) <i>M. carcinus</i> ; C) <i>M. olfersii</i> .....	21
<b>Figura 9:</b> Porcentaje de captura total de las especies del género <i>Macrobrachium</i> obtenido con el sistema de nasas. ....	22
<b>Figura 10:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> obtenido en las estaciones 1 y 2: A) sexos combinados; B) machos; C) hembras. ....	24
<b>Figura 11:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en los muestreos: A) captura total; B) machos; C) hembras. ....	25
<b>Figura 12:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	26
<b>Figura 13:</b> Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1.....	27
<b>Figura 14:</b> Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1.....	27
<b>Figura 15:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	28
<b>Figura 16:</b> Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2.....	29
<b>Figura 17:</b> Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2.....	30
<b>Figura 18:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	31



<b>Figura 19:</b> Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1.....	32
<b>Figura 20:</b> Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1.....	32
<b>Figura 21:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	33
<b>Figura 22:</b> Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2.....	34
<b>Figura 23:</b> Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2.....	35
<b>Figura 24:</b> Promedio de abundancia de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 3: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	36
<b>Figura 25:</b> Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 3.....	36
<b>Figura 26:</b> Promedio de tallas de sexos combinados para <i>M. acanthurus</i> en: A) muestreos; B) estaciones. ....	38
<b>Figura 27:</b> Promedio de longitud total de hembras de <i>M. acanthurus</i> entre los distintos muestreos. ....	38
<b>Figura 28:</b> Promedio de longitud total de hembras de <i>M. acanthurus</i> entre estaciones.....	39
<b>Figura 29:</b> Promedio de longitud total de machos de <i>M. acanthurus</i> entre los distintos muestreos. ....	39
<b>Figura 30:</b> Promedio de longitud total de machos de <i>M. acanthurus</i> entre estaciones.....	40
<b>Figura 31:</b> Promedio de tallas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.....	41
<b>Figura 32:</b> Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1.....	42
<b>Figura 33:</b> Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 1.....	43
<b>Figura 34:</b> Promedio de tallas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.....	43
<b>Figura 35:</b> Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2.....	44
<b>Figura 36:</b> Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en los distintos muestreos, para la estación 2.....	44
<b>Figura 37:</b> Promedio de tallas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	45
<b>Figura 38:</b> Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1.....	46

<b>Figura 39:</b> Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 1.....	46
<b>Figura 40:</b> Promedio de tallas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	47
<b>Figura 41:</b> Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2.....	48
<b>Figura 42:</b> Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 2.....	48
<b>Figura 43:</b> Promedio de tallas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 3: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos. ....	49
<b>Figura 44:</b> Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de <i>M. acanthurus</i> en las distintas estaciones, para el muestreo 3.....	50

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1:</b> Variables .....	11
<b>Tabla 2:</b> Número de individuos, porcentaje de machos y hembras de la especie <i>M. acanthurus</i> capturados por muestreo con el sistema de nasas y P valor de la prueba $X^2$ . .....	22
<b>Tabla 3:</b> Número de individuos, porcentaje de machos y hembras de la especie <i>M. acanthurus</i> capturados por estación con el sistema de nasas P valor de la prueba $X^2$ . .....	23

## Lista de anexos:

	Pág.
<b>Anexo 1:</b> Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de sexos combinados en E1. ....	69
<b>Anexo 2:</b> Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de hembras totales en E1. ....	69
<b>Anexo 3:</b> Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de Machos totales en E1. ....	69
<b>Anexo 4:</b> Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de hembras ovadas en E1. ....	69
<b>Anexo 5:</b> Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos en muestreos. ....	70
<b>Anexo 6:</b> Prueba de Correlaciones de rangos de <i>Spearman</i> entre la abundancia y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de $p < 0,05$ . ....	70
<b>Anexo 7:</b> Prueba de Correlaciones de rangos de <i>Spearman</i> entre la abundancia y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de $p < 0,05$ . ....	71
<b>Anexo 8:</b> Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de sexos combinados en E1. ....	71
<b>Anexo 9:</b> Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos en E1. ....	71
<b>Anexo 10:</b> Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de hembras no ovadas en E2. ....	71
<b>Anexo 11:</b> Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos maduros en E2. ....	72
<b>Anexo 12:</b> Prueba de Correlaciones de rangos de <i>Spearman</i> entre las tallas y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de $p < 0,05$ . ....	72
<b>Anexo 13:</b> Variación temporal en la velocidad del viento durante el año 2022 en cercanías de la ciudad de Cartagena de Indias. ....	73
<b>Anexo 14:</b> Variación temporal en el número de días de cada mes con presencia de precipitaciones durante el año 2022 en la ciudad de Cartagena de Indias. ....	73

## 1. Introducción

Los crustáceos decápodos son uno de los grupos zoológicos más numerosos y diversos dentro de los artrópodos, básicamente dominando el medio acuático, donde presentan una gran importancia ecológica tanto en ecosistemas marinos como dulceacuícolas (Pérez et al., 2018). Este grupo de organismos también se caracterizan por tener especies con alta demanda para el consumo y porque llega a adquirir elevados precios en los mercados, razón por la cual muchas poblaciones se encuentran en peligro de sobreexplotación (Guille, 2008).

En Colombia, estos organismos no solo tienen una importancia en la pesca y la acuicultura, sino que también cumplen funciones clave en los ecosistemas acuáticos, como la regulación del ciclo de nutrientes y la cadena alimentaria (Dueñas et al., 2012). Según Campos (2014), el conocimiento de los crustáceos decápodos de Colombia se ha centrado fundamentalmente en los ecosistemas marinos y en grupos de alta demanda para consumo, como el caso de la familia Penaeidae, debido quizás, a sus características poblacionales y su hábitat costero, a su extracción masiva del mar y a las técnicas bien establecidas para la producción de juveniles de las principales especies de interés empleadas en la acuicultura (García-Guerrero et al., 2013). No obstante, de los pocos estudios realizados para decápodos dulceacuícolas en Colombia se destacan los realizados para el género *Macrobrachium*, que, en comparación con especies marinas no son explotados o producidos en la misma escala, pero al ser organismos de agua dulce, su pesca y cultivo toma importancia en zonas alejadas de la costa, donde el agua salada no es muy accesible (New, 2009).

Los investigadores de nuestro país se han centrado en los estudios taxonómicos del género (Valencia y Campos, 2004; Valencia y Campos, 2007; Campos, 2014), pero la información registrada con respecto al estado poblacional de estos camarones o datos sobre su explotación pesquera no se encuentran claramente registrados (García-Guerrero et al., 2013). En este sentido, la explotación de los recursos pesqueros en Colombia, incluyendo los crustáceos decápodos, enfrenta desafíos como la sobrepesca, la falta de regulación adecuada y la falta de monitoreo y evaluación de las poblaciones (OCDE, 2016). Esta situación no es ajena a los camarones del género *Macrobrachium*, que, en algunos sectores del Caribe colombiano, como es el caso de la Ciénaga del Totumo, presentan una explotación pesquera (Grupo Acartia, 2013; Zarza et al., 2014), la cual no cuenta con suficiente información de base, principalmente referente al estado del recurso, a fin de poder mantener un buen esquema de manejo que garantice el sostenimiento de las poblaciones naturales.

En consideración a lo anterior, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la abundancia y distribución de los camarones dulceacuícolas del género *Macrobrachium* en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo (departamento de Bolívar), con la finalidad de recopilar información de importancia para el manejo de estas especies, y que pueda contribuir a su conservación en este ecosistema estratégico del Caribe colombiano.

## 2. Planteamiento del problema

El suborden Caridea se compone aproximadamente de 2.500 especies, distribuidas en 21 familias, que habitan prácticamente en todos los cuerpos acuáticos del planeta (García-Guerrero et al., 2013). En particular, los langostinos de la familia Palaemonidae representan uno de los pocos grupos de decápodos que han colonizado con éxito océanos, estuarios y ríos en los subtrópicos y trópicos de todo el mundo. La familia está formada por dos subfamilias: Pontoniinae que contiene langostinos marinos y Palaemoninae, que incluye especies marinas, estuarinas y de agua dulce en todo el continente americano; la subfamilia Palaemoninae está compuesta por 17 géneros, de los cuales 10 están en América siendo *Macrobrachium* el más diverso, ya que cuenta con 238 especies distribuidas en todo el mundo (Valencia & Campos, 2007).

Las especies pertenecientes al género *Macrobrachium* desempeñan un papel crucial en la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que son una fuente de alimento para una amplia variedad de peces, invertebrados, tortugas, mamíferos y otros organismos. De igual manera, en algunas regiones de Colombia, las especies de dicho género se capturan como alimento, lo que representa un eslabón importante en la dieta de muchas familias (Prah et al., 1984). Tal es el caso de las comunidades de Loma Arena y Pueblo Nuevo, asentadas en el margen de la Ciénaga del Totumo ubicada en la costa Caribe colombiana, donde se han registrado importantes capturas de organismos del presente género con fines de comercialización y consumo (Zarza et al., 2014), sin embargo, no se ha realizado un seguimiento para determinar las tendencias espaciales ni temporales en las especies sometidas a explotación. En este contexto, se ha sugerido que una disminución en las poblaciones naturales ha ocurrido durante los últimos 20 años a nivel global (Mantelatto & Barbosa, 2005), aun cuando no se tienen datos estadísticamente confiables sobre el estatus de cada una de estas poblaciones. Los limitantes para su conservación se deben principalmente a la sobrepesca, condiciones adversas que afectan su desarrollo, la falta de regulación y el poco conocimiento sobre estos grupos; por ende, es necesario suplir la falta de información y así lograr estimar el posible estado del recurso presente en la zona de interés, principalmente en áreas de migración reproductiva que se presentan en cercanías de las aguas marinas, donde gran parte de la población adulta se concentra para llevar a cabo un importante evento de su ciclo de vida.

### 3. Justificación

Los langostinos del género *Macrobrachium* son considerados como un recurso pesquero de gran importancia en varios países tropicales y subtropicales de todo el mundo. Puesto que presentan un alto valor económico sobre la base de su sabor, alto contenido de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo (Kent, 1995). Asimismo, existen ciertas especies que tienen una importancia económica relativamente mayor porque alcanzan tamaños más grandes (longitud de 20 a 30 cm y peso de 200 a 300 gramos). Esto aplica especialmente para aquellas especies que son resistentes y adaptables al cultivo y cuya carne tiene un sabor delicado (Rabanal & Soesanto, 1985). Al ser un recurso desarrollado en agua dulce, su pesca y cultivo reviste gran importancia sobre todo en zonas alejadas a la costa (García-Guerrero et al., 2013). Es importante señalar que no existen, o no están disponibles, los datos actualizados de la explotación pesquera, debido a que todos los países de la región realizan la pesca del género de manera artesanal o, en dado caso, para la subsistencia por parte de comunidades asentadas en los márgenes de los ríos. Estas prácticas con frecuencia son ejercidas de manera informal o ilegal y, en la mayoría de los casos, su captura no es reportada o documentada oficialmente (García-Guerrero et al., 2013).

En algunas regiones de Colombia, las especies del género se capturan como alimento, lo que representa un eslabón importante para la dieta de muchas familias (Prahl et al., 1984); como es el caso en determinadas regiones de los departamentos de Córdoba, Cauca y Valle del Cauca (Valencia & Campos, 2007), así como también en la costa norte del departamento de Bolívar y, en particular, en la Ciénaga del Totumo (Grupo Acartia, 2013; Zarza et al., 2014), donde algunas de las especies del género, como es el caso de *M. carcinus* y *M. acanthurus*, llegan a trascender la importancia local y de consumo, para posicionarse como especies de importancia económica, con capturas que en un año llegan a exceder las 4,5 toneladas y precios superiores a los \$7.000 por kilogramo (Zarza et al., 2014). Esto plantea una gran oportunidad para el aprovechamiento sostenible del recurso en la ciénaga, pero los estudios en la zona son demasiado puntuales y no contemplan la variación espacio-temporal en la abundancia de los organismos, que permita manejar de manera adecuada su captura. En este sentido, la presente investigación aportará importante información sobre la abundancia y la distribución de las especies de este género en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, que permita tomar decisiones acertadas de manejo para garantizar una explotación sostenible y la conservación de estas mismas.



## 4. Revisión literaria

### 4.1. Marco teórico

El suborden Caridea es un grupo perteneciente a los decápodos, los cuales se pueden encontrar en muchos ambientes marinos, desde especies marinas pelágicas hasta especies de agua dulce. De 2500 especies conocidas, 655 especies son de agua dulce (Grave & Caí, 2008). Encontramos que la familia Palaemonidae (Rafinesque 1815), representa unos de los pocos decápodos que se han arraigado con éxito en los océanos, estuarios y ríos de los subtropicos y trópicos del mundo. Los langostinos de la familia Palaemonidae son los crustáceos más diversos dentro del orden Decápoda; tienen una amplia distribución geográfica y batimétrica, y están representados por numerosas especies en los sistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Hernández-Sandoval, 2008); los palemónidos ocupan el segundo lugar en abundancia entre las familias del infraorden Caridea, incluyendo organismos de aguas marinas, salobres y dulces (Hendrickx, 1995). Sólo algunos son de importancia comercial y, entre éstos, la mayoría pertenecen al género *Macrobrachium*.

El género *Macrobrachium* se caracteriza por presentar un rostro bien desarrollado, comprimido y dentado; el caparazón es liso, un telson con 2 pares de espinas dorsales, 2 pares de espinas posteriores y una mandíbula con 3 palpos fusionados (Cedeño, 1986). Presentan un desarrollo larval que comprende más de 12 estadios, y pueden estar presentes en distintas secciones de los ríos, desde la cabecera hasta la desembocadura, en aguas marinas y estuarinas, según los pulsos migratorios (Bauer, 2011a y 2011b). De acuerdo con lo anterior, la influencia de las poblaciones de los camarones de este género puede extenderse a lo largo de las cuencas fluviales, acoplarse a los sistemas marinos o estuarinos e incluso trascender a otras cuencas, mediante procesos de dispersión tanto en estadios larvarios (fases planctónicas), como de adultos durante eventos de rebalse o inundaciones en zonas de baja pendiente, o en áreas bajas como son las planicies costeras (Bauer, 2011a, 2011b). Desde un punto de vista ecológico, la característica que quizás distinga particularmente a los langostinos del género *Macrobrachium*, puede ser el rol que juega el tamaño de los individuos tanto en las habilidades competitivas a nivel interespecífico, como en la posición de las especies en la trama trófica del bentos dulceacuícola (Cushing, 1989); esta aseveración se basa principalmente en su condición de migrantes anfídromos, así como, en su funcionalidad trófica (depredadores y carroñeros omnívoros). Adicionalmente, debido a estos hábitos alimentarios y, el lugar que ocupan en la base de la columna de agua, dichos organismos se consideran un componente importante en los procesos de recirculación de energía y nutrientes del sistema béntico (García-Guerrero et al., 2013).

Según Montoya (2003), las especies del género *Macrobrachium* pueden ser clasificadas en tres grupos: el primero, incluye las especies que habitan en secciones del río cercanas a la costa; el segundo, lo integran los camarones con una distribución independiente a la proximidad del mar; y el tercero, compuesto por las especies que viven en zonas alejadas de la costa, y que presentan un desarrollo larval independiente del agua marina. Siguiendo la caracterización de Lara y Wehrtmann (2011) en su investigación, algunas especies están presentes en el Pacífico, como *M. rathbunae*, *M. tenellum* y *M. panamense*, las cuales pertenecen al primer grupo; *M. americanum*, *M. digueti*, *M. occidentale* y *M. hancocki*, al segundo; y, a la fecha, no se ha registrado ninguna en el tercero, debido a que todas dependen, en etapas larvales, del agua marina y/o salobre de las zonas estuarinas. Por otro lado, el estudio de Gonzales-Aleman y Mairena-Valdivia (2018), para el caso del Caribe, registraron migraciones de *M. carcinus* y *M. acanthurus* durante su estudio en época lluviosa, y cabe resaltar que, aunque no analizaron la biología reproductiva de las especies, encontraron un gran número de hembras ovadas. lo que sugiere que, si se ajusta a una misma clasificación al Caribe colombiano, dentro del primer grupo se encontrarían especies como *M. acanthurus* y *M. olfersii*, en el segundo estarían *M. carcinus* y *M. crenulatum*, y ninguna al tercero, ya que, a la fecha, según el reporte de Valencia y Campo (2007), no se ha registrado ninguna especie del género con desarrollo larval abreviado en esta zona del país.

Los camarones del género *Macrobrachium*, debido a las condiciones de su ciclo de vida, también suelen encontrarse a menudo en ambientes costeros, tales como la Ciénaga del Totumo (Zarza et al., 2014). Este cuerpo de agua se encuentra ubicado en la zona costera de los departamentos de Bolívar y Atlántico, y está separada de las aguas marinas por sedimentos arenosos no consolidados formando una barra (Correa, 1991; Dimar-CIOH, 2009), por lo que estaría catalogado como una laguna costera, definida por Kjerfve (1994) como “cuerpo de agua costero, usualmente orientado de manera paralela a la costa, separado del océano por una barrera pero conectados a éste por una o más entradas de agua que permanecen abiertas al menos intermitentemente, y con profundidades que raramente exceden unos pocos metros. Una laguna puede o no estar sujeta a la mezcla por mareas, y la salinidad puede variar desde aquella de un lago costero a una laguna hipersalina, dependiendo del balance hidrológico”.

Según sus características geomorfológicas, la ciénaga comprende una laguna costera de tipo “obstruida”, que son aquellas en las cuales el cuerpo de agua principal se encuentra conectado con el mar a través de un estero o canal de longitud variable, por lo que el intercambio de materia y energía con el ambiente marino es menor que en otros tipos de lagunas costeras (Kjerfve, 1994), si bien también presentan una zona de influencia mareal ubicada en la posición de dicho estero y en la zona lagunar adyacente (Bird, 1994), la cual comprende el área de interés de la presente investigación.

En este contexto, la Ciénaga del Totumo originalmente mantenía características estuarinas, ya que se encontraba conectada al mar Caribe a través del “Caño Amansaguapos” ubicado en el sector occidental (Pérez et al., 2011); sin embargo, el intercambio de agua con el mar no se está efectuando actualmente, debido a la presencia de unas compuertas que solo se abren para liberar el exceso de agua dulce de la ciénaga, de forma que las aguas marinas no se mezclan directamente con ellas, por lo que el cuerpo de agua adquirió condiciones prácticamente dulceacuícolas. dicha alteración antropogénica fue ejecutada con la finalidad de suplir el suministro de agua potable para las poblaciones aledañas ante la dificultad y altos costos que implica la construcción de un acueducto (Ballesteros y Gonzáles, 2010). Dicha alteración de fluidos hídricos, que impide el paso de agua marina al sistema, genera un cambio total en el ecosistema, convirtiéndolo en uno de características dulceacuícolas, creando diferentes condiciones ecológicas para todos los organismos presentes (Pérez et al., 2011); en el caso de los camarones del género *Macrobrachium*, en sus primeros estadios de vida es necesaria la presencia de agua salobre para su desarrollo, por ende, es necesario evaluar las alteraciones hechas principalmente en ese sector que influyen en el comportamiento y la presencia de los organismos en comparación a la cercanía o distancia de aguas salobres en la ciénaga.

El patrón climático general que presenta la Ciénaga del Totumo está mayormente influenciado por la interacción de los vientos que soplan desde el noroccidente y, por el desplazamiento latitudinal de la zona de convergencia intertropical (Longhurst, 1987). En consecuencia, se logra observar una especie de alternancia de las épocas secas y lluviosas. Por otro lado, toda la red hidrográfica de la Ciénaga confluye a la vertiente del mar Caribe por el arroyo Uvero, este a su vez va alimentando en aguas altas a la Ciénaga de La Redonda, formada en la espina de Galerazamba (Pérez et al., 2011).

#### **4.2. Estado del arte**

Se realizó una revisión con respecto a literatura de interés en la cual se encontraron estudios relacionados con el género *Macrobrachium*, y también se identificaron trabajos importantes en Colombia, hablando específicamente de Córdoba de acuerdo con la familia Paelomonidae y diferentes investigaciones realizadas en el continente americano. A continuación, se mencionan los hallazgos más relevantes para el proyecto en cuestión.

Encontramos que Valencia & Campos (2004, 2007) realizaron un estudio taxonómico de las especies del género *Macrobrachium* en Colombia y posteriormente, describieron todas las especies del género para aguas de Colombia. Por otro lado, en el caso del departamento de Córdoba, Dueñas (2006) y Dueñas et al. (2012) evaluaron la fauna de crustáceos del departamento en cuanto a su composición y estructura y, realizaron un listado

de decápodos del departamento de Córdoba en el sector marino y continental, esto con el fin de ampliar el conocimiento sobre los crustáceos decápodos presentes en Córdoba; registrando así para el sector continental, tres especies del género de interés, *M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. olfersi*.

Mientras que Quirós et al. (2015) registró la composición, abundancia y distribución de decápodos dulceacuícolas en dos sectores de las cuencas del río Sinú (un sector del río Sinú y el complejo cenagoso del bajo Sinú), En el sector del río Sinú, se encontraron 213 individuos, y *M. carcinus* fue la segunda especie más abundante, con un 23,5%; seguida de *M. acanthurus* con un 6,6%; y, por último, *M. olfersi* con 4,2%. Mientras que para el complejo cenagoso se registraron 245 individuos, *M. acanthurus* fue la tercera especie más abundante con un 22,4% y *M. carcinus* la cuarta con un 3,7%.

En concordancia, encontramos que Rabanal & Soesanto (1985) muestran datos respecto a la pesca y cultivo de las especies de *Macrobrachium*, donde se refleja la poca información registrada para Colombia, confirmando la falta de desarrollo en el diagnóstico de dicho género. Siguiendo con las investigaciones, Hunte (1997) describe el patrón de distribución de los camarones de agua dulce de la familia Atyidae y Palaemonidae y trata de comprender los mecanismos por los cuales se logra y se mantiene la separación espacial de cada generación.

Por su parte, González- Aleman y Mairena-Valdivia (2018) determinaron la estructura poblacional y crecimiento de adultos del género *Macrobrachium* tomando en cuenta parámetros biológicos, como longitud total y peso, y ecológicos para proponer una cuota de captura que permita un buen manejo y aprovechamiento del recurso en la cuenca baja del río Kukra (Nicaragua).

Alfaro (2018) contribuyó en el conocimiento de la diversidad, abundancia y distribución de camarones dulceacuícolas del río Pirri-Parra ubicado en Costa Rica, una subcuenca donde existen alteraciones hidrológicas asociadas a la producción de energía hidroeléctrica, en la cual identificaron 12 especies pertenecientes a 2 familias, 4 géneros: la familia Palaemonidae representada por 9 especies y Atyidae por 3, siendo *Macrobrachium*, el género de mayor riqueza especies, seguido de *Atya* y *Palaemon* con 2, y *Potimirim* con 1.

Zarza (2004) evaluó la abundancia y distribución de *Litopeneus schmitti* y de *Macrobrachium acanthurus* en la laguna de Navío Quebrado; en el caso de los ejemplares adultos sólo fueron registrados los organismos capturados por dos artes de pesca: el chinchorro camaronero y la atarraya, registrando el número de unidades económicas de pesca (UEP, en adelante ) en faena, valores de captura en peso y se extrajo una muestra del material biológico a partir de los cuales se obtuvieron los valores de captura por unidad de esfuerzo (CPUE, en adelante), porcentaje de cada especie, el índice de abundancia relativa (IAR, en adelante), su proporción de sexos y valores de longitud total en cm (LT, en adelante). Cabe mencionar, que siendo Navío del Quebrado una laguna costera, los ejemplares de *Macrobrachium acanthurus* fueron en su mayoría

hembras ovadas que llegaban a liberar sus larvas, además termina siendo un recurso de pesca secundario debido a que se presenta de manera temporal y en bajas proporciones. Por otra parte, no tuvieron en cuenta estaciones de río por lo cual, no se evaluó otro número considerable de la especie.

Abele & Kim (1989) hicieron un estudio descriptivo sobre los decápodos en el canal de Panamá, que incluyó a las especies de *Macrobrachium* de interés comercial y pesquero. Bowles et al. (2000) efectuaron una revisión en algunos ríos de Estados Unidos, sobre los factores ambientales que amenazan su supervivencia, destacando la contaminación y desvío de los ríos como los más graves. Mejía-Ortiz et al. (2001) encontraron en el río Huitzilapan, que los adultos de *M. acanthurus* y *M. carcinus* ocuparon las partes bajas en la zona estuarina, mientras que los reproductores de *M. heterochirus* se distribuyeron de 105 a 535 m de altitud.

## 5. Objetivos

### 5.1. Objetivo General

- Evaluar la abundancia y distribución de camarones del género *Macrobrachium* en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, según la etapa reproductiva de los organismos y su relación con variables físico-químicas del agua.

### 5.2. Objetivos específicos

- Identificar taxonómicamente las especies de camarones del género *Macrobrachium* presentes en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo.
- Determinar las variaciones espacio-temporales en la abundancia y tallas de los organismos, según su sexo y etapa reproductiva.
- Establecer los cambios en las variables físico-químicas del agua en las distintas estaciones y muestreos, y su relación con la abundancia y tallas de los organismos.

## 6. Variables

**Tabla 1:** Variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidad de medida
Temperatura	es una manifestación de la Energía calorífica. Ésta se puede medir en intensidad siendo la temperatura y en cantidad siendo el calor (cal/g). (Cienciaybiología, 2016).	Continua	°C
pH	medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Varía de 1 a 14. Por debajo de 7 la solución se considera ácida y por encima de 7 básica (Casas et al, 2014).	Continua	N/A
Oxígeno disuelto	Cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua (Sawyer & McCarty, 1978).	Continua	ml/L
Salinidad	Número total de gramos de material sólido disuelto en un kilo de agua de mar (Knudsen, 1901).	Continua	g/L
Proporción sexual	Estima el potencial reproductivo y equilibrio biológico de la población, pudiendo conocer la existencia o no de una segregación sexual, y posibles cambios de estas proporciones por sexos en el tiempo (Castillo, 2012).	Continua	N/A
Longitud total	Extensión entre el ápice del rostro y el extremo posterior del telson	Continua	mm

Abundancia	Proporción que representan los individuos de una especie particular respecto al total de individuos de la comunidad (Rodríguez, 2001).	Continua	(No. Ind./faena)
------------	--	----------	------------------



## 7. Metodología

### Diseño muestral

#### 7.1. Tipo de investigación

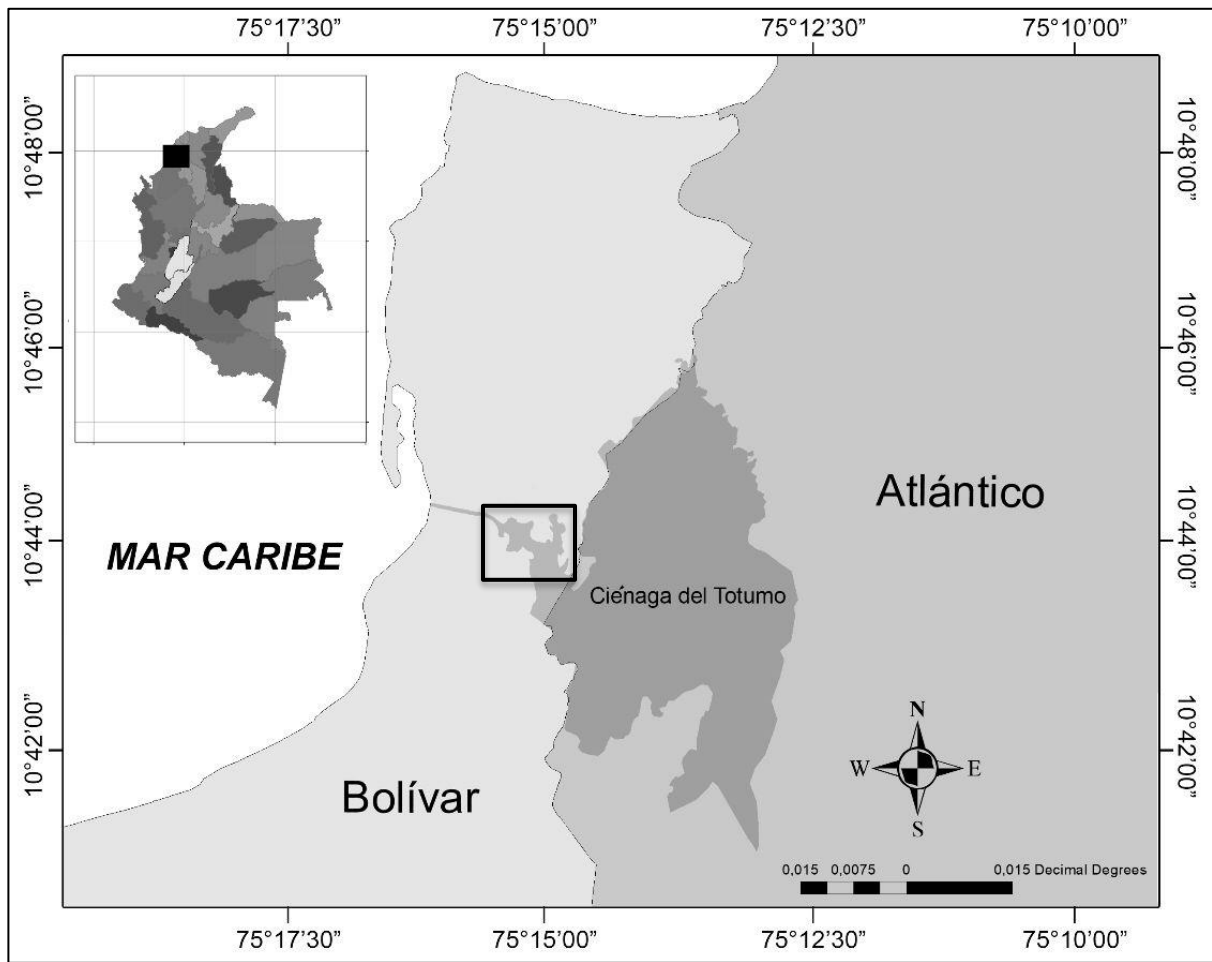
Con el presente estudio se pretende conocer la distribución y abundancia de los camarones del género *Macrobrachium* en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, por ende, se considera una investigación de tipo descriptivo con un enfoque mixto.

#### 6.2. Población y muestra

Respectivamente, la población de interés son los camarones del género *Macrobrachium* en la Ciénaga del Totumo. El muestreo será de carácter probabilístico con selección al azar, de tipo estratificado.

#### 6.3. Área de estudio

La Ciénaga del Totumo está localizada entre la franja costera del sur del departamento del Atlántico y el norte del departamento de Bolívar, en los 10°45' y 10°41'N y 75°15' y 75°12'W, por medio de los municipios de Piojó - Atlántico y Santa Catalina - Bolívar (**Figura 1**). Está compuesta por un cuerpo de agua principal con cerca de 1361 ha, se considera un ambiente propicio para el desarrollo de especies de importancia ecológica y comercial para los lugareños. De igual manera encontramos zonas inundables o pantanosas que están cubiertas por plantas hidrófilas y parches de manglar, siendo éstos un refugio que permite el desarrollo y sustento de diferentes especies de peces, moluscos y crustáceos (Ballesteros y Gonzáles, 2010; Pérez et al., 2011).

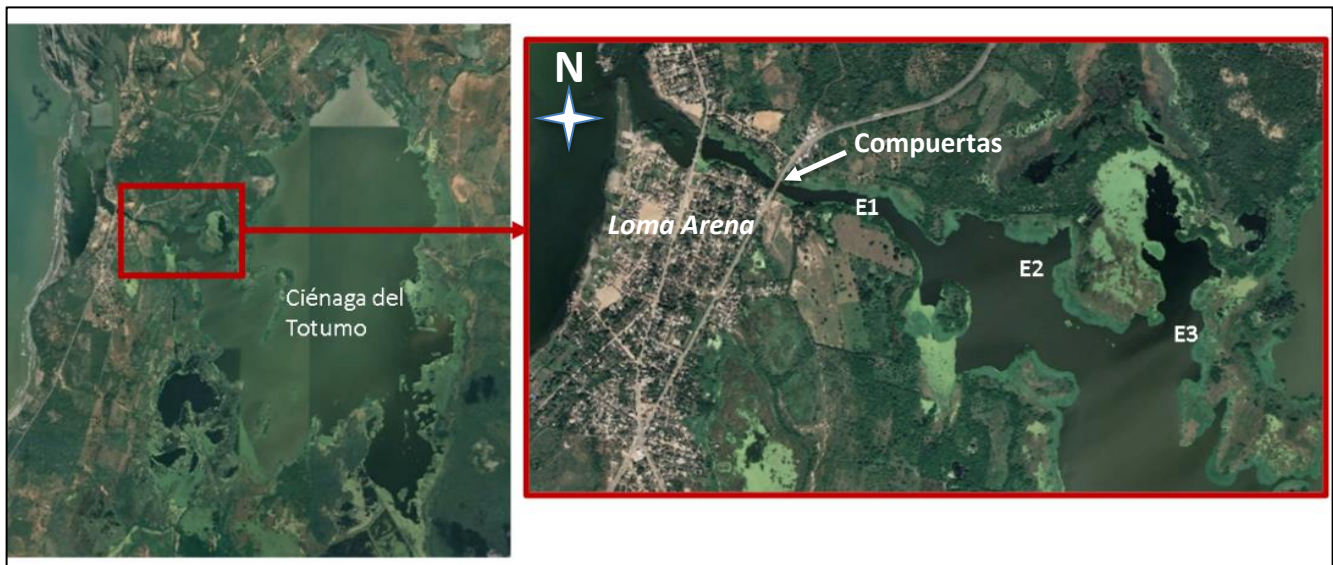


**Figura 1:** Ciénaga del Totumo y área de estudio (recuadro negro).

La zona de estudio seleccionada comprende exclusivamente el sector occidental de la Ciénaga del Totumo, y abarca la antigua zona de influencia de mareas en el cuerpo de agua, según la zonación propuesta por Bird (1994); la definición de esta área para el desarrollo de la investigación se fundamentó en varios conceptos: el primero es normativo, ya que, gracias al convenio de cooperación entre Cardique y la Universidad del Sinú, se cuenta con permiso de recolección de organismos con fines de investigación científica únicamente en el departamento de Bolívar, por lo que las demás porciones de la ciénaga se encuentran por fuera del área permitida para las colectas; el segundo se fundamenta en la importancia de esta zona para la reproducción de las especies de *Macrobrachium* que requieren de la cercanía de las aguas marinas para desovar y completar su ciclo de vida, caso que se evidenció en el estudio de Zarza (2004) donde la mayor abundancia de *M. acanthurus* se centró en esa zona.

#### 6.4. Fase de campo

Acorde con lo anterior, se seleccionaron tres estaciones siguiendo un gradiente de proximidad a las aguas marinas de la siguiente forma: la Estación 1 (en adelante, E1) se ubicó en el denominado caño Amansaguapos, que es la zona más cercana a las compuertas que conectan con las aguas salobres en la Ciénaga de La Redonda. a unos 0,45 km de distancia; la Estación 2 (en adelante, E2) a 1,25 km de distancia; y la Estación 3 (en adelante, E3) en una ensenada a más de 2,2 km de distancia de la zona de compuertas (**Figura 2**).

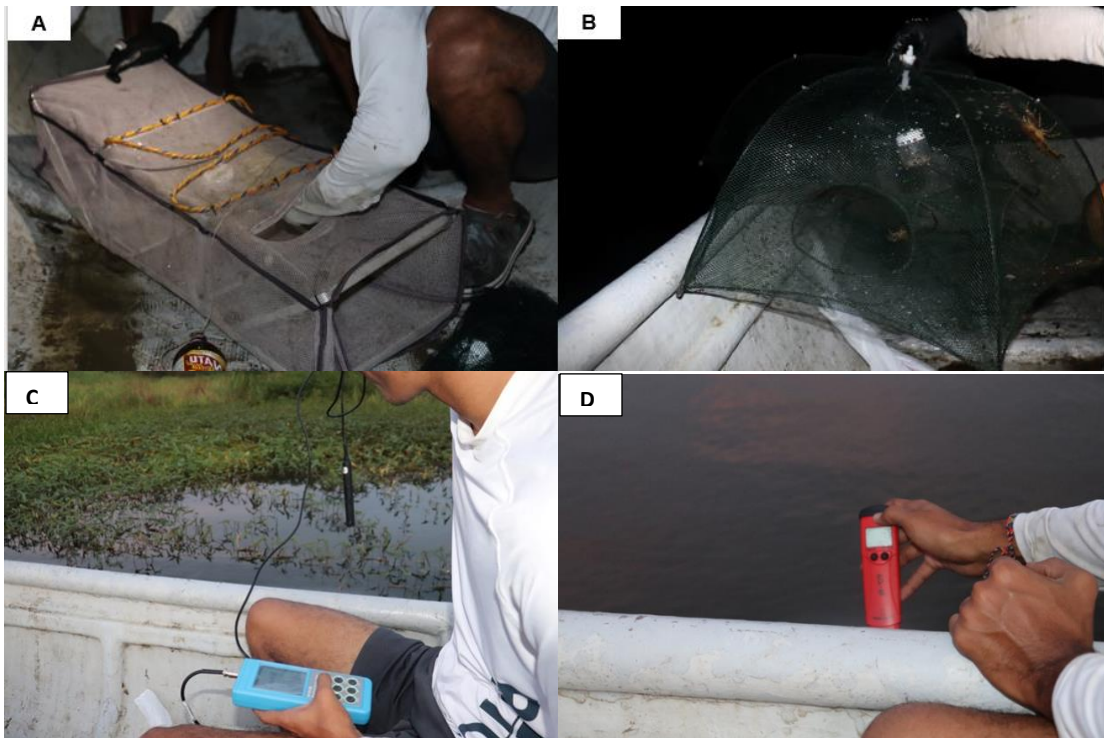


**Figura 2:** Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo (Tomado y modificado de Google Earth 2022).

En estas estaciones, se realizaron cuatro muestreos entre los meses de marzo a mayo del 2022, con el fin de abarcar dos épocas (seca y lluvias menores), pero, debido a las fuertes corrientes de agua al abrir las compuertas durante el último muestreo, se perdieron más de la mitad de las nasas, lo que ocasionó que no se contara con muestras biológicas suficientes para incluir al Muestreo 4 (junio) en los análisis; estos muestreos, en adelante, se referirán como M1, M2 y M3.

Los muestreos se llevaron a cabo entre las 5 y 11 de la noche; a inicios de este lapso de tiempo, se accedió a las estaciones con ayuda de un GPS Garmin 12 y, posteriormente, se registraron variables fisicoquímicas del agua, como la temperatura y pH, con un pH-metro Hanna HI98120, la salinidad con un refractómetro Vee gee stx-3, y el oxígeno disuelto con un oxímetro Hanna HI9146; esto se realizó con el fin de describir en qué condiciones se encuentran los ejemplares en cada una de las zonas de muestreo (**Figura 3**).

Adicionalmente, se realizó la captura de camarones del género *Macrobrachium* a través de un sistema conjunto de dos tipos de nasas: una de tipo experimental y otra industrial; las primeras, fueron fabricadas por los autores con estructuras de aluminio, con forma de paralelepípedo rectangular con dimensiones de 80x30x20 cm, con dos aberturas en cada extremo acondicionadas con embudos de 5 cm de diámetro y 15 cm de largo, y totalmente cubiertas por una tela con un ojo de malla de 3 mm de diámetro; las segundas, son nasas industriales de forma hexagonal tipo sombrilla, con 85 cm de diámetro y 30 cm de altura, con seis aberturas de 4 cm de diámetro y ojo de malla de 2 mm (Figura 3). Este sistema contempló la realización de faenas conjuntas de las dos nasas, separadas por solamente un metro de distancia para que abarcaran una misma área de acción, y se diseñó con el fin de obtener un mayor rango de tallas en la captura de individuos, ya que las dos nasas presentan una abertura o boca de diferente diámetro. Por cada estación se implementaron seis sistemas de nasas por un tiempo de faena de cuatro horas exactas para cada uno. Los ejemplares capturados fueron almacenados en bolsas ziploc, conservados con hielo en neveras de icopor, para luego ser transportados al laboratorio de la universidad del Sinú Seccional Cartagena.

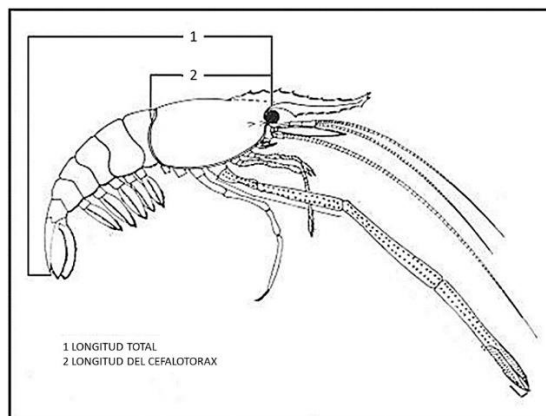


**Figura 3.** Registro fotográfico de los muestreos: A) Preparación de la nasa experimental; B) Nasa industrial; C y D) Toma de datos fisicoquímicos.

## 6.5. Fase de laboratorio.

En el laboratorio de biotecnología de la Universidad del Sinú Seccional Cartagena, se procedió a la identificación taxonómica siguiendo las claves de Valencia y Campos (2007) y Campos (2014). El sexo de cada ejemplar se determinó observando la presencia de gonóporos en la base de los terceros pereiópodos en las hembras y en la base de los quintos pereiópodos en los machos (Mantelatto y Barbosa, 2005). Para el registro de las tallas, a todos los especímenes con la ayuda de un calibrador plástico ( $\pm 0,05$  mm) se les midió la longitud total (LT) desde el orbital de la parte posterior de la cavidad ocular hasta el extremo posterior del telson (Loran, 2013) y la longitud del cefalotórax (LC) desde el orbital de la parte posterior de la cavidad ocular hasta el borde posterior del cefalotórax (**Figura 4**).

Asimismo, a cada hembra registrada se le observó la presencia de huevos en la zona abdominal, y en el caso de los machos para determinar la madurez, se usó como referencia una longitud del cefalotórax de 11,85 mm., registrada como talla mínima de madurez para *M. acanthurus* por Ríos et al. (2021). No se realizó el registro de estas variables en otras especies del género, ya que no se capturaron suficientes ejemplares como para poder realizar estos análisis.



**Figura 4:** Medidas morfológicas implementadas en un camarón del género *Macrobrachium*, vista lateral.

**Fuente:** Granados, 1983.

## 7.4 Plan de análisis

La abundancia se calculó como el número de organismos capturados por faena, la cual se estandarizó a cuatro horas exactas de acción del sistema de nasas; en adelante se tratará la abundancia como No. Ind./Faena. A partir de las variables registradas (abundancia, tallas y variables ambientales), se realizó un análisis descriptivo donde se calculó la media y error estándar para

cada muestreo y estación, respectivamente. Seguido a esto, se aplicaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y la de homogeneidad de varianzas de Levene a todas las variables., pero no se encontró normalidad ni homocedasticidad para ninguna, por ende, se implementaron pruebas no paramétricas.

Para determinar la presencia de diferencias estadísticamente significativas en la abundancia entre los distintos muestreos, se realizó la prueba Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ), y seguido a esto, se aplicó la prueba post hoc de Dunn.

Consecuentemente, para hallar diferencias con respecto a la abundancia entre estaciones, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney ( $\alpha=0,05$ ) ya que, a pesar de muestrear en tres estaciones, en la E3 no se presentaron capturas representativas, por lo que se excluyó del análisis. Por su parte, para determinar si existe una relación entre las variables fisicoquímicas y la abundancia registrada, se calculó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman ( $\alpha=0,05$ ).

En el caso de las tallas, se aplicó la prueba Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias significativas en el tamaño de los machos capturados en cada muestreo, y de igual forma para las tallas de las hembras ( $\alpha=0,05$ ), con la prueba *a posteriori* de Dunn. Las diferencias en tallas, tanto de machos como de hembras, entre estaciones se determinó a partir de la prueba U de Mann-Whitney ( $\alpha=0,05$ ), y se implementó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman ( $\alpha=0,05$ ) para determinar si hay una correlación entre las variables fisicoquímicas y las tallas registradas.

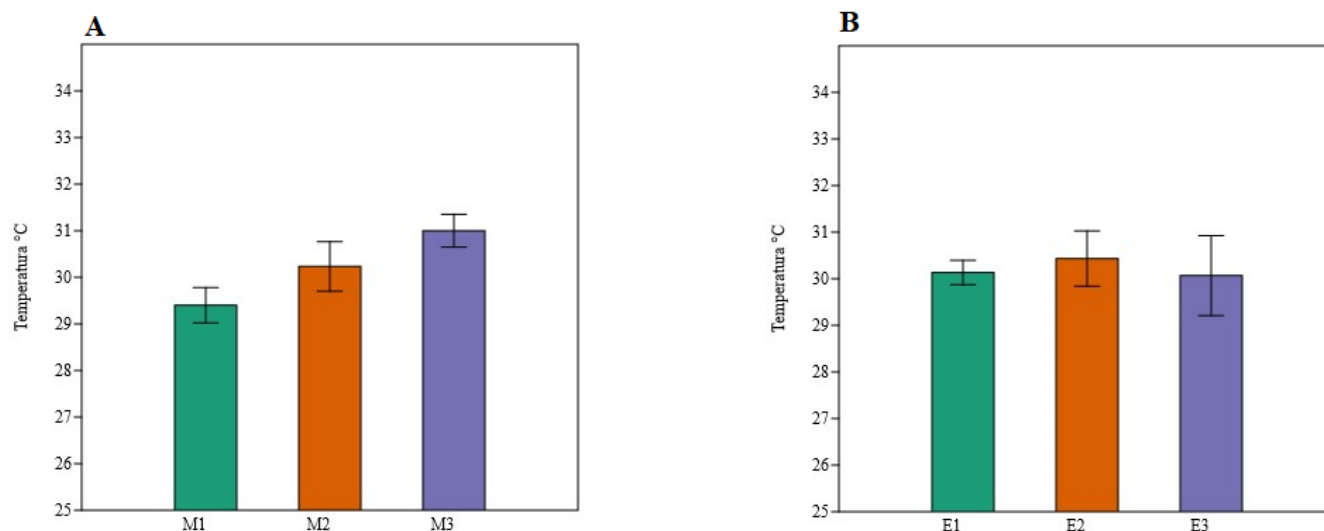
Adicionalmente, se estableció el porcentaje de individuos en distintas fases reproductivas, por medio del registro de hembras ovadas y no ovadas en cada estación y muestreo, o de machos maduros e inmaduros. Finalmente, se evaluó por medio de la prueba  $X^2$  (chi cuadrado) ( $\alpha=0,05$ ), si la proporción de machos y hembras de cada especie se adapta a la proporción esperada de 1:1 en cada estación y muestreo., con un nivel de significancia del 95%.

## 8. Resultados

### 8.1. Variables fisicoquímicas del agua

#### 8.1.1. Temperatura

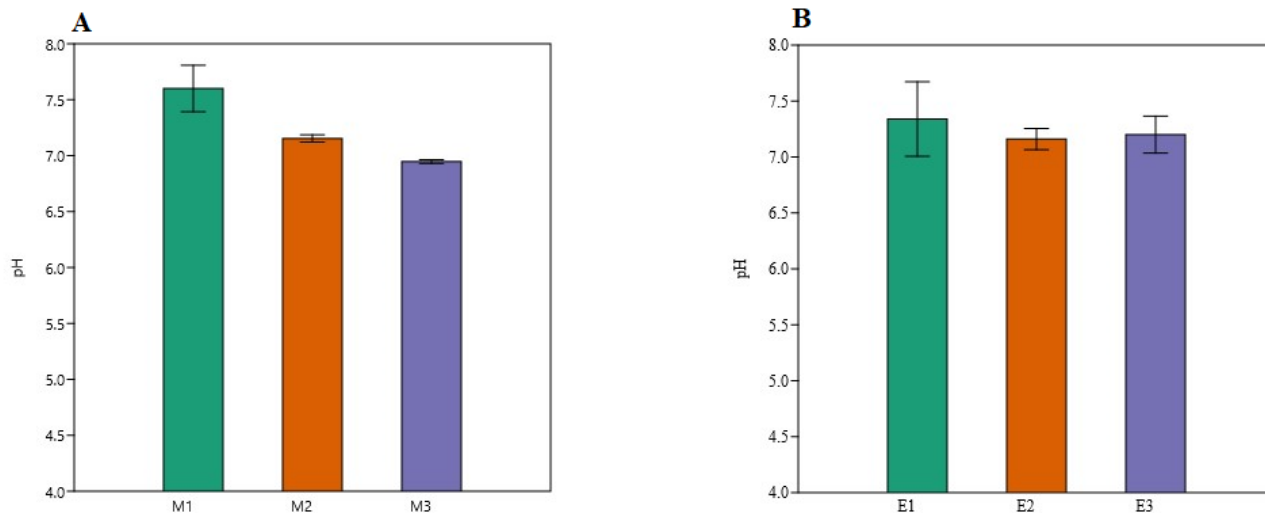
La temperatura superficial en el sector occidental de la Ciénaga del Totumo durante el estudio se mantuvo en un rango entre 28,8 °C y 31,7 °C. En el caso de los muestreos, se evidenció un leve incremento en la temperatura a lo largo del estudio, con el menor valor en el M1, hasta alcanzar un máximo de  $31 \pm 0,35$  °C en el M3, aunque la diferencia en los promedios entre estos dos muestreos apenas fue de cerca de 1,5°C (**Figura 5A**). Los promedios en esta variable para cada estación se mantuvieron cerca de los 30 °C, evidenciando poca variabilidad de la temperatura a nivel espacial (**Figura 5B**).



**Figura 5:** Promedio de la temperatura superficial del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones.

#### 8.1.2. pH

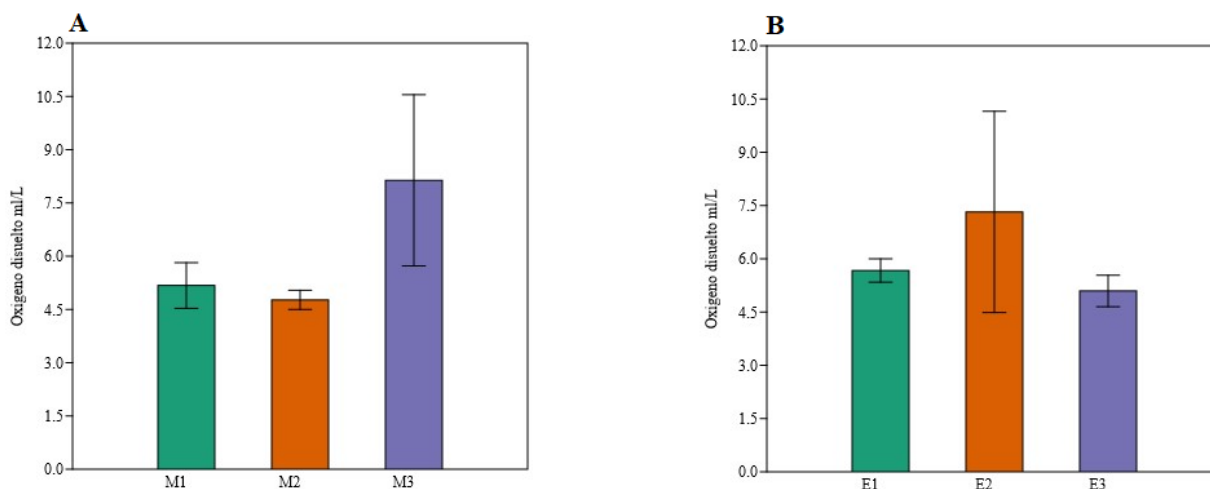
El pH promedio mostró un rango de 6,59 a 8 para todo el estudio. Con respecto a cada muestreo, no se obtuvo una variabilidad alta entre valores, pero si una disminución paulatina en los valores promedio desde el primer muestreo, con un promedio de  $7,6 \pm 0,20$ , hasta el último donde se alcanzó un valor medio de  $6,9 \pm 0,01$  (**Figura 6A**). Las estaciones no presentaron diferencia entre ellas, con valores promedio que oscilaron entre 7,16 y 7,34 (**Figura 6B**).



**Figura 6:** Promedio del pH del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones.

### 8.1.3. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se presentó en un rango amplio, entre 3,99 y 12,96 ml/L, a lo largo del estudio. El M3 arrojó el de mayor valor promedio con  $8,13 \pm 2,4$  ml/L, y mostró una gran variabilidad en los datos obtenidos entre las distintas estaciones, en comparación a los demás muestreos (**Figura 7A**). Por su parte, la E2 presentó el mayor valor promedio en esta variable, con  $7,32 \pm 2,8$  ml/L, y mostró, de igual forma, una variabilidad mayor que la obtenida en las demás estaciones (**Figura 7B**).



**Figura 7:** Promedio del Oxígeno disuelto del agua durante el periodo de estudio: A) muestreos; B) estaciones.



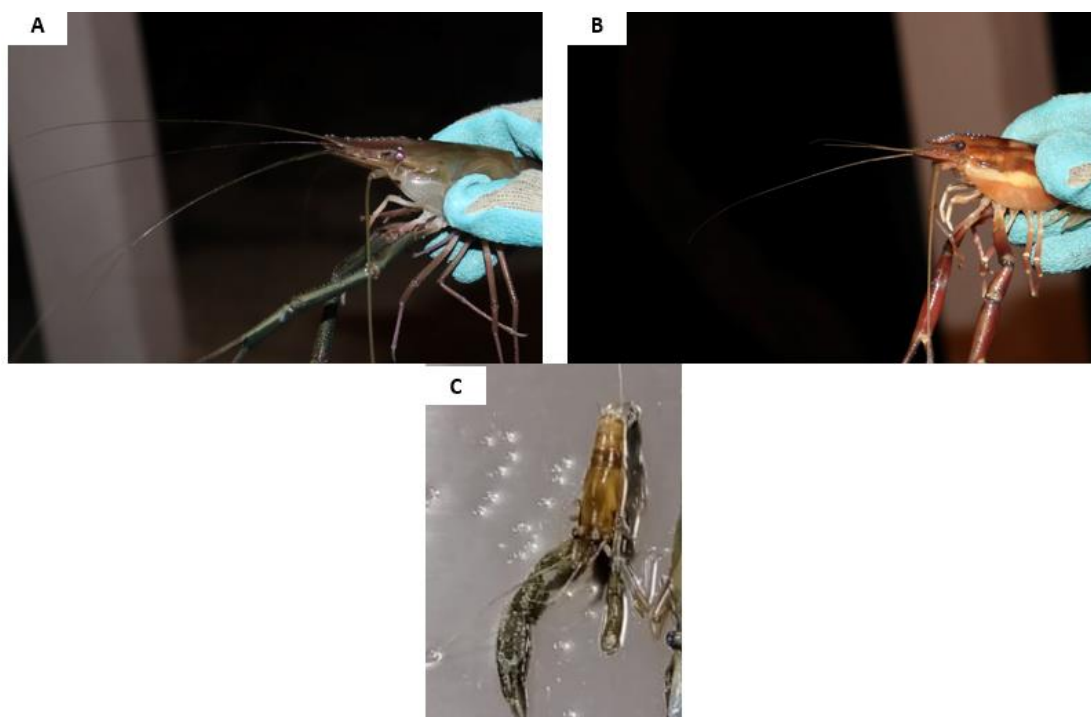
#### 8.1.4. Salinidad

La salinidad en todas las estaciones de estudio presentó un valor de 0, es decir que hubo una variabilidad nula de este parámetro, lo cual se atribuye a la alteración del flujo hídrico causado por las compuertas (como se mencionó anteriormente), por lo cual esta variable se excluirá de los análisis posteriores.

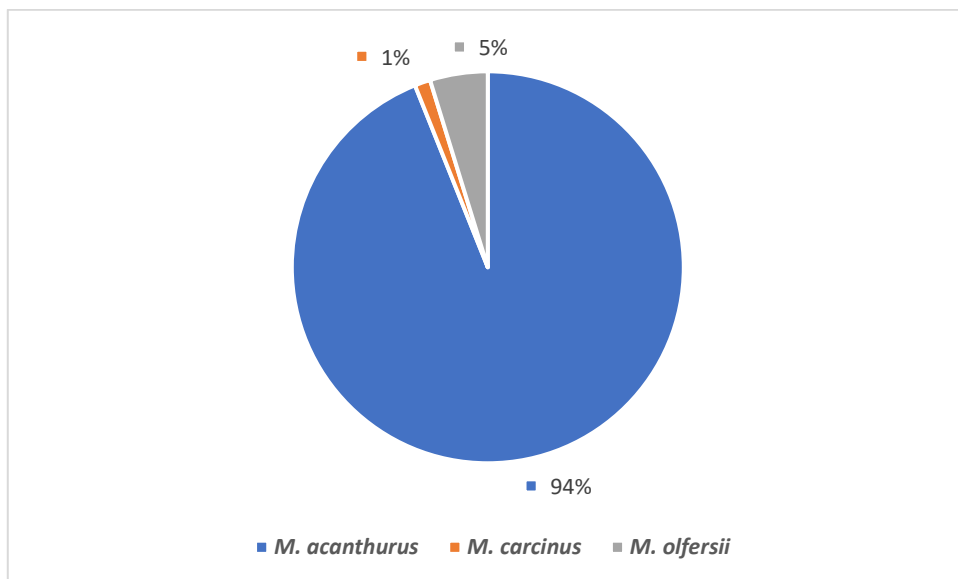
#### 8.2. Identificación de los organismos capturados

Se capturaron un total de 231 especímenes del género *Macrobrachium*, entre los cuales se logró la identificación de tres especies: *M. acanthurus* (**Figura 8A**), la cual fue la más abundante con 217 individuos y que, por ende, presentó el mayor porcentaje de representatividad con un 94% (**Figura 9**), seguida de *M. olfersii* (**Figura 8C**) con 11 individuos y, por último, *M. carcinus* (**Figura 8B**) con 3 individuos.

Debido a esta notable diferencia en la abundancia, los resultados obtenidos para la especie *M. acanthurus* se presentarán de manera separada.



**Figura 8:** Especies del género *Macrobrachium* capturadas en la Ciénaga del Totumo: A) *M. acanthurus*; B) *M. carcinus*; C) *M. olfersii*.



**Figura 9:** Porcentaje de captura total de las especies del género *Macrobrachium* obtenido con el sistema de nasas.

### 9.3 *M. acanthurus*

#### 9.3.1 Aspectos reproductivos

##### 9.3.1.1 Proporción de sexos

En las muestras obtenidas a partir de las capturas del sistema de nasas, se obtuvieron un total de 208 individuos adultos de *M. acanthurus*, de los cuales el 39% fueron hembras y el 61% machos, dándonos una relación de 1,5 machos por cada hembra. Esta relación se mantuvo en una proporción similar entre todos los muestreos realizados (**Tabla 3**) y estaciones (**Tabla 4**).

**Tabla 2:** Número de individuos, porcentaje de machos y hembras de la especie *M. acanthurus* capturados por muestreo con el sistema de nasas y P valor de la prueba  $X^2$ .

	Hembras		Machos		Relación	p valor
	Núm. Ind.	%	Núm. Ind.	%		
<b>M1</b>	29	37,1	49	62,8	01:01,6	p<0,05
<b>M2</b>	37	39,0	58	61,0	01:01,5	p<0,05
<b>M3</b>	15	42,8	20	57,1	01:01,3	p>0,05
<b>Total</b>	81	39,0	127	61,1	01:01,5	p<0,05

**Tabla 3:** Número de individuos, porcentaje de machos y hembras de la especie *M. acanthurus* capturados por estación con el sistema de nasas P valor de la prueba  $X^2$ .

	Hembras		Machos		Relación	p valor
	Núm. Ind.	%	Núm. Ind.	%		
<b>E1</b>	51	38,9	80	61,0	1:1,5	p<0,05
<b>E2</b>	30	38,9	47	61,0	1:1,5	p>0,05
<b>Total</b>	81	39,0	127	61,0	1:1,5	p<0,05

La prueba  $X^2$  arrojó que la proporción de machos y hembras de la especie *M. acanthurus*, presenta una relación 1:1 solo para el muestreo 3 (**Tabla 2**) y la estación 2 (**Tabla 3**), pero en las demás estaciones y muestreos, así como en el estudio en general, no se mantuvo una relación 1:1, sino que se observó un predominio numérico de los machos.

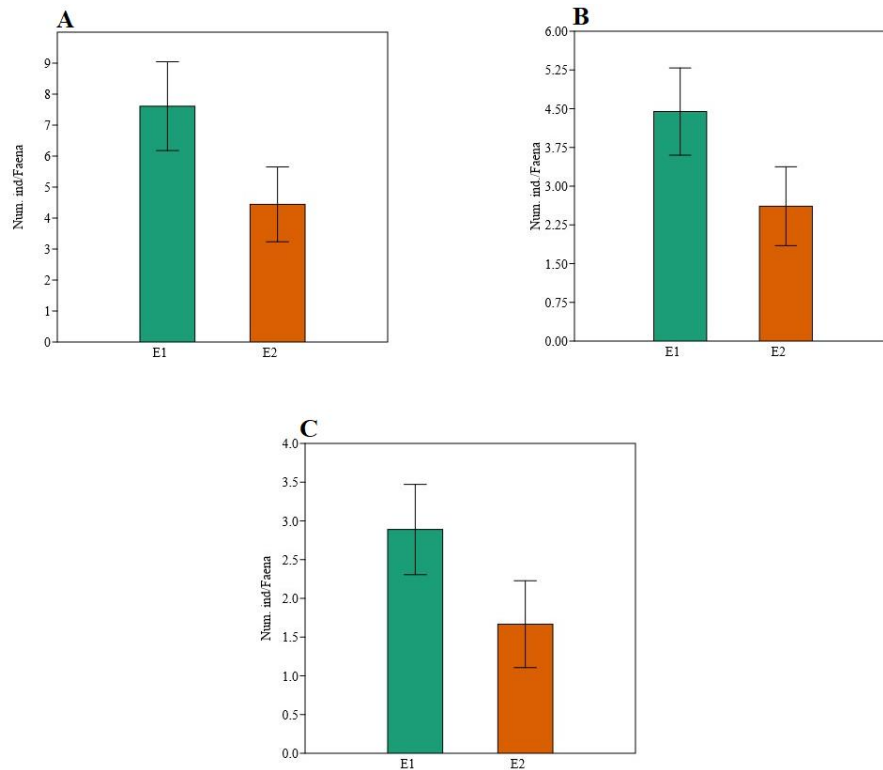
### 9.3.1.2 Estadios reproductivos

De las 81 hembras capturadas, se encontró que las hembras ovadas abarcaron el 48,14% de captura, mientras que las hembras sin huevos el 58,82%. En el caso de los machos, se capturaron un total de 127 individuos, de los cuales el 87,5% fueron machos maduros, y sólo el 12,5% se encontraban inmaduros.

## 9.3.2 Abundancia

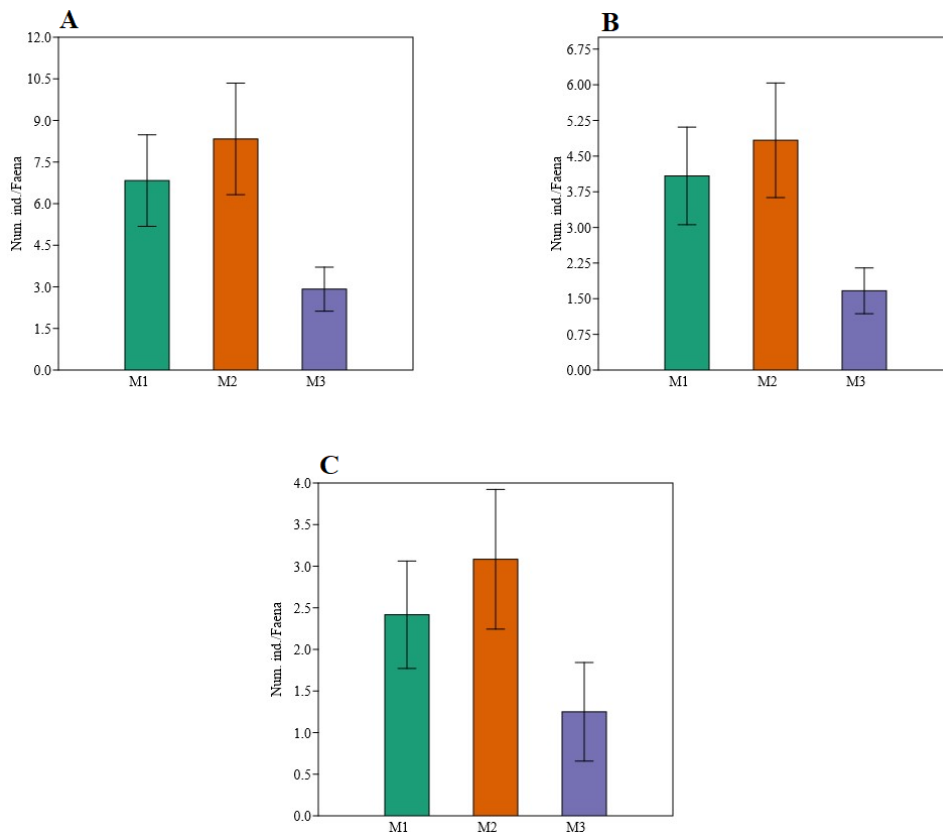
### 9.3.2.1 Descripción general

El mayor promedio de abundancia total se registró en la estación 1 con  $7,6 \pm 4,4$  Ind./faena, valor casi dos veces mayor que aquel registrado en la E2 (**Figura 10A**); esta misma tendencia se observó en la abundancia espacial de cada sexo (**Figura 10 B y C**). No obstante, la variabilidad en los valores fue mayor en el caso de los sexos combinados, aunque no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos estaciones (Mann-Whitney= 0,10; p>0,05); un comportamiento similar se observó en el caso de las hembras (Mann-Whitney = 0,099; p>0,05) y en los machos (Mann-Whitney = 0,073; p>0,05).



**Figura 10:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* obtenido en las estaciones 1 y 2: A) sexos combinados; B) machos; C) hembras.

Para los muestreos, el mayor promedio de abundancia total se registró para el muestreo 2 con un valor de  $8,3 \pm 2,01$  Ind./faena, que al compararse con el muestreo 3 presenta un promedio más elevado y una mayor variabilidad (**Figura 11A**); este comportamiento se reflejó de igual forma para el caso de la abundancia temporal de los machos y de hembras (**Figura 11B y C**). A pesar de esto, ni la abundancia de sexos combinados (Kruskal-Wallis = 0,061;  $p > 0,05$ ), ni de hembras (Kruskal-Wallis = 0,25;  $p > 0,05$ ) o de machos (Kruskal-Wallis = 0,066;  $p > 0,05$ ) presentaron diferencias estadísticas significativas entre muestreos.



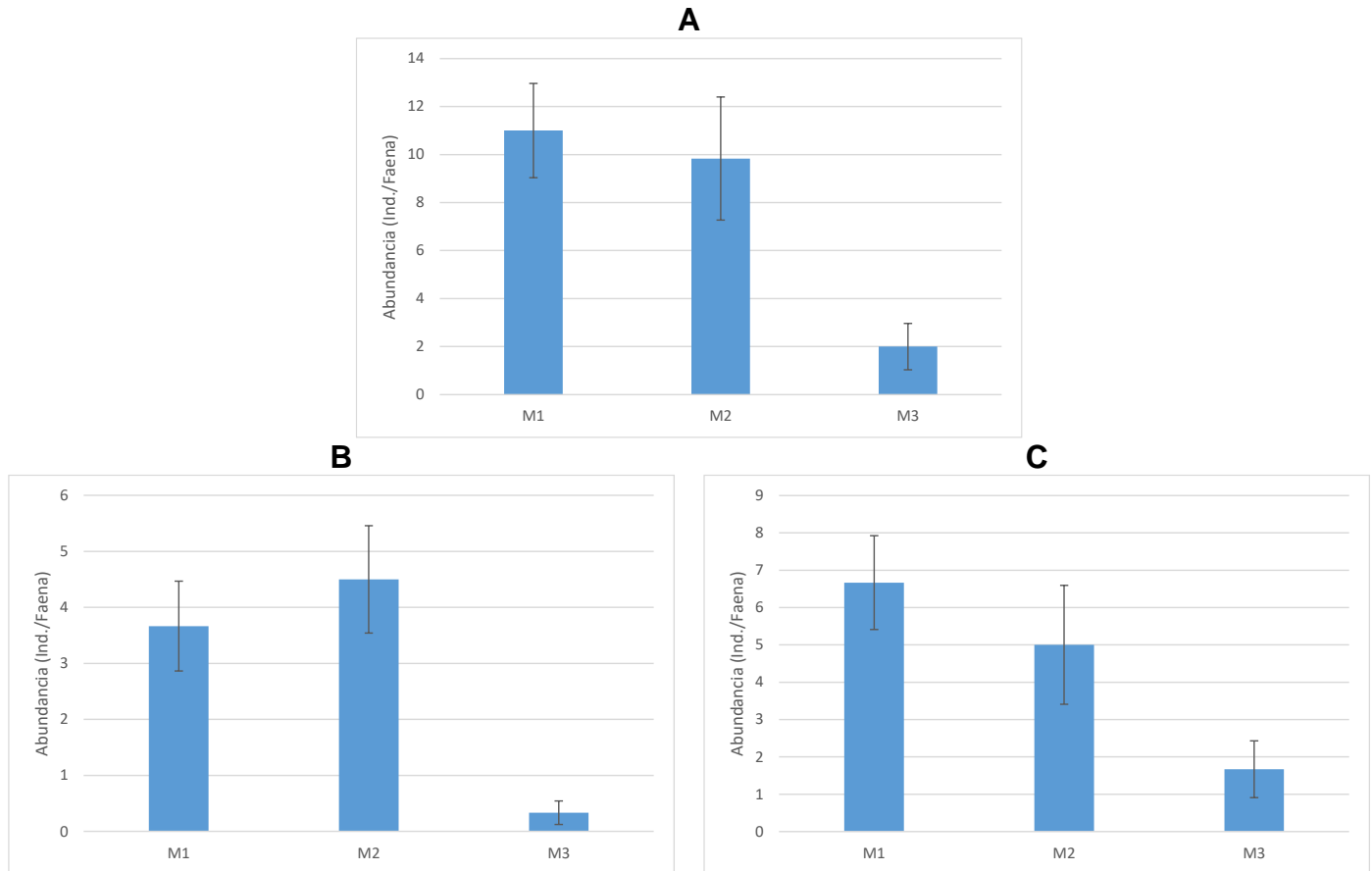
**Figura 11:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en los muestreos: A) captura total; B) machos; C) hembras.

### 9.3.2.2 Comportamiento de la abundancia en estaciones individuales

#### 9.3.2.2.1 Estación 1

El mayor promedio de abundancia para sexos combinados se presentó en el M1, con  $11 \pm 1,96$  Ind./faena, y disminuyó considerablemente hasta alcanzar la menor abundancia en el M3, donde se apreció una cifra cinco veces menor a los observados en otros (**Figura 12A**), en constancia de lo anterior, se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los distintos muestreos (Kruskal-Wallis = 0,005;  $p < 0,05$ ), donde se evidencia una diferencia entre el M3 con los demás muestreos (Anexo 1). Esta tendencia se reflejó, de igual forma, en el caso individual de los machos (**Figura 12C**), donde también se registraron diferencias en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,025;  $p < 0,05$ ), pero únicamente entre M1 y M3 (Anexo 2). Contrariamente, las hembras exhibieron su mayor promedio de abundancia en el M2 con  $4,5 \pm 0,95$  Ind./faena, mientras que el menor valor también se obtuvo para el M3,

siendo éste nueve veces más bajo que en cualquier otro (**Figura 12B**), por lo que también se registraron diferencias estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis = 0,0075;  $p < 0,05$ ) entre el M3 con referencia al M1 y M2 (Anexo 3).

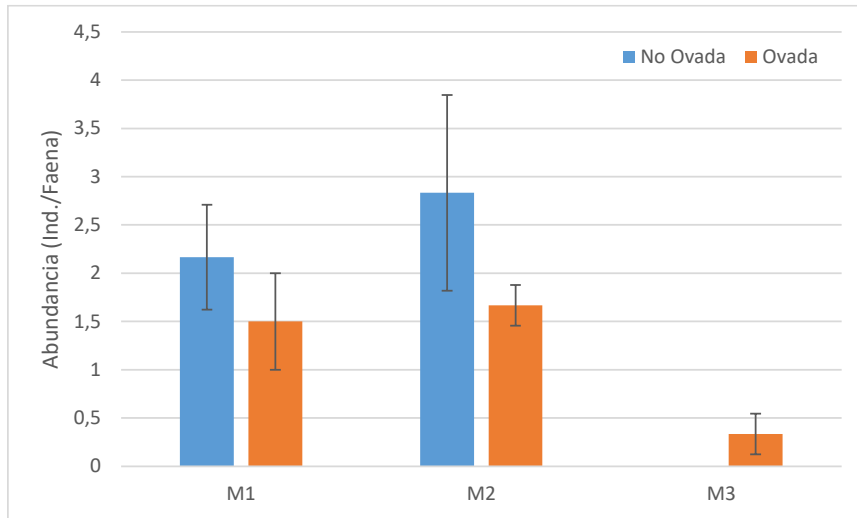


**Figura 12:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

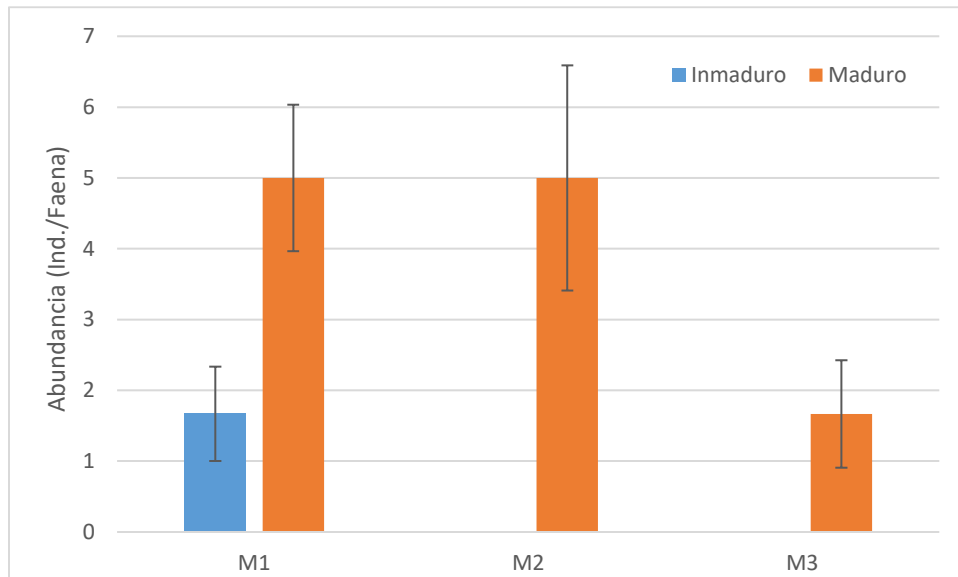
La abundancia de hembras ovadas obtuvo el mayor promedio en M2, con un valor de  $1,6 \pm 0,21$  Ind./faena, y el menor en el M3 (**Figura 13**) y, se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los distintos muestreos (Kruskal-Wallis = 0,034;  $p < 0,05$ ), entre el M3 con referencia a los demás muestreos (Anexo 4). Las hembras no ovadas solo se registraron para M1 y M2, obteniendo promedios similares (**Figura 13**), razón por la cual no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de esta variable entre el M1 y M2 (Mann-Whitney = 0,57;  $p > 0,05$ ).

La abundancia de machos maduros registró para M1 y M2 el mayor promedio con 5 Ind./faena, aunque se observó una mayor variabilidad de los datos en M2, y el menor promedio para M3 con un valor de  $1,6 \pm 0,76$  Ind./faena (**Figura 14**), sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticamente

significativas en esta variable entre los muestreos (Kruskal-Wallis = 0,058;  $p > 0,05$ ). Solo en M1 se registraron machos inmaduros, con un promedio de abundancia de  $1,6 \pm 0,66$  Ind./faena (**Figura 14**).



**Figura 13:** Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1.

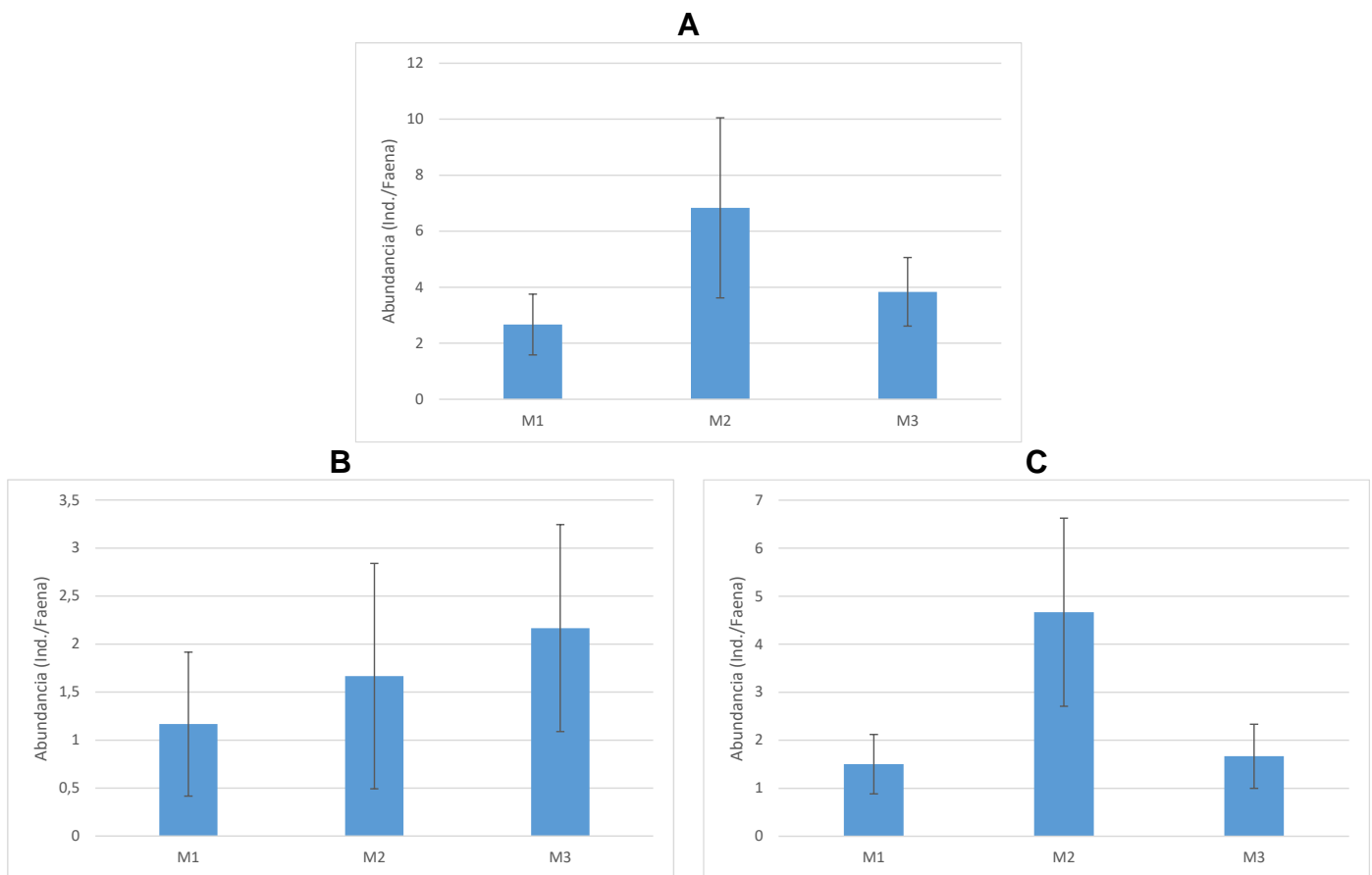


**Figura 14:** Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1.

### 9.3.2.2.2 Estación 2

En esta estación, la abundancia de sexos combinados presentó el mayor promedio para el M2 con un de  $6,83 \pm 3,21$  Ind./faena, siendo también el

muestreo con más variabilidad (**Figura 15A**); no obstante, este muestreo no presentó un valor elevado en comparación a los demás, en consecuencia, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos efectuados (Kruskal-Wallis = 0,48;  $p > 0,05$ ); este comportamiento se presentó, de igual forma, en el caso individual de machos (**Figura 15C**), donde tampoco se registraron diferencias en la abundancia (Kruskal-Wallis = 0,38;  $p > 0,05$ ). Por otro lado, las hembras arrojaron un incremento en los valores promedio de abundancia desde la M1 con  $1,16 \pm 0,74$  Ind./faena, hasta el M3, con  $2,16 \pm 1,07$  Ind./faena (**Figura 15B**); debido a lo anterior, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable para la E2 entre los muestreos (Kruskal-Wallis = 0,67;  $p > 0,05$ ).

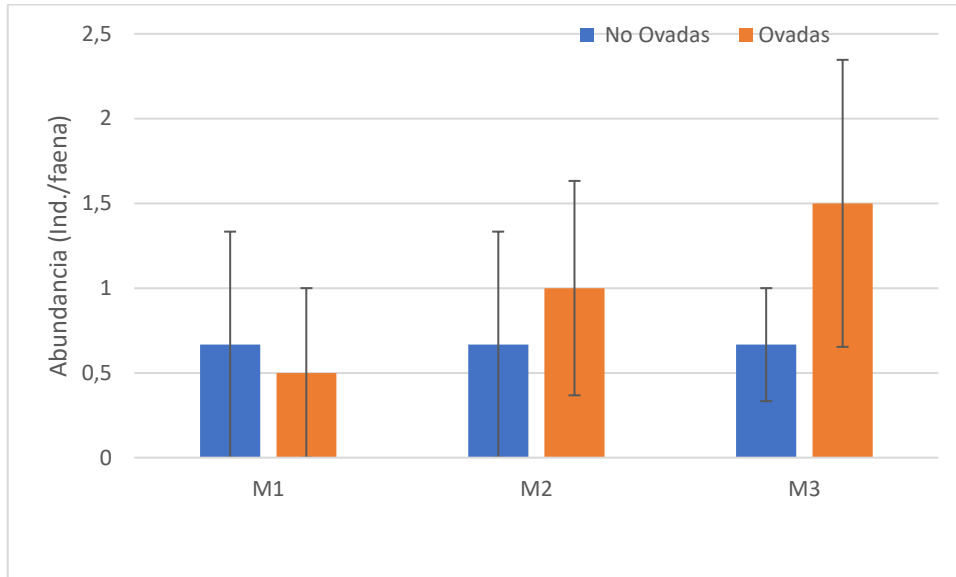


**Figura 15:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

En la E2, la abundancia de hembras ovadas fue mayor que en el caso de las no ovadas en el M2 y, principalmente, en el M3 (**Figura 16**). Por su parte, la abundancia de hembras ovadas se incrementó en el tiempo, con un valor mínimo de  $0,5 \pm 0,53$  Ind./faena en el M1, hasta alcanzar un máximo de  $1,5 \pm$

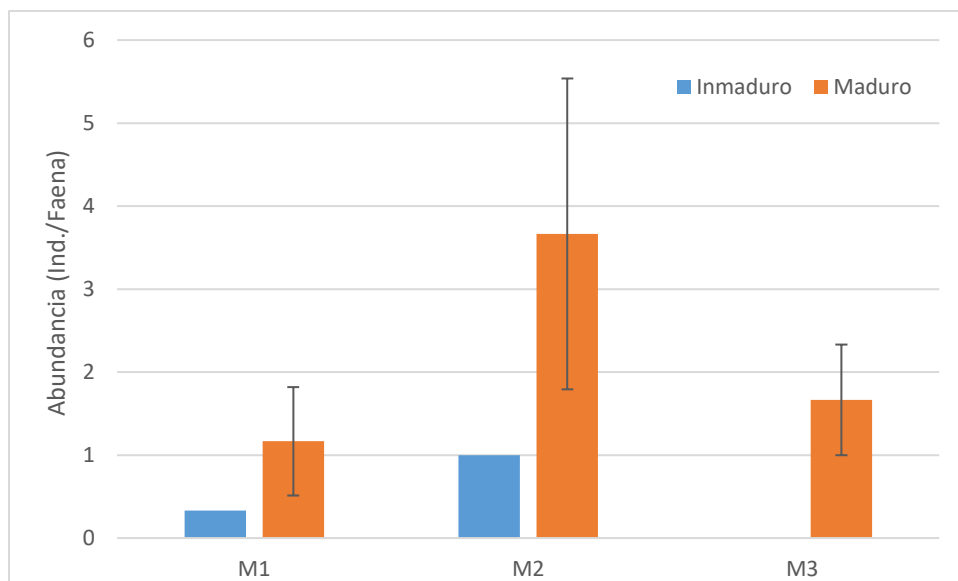


0,84 Ind./faena en el M3, momento en el cual también se registró una mayor variabilidad en los datos; sin embargo, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de hembras ovadas entre los tres muestreos para esta estación (Kruskal-Wallis = 0,50;  $p > 0,05$ ). La abundancia de hembras no ovadas registró un valor de 0,66 Ind./faena para todos los muestreos, siendo M1 y M2 los de más dispersión en los datos (**Figura 16**), por lo que no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,56;  $p > 0,05$ ).



**Figura 16:** Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2.

El M2 presentó el mayor promedio de abundancia de machos maduros, con  $3,6 \pm 1,87$  Ind./faena, y el menor promedio para M1 (**Figura 17**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre muestreos (Kruskal-Wallis = 0,50;  $p > 0,05$ ). Los machos inmaduros solo se registraron para M1 y M2, obteniendo promedios similares (**Figura 17**), razón por la cual tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de esta variable entre el M1 y M2 (Mann-Whitney = 0,42;  $p > 0,05$ ).

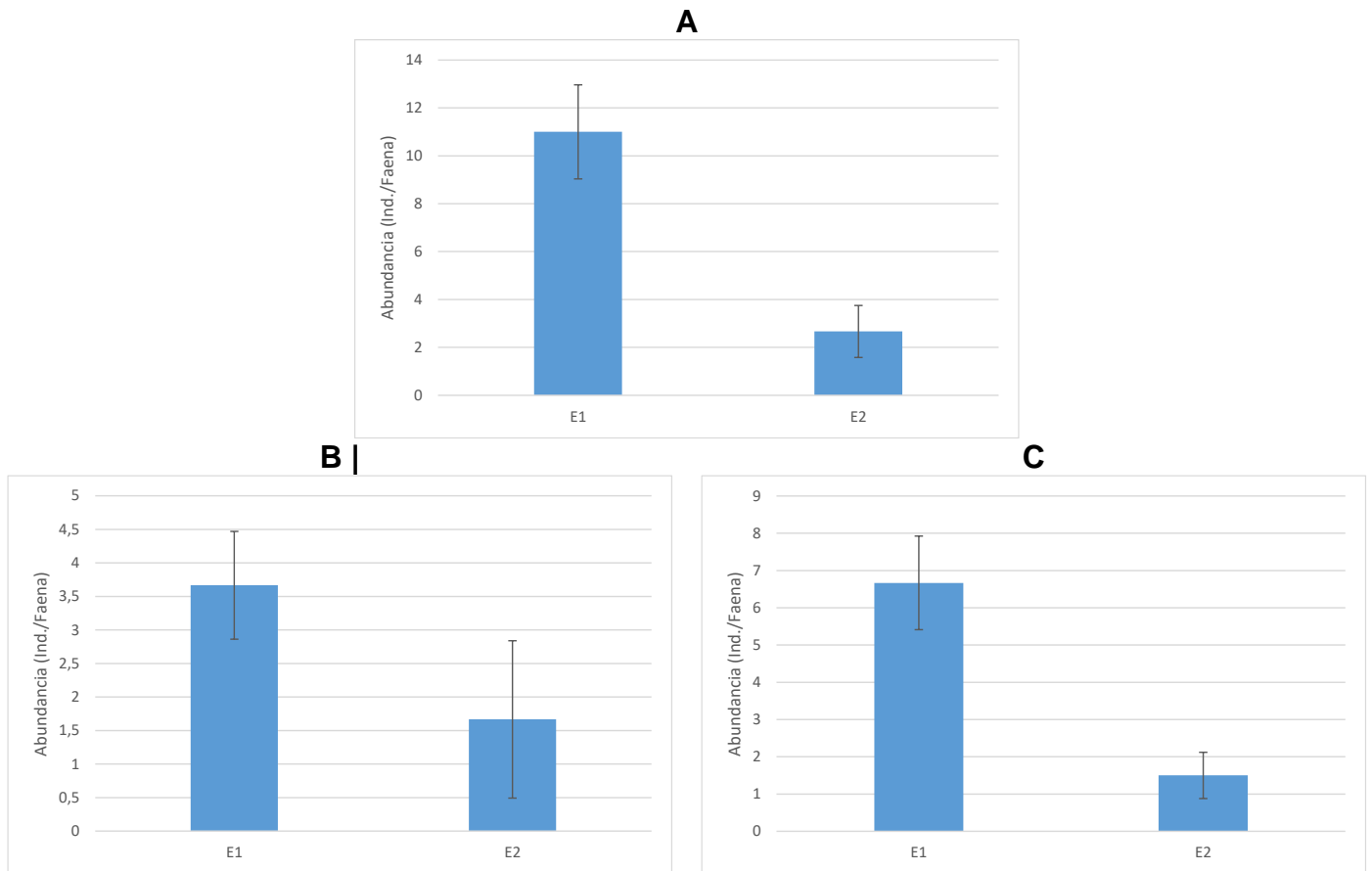


**Figura 17:** Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2.

### 9.3.2.3 Comportamiento de la abundancia en muestreos individuales

#### 9.3.2.3.1 Muestreo 1

En este muestreo se presentó el mayor promedio de abundancia para sexos combinados en la E1, donde se observó un valor cuatro veces mayor al obtenido en E2 (**Figura 18A**), y por lo anterior, se registraron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones (Mann-Whitney = 0,0076;  $p < 0,05$ ); esta misma tendencia se observó, de igual forma, para el caso de individual de machos (**Figura 18C**), donde también se registraron diferencias en esta variable (Mann-Whitney = 0,012;  $p < 0,05$ ). En el caso de las hembras, la E1 también obtuvo el mayor valor promedio de abundancia, con  $3,6 \pm 0,80$  Ind./faena (**Figura 18B**), sin embargo, no se registraron diferencias estadísticamente significativas (Mann-Whitney = 0,15;  $p > 0,05$ ).

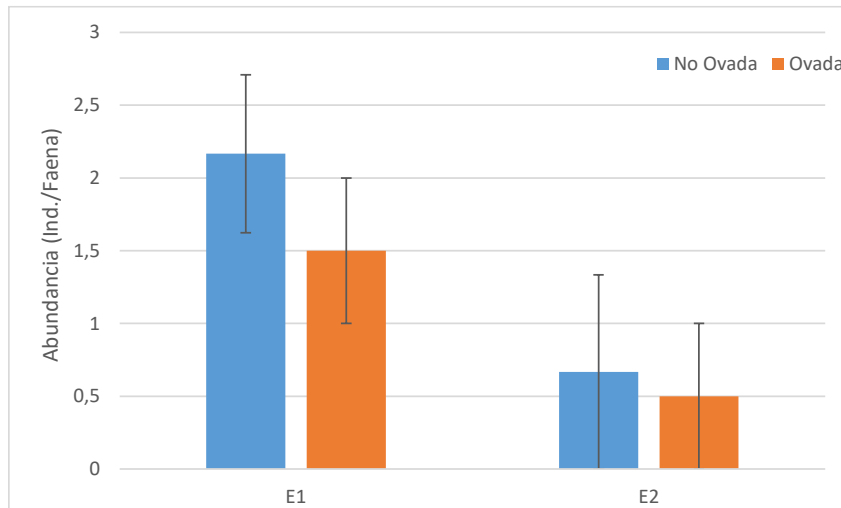


**Figura 18:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

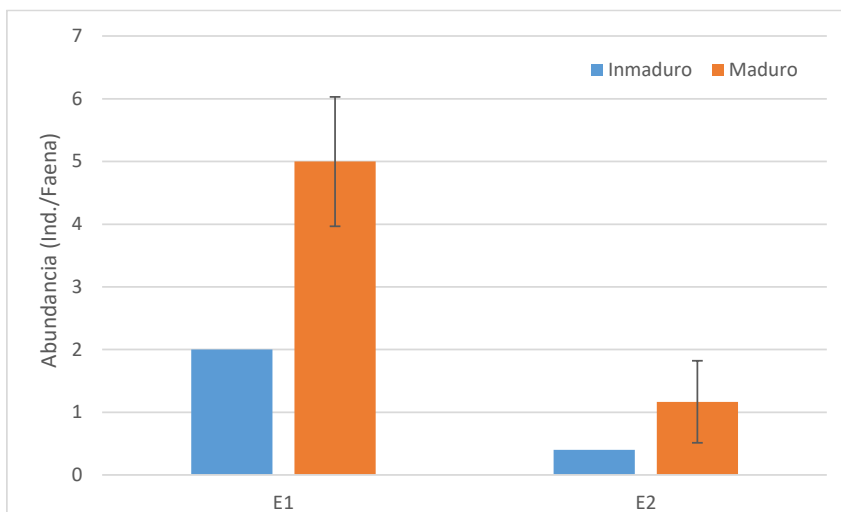
Por su parte, el mayor promedio para la abundancia de hembras ovadas se obtuvo en la E1, con  $1,5 \pm 0,5$  Ind./faena, siendo este tres veces mayor al obtenido en la E2 (**Figura 19**), y a pesar de esto, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en variable entre la E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,20;  $p > 0,05$ ). Para las hembras no ovadas, el mayor promedio de abundancia también se presentó en la E1, con  $2,1 \pm 0,54$  Ind./faena, donde se reflejó una media casi cuatro veces mayor al observado en E2 (**Figura 19**), pero como se vio en el caso anterior, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre la E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,10;  $p > 0,05$ ).

El mayor promedio de abundancia para machos maduros se registró en la E1 con  $5 \pm 0,5$  Ind./faena, donde se observó un valor casi cinco veces más elevado al obtenido en E2 (**Figura 20**), y se presentaron diferencias estadísticamente significativas esta variable entre la E1 y E2 (Mann-Whitney =

0,018;  $p < 0,05$ ). La abundancia de machos inmaduros exhibió un promedio para E1, de  $2 \pm 1,2$  Ind./faena, siendo cinco veces mayor al obtenido en E2 (**Figura 20**), pero en este caso no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre la E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,44;  $p > 0,05$ ).



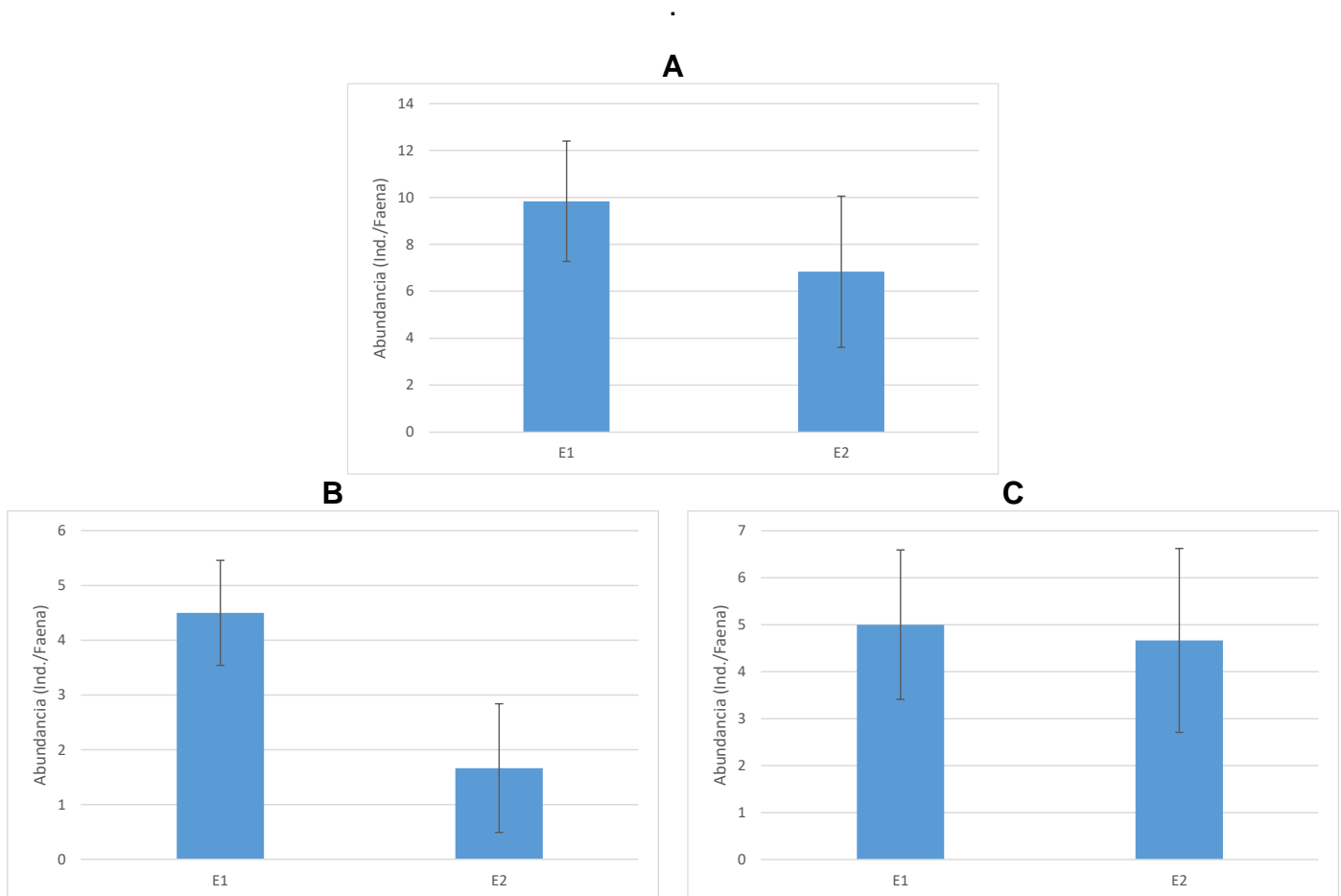
**Figura 19:** Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1.



**Figura 20:** Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1.

### 9.3.2.3.2 Muestreo 2

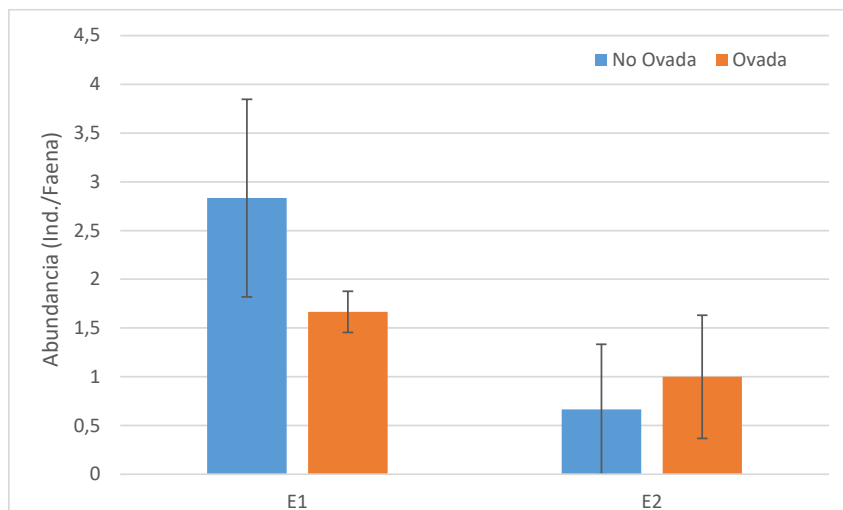
Para el M2 se obtuvo una tendencia similar a la de M1, ya que el mayor valor promedio de abundancia para sexos combinados se obtuvo en la E1 con  $9,8 \pm 2,5$  Ind./faena, aunque se observó una dispersión de los datos más marcada para E2 (**Figura 21A**), pero, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,52;  $p > 0,05$ ); esta tendencia también se vio reflejada para los casos de los sexos separados (**Figuras 21B y C**), por lo que tampoco se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de las hembras (Mann-Whitney = 0,08;  $p > 0,05$ ), ni en la de los machos (Mann-Whitney = 0,68;  $p > 0,05$ ).



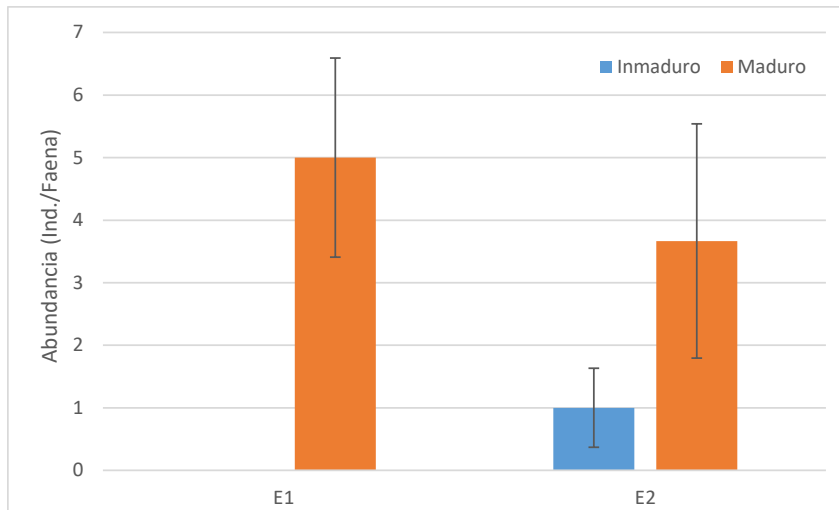
**Figura 21:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

El mayor promedio de abundancia de hembras ovadas se presentó en la E1 con  $1,6 \pm 1$  Ind./faena, siendo este también el de mayor variabilidad de datos (**Figura 22**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,12;  $p > 0,05$ ). La abundancia de hembras no ovadas obtuvo el mayor promedio de abundancia para E1 con  $2,8 \pm 1,01$  Ind./faena, donde se reflejó un valor casi 5 veces mayor al obtenido en E2 (**Figura 22**), pero tampoco se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre estaciones (Mann-Whitney = 0,12;  $p > 0,05$ ).

Para los machos, en la E1 se registró el mayor promedio de abundancia de individuos maduros, con  $5 \pm 1,5$  Ind./faena, aunque se observó una mayor variabilidad de datos para la E2 (**Figura 23**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,25;  $p > 0,05$ ). Solo en E2 se registraron machos inmaduros, con un valor promedio de abundancia de  $1 \pm 0,6$  Ind./faena (**Figura 23**).



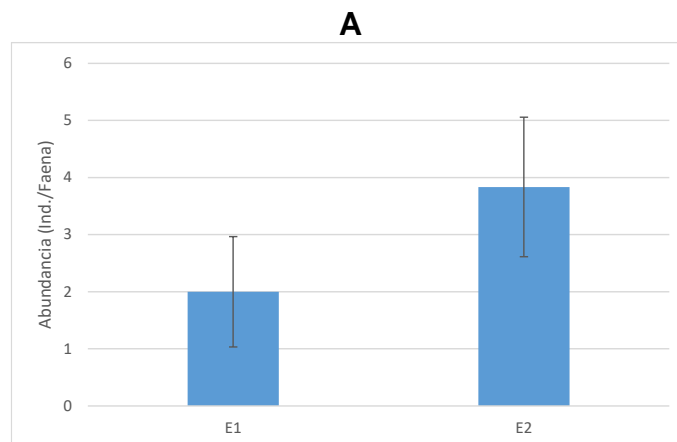
**Figura 22:** Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2.

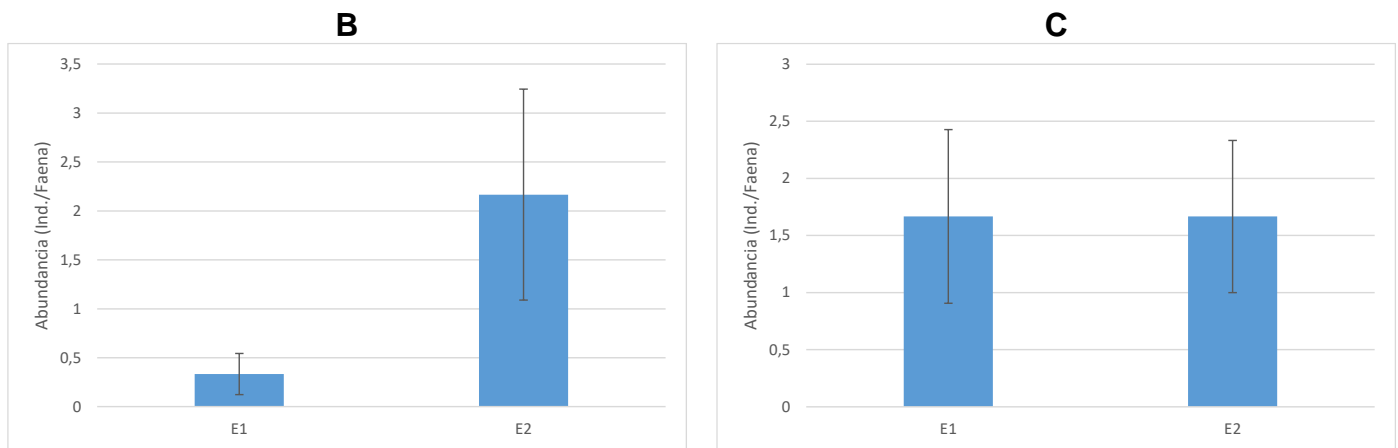


**Figura 23:** Promedio de abundancia de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2.

### 9.3.2.3.3 Muestreo 3

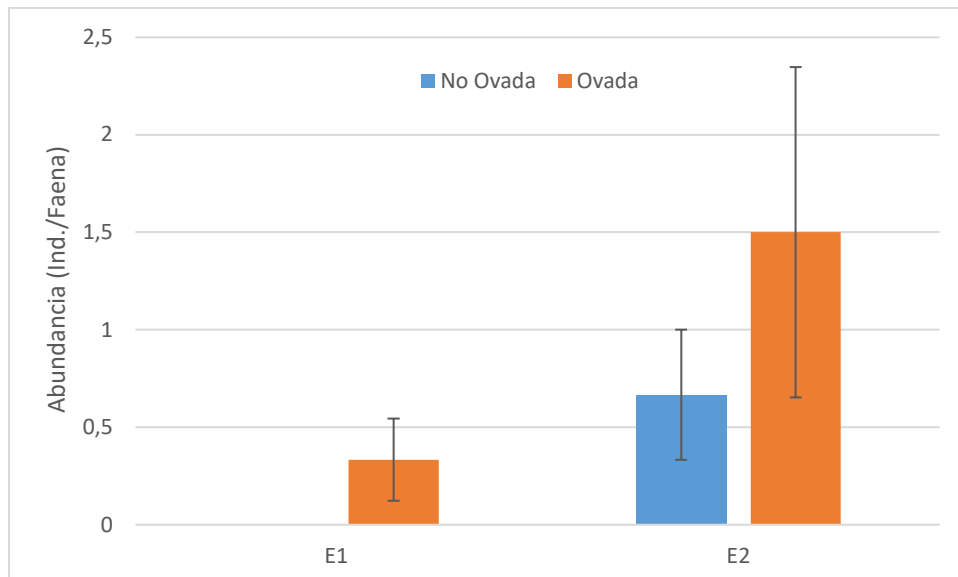
A diferencia de los demás muestreos, el mayor promedio de abundancia para sexos combinados se obtuvo en la E2, con  $3,8 \pm 1,2$  Ind./faena, y también se presentó la mayor variabilidad en los datos (**Figura 24A**), pero no se obtuvo diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre las estaciones (Mann-Whitney = 0,28;  $p > 0,05$ ); esto también, se vio reflejado para el caso individual de las hembras, sin embargo, se apreció para E1 un valor casi siete veces menor al registrado en E2 (**Figura 24B**), a pesar de esto, no se registraron diferencias en esta variable (Mann-Whitney = 0,14;  $p > 0,05$ ). En el caso de los machos, todos estaban maduros sexualmente, y se observó un valor promedio de abundancia igual para las dos estaciones, siendo E1 la de mayor variabilidad de datos (**Figura 24C**), y, naturalmente, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,93;  $p > 0,05$ ).





**Figura 24:** Promedio de abundancia de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 3: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

El mayor promedio de abundancia de hembras ovadas se presentó en la E2 con  $1,5 \pm 0,84$  Ind./faena, siendo este casi cinco veces más elevado al registrado en E1 (**Figura 25**), aunque no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Mann-Whitney = 0,41;  $p > 0,05$ ). Sólo en E2 se capturaron hembras no ovadas, con un promedio de abundancia de  $0,66 \pm 0,33$  Ind./faena (**Figura 25**).



**Figura 25:** Promedio de abundancia de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 3.



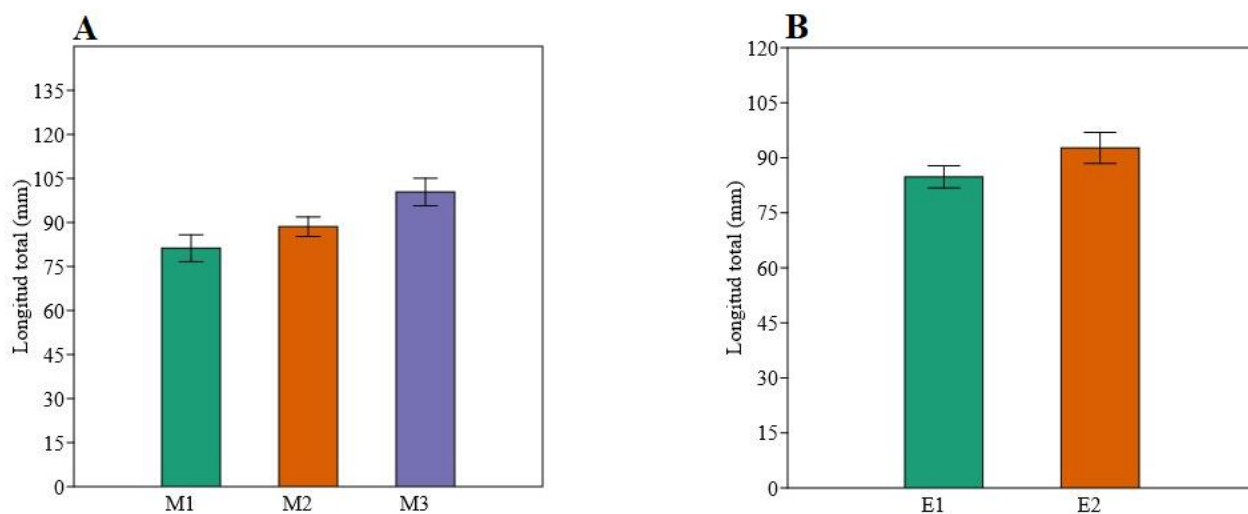
#### 9.3.2.4 Correlación con variables ambientales

A partir de los resultados obtenidos en la prueba de correlación de rangos de Spearman, se pudo evidenciar que no existe una correlación de la abundancia con respecto a ninguna de las variables fisicoquímicas registradas (Anexos 5 y 6).

#### 9.3.3 Tallas de los individuos

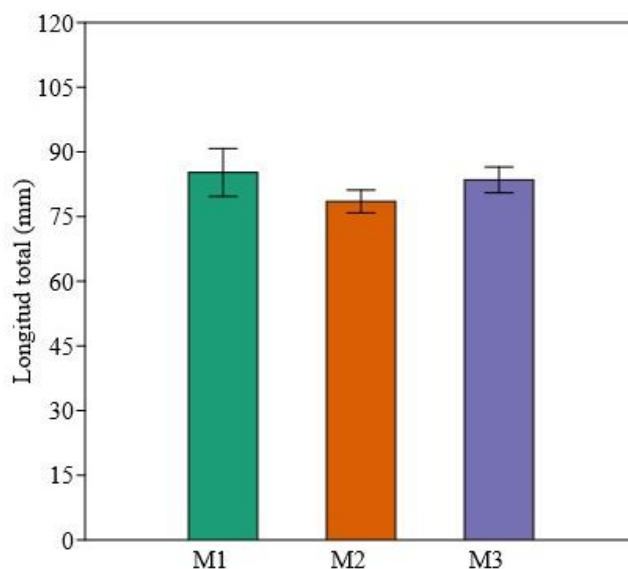
##### 9.3.3.1 Descripción general

Se presentaron individuos en un rango de tallas de 17,4 a 150,3 mm; el tamaño de las hembras osciló entre los 26,8 a 128,5 mm, mientras que para los machos fue de 22,1 a 150,3 mm. El mayor promedio de tallas entre muestreos se obtuvo para el M3 con un valor de  $100,3 \pm 4,7$  mm, observando un incremento en el valor promedio desde el primer muestreo hasta este último (**Figura 26A**). No obstante, las tallas de los ejemplares no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos (Kruskal-Wallis = 0,12;  $p > 0,05$ ). Para las estaciones, el mayor valor promedio de tallas se observó en la E2 con un valor de  $92,6 \pm 4,2$  mm, con una variabilidad más alta con respecto a la E1 (**Figura 26B**). A pesar de esto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las tallas de los ejemplares entre estaciones (Mann-Whitney = 0,10;  $p > 0,05$ ).



**Figura 26:** Promedio de tallas de sexos combinados para *M. acanthurus* en: A) muestreos; B) estaciones.

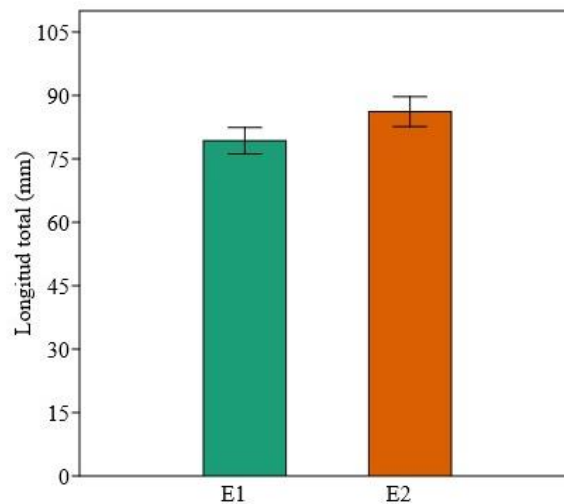
Se obtuvo el mayor promedio de longitud total de hembras en el M1 con  $85,2 \pm 5,5$  mm, siendo el muestreo con mayor variabilidad (**Figura 27**). Ningún muestreo presentó un promedio tan alejado del otro, ya que en todos se capturó un rango de tallas parecido. Con respecto a esto, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las tallas de las hembras entre los distintos muestreos (Kruskal-Wallis = 0,095;  $p > 0,05$ ).



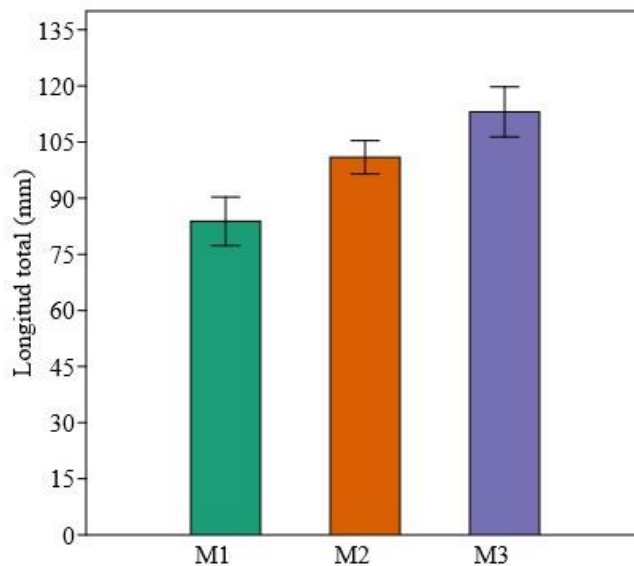
**Figura 27:** Promedio de longitud total de hembras de *M. acanthurus* entre los distintos muestreos.

En el caso de las estaciones, se obtuvo que la E2 mostró el mayor promedio de longitud total con un valor de  $86,1,50 \pm 3,5$  mm además, entre ambas

estaciones no se observó una variabilidad marcada (**Figura 28**). En consecuencia, se evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas en las tallas de las hembras entre estaciones (Mann-Whitney = 0,27;  $p > 0,05$ ).



**Figura 28:** Promedio de longitud total de hembras de *M. acanthurus* entre estaciones.



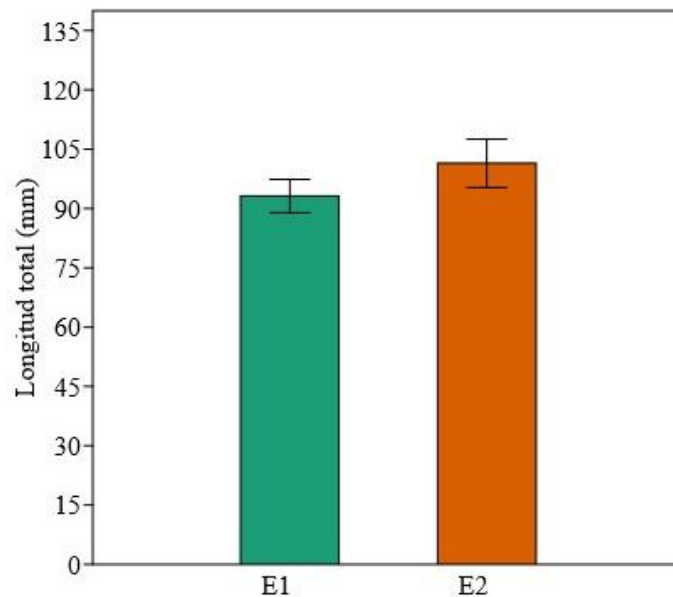
**Figura 29:** Promedio de longitud total de machos de *M. acanthurus* entre los distintos muestreos.

Con respecto a los machos, el mayor promedio de longitud total se presentó en el M3 con un valor de  $113,04 \pm 6,80$  mm, siendo este de igual forma el de mayor variabilidad (**Figura 29**). Se observó que hubo un incremento considerable en los valores promedio desde el primer muestreo hasta el último. Seguido de esto, se evidenció que, si existen diferencias estadísticamente significativas en la longitud total de machos en los diferentes muestreos

(Kruskal-Wallis = 0,026;  $p < 0,05$ ), mostrando diferencias entre M1 y M3 (Anexo 7).

Poner figura 29 aquí

La E2 presenta el mayor promedio de longitud total, con  $113,60 \pm 6,80$  mm, que en comparación con el de la E1 no es tan elevado (**Figura 30**). Las estaciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la longitud total de machos (Mann-Whitney = 0,06;  $p > 0,05$ ).



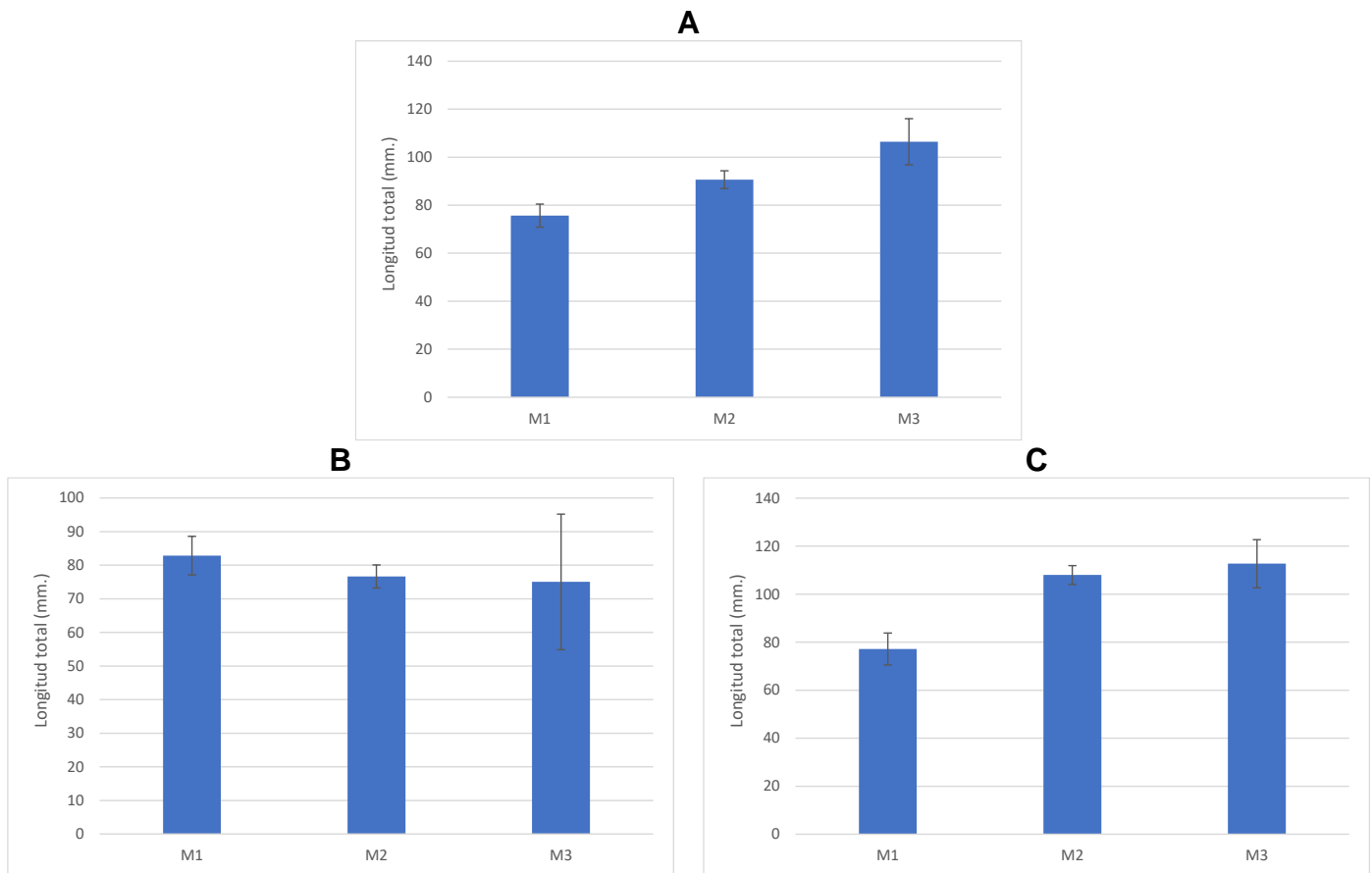
**Figura 30:** Promedio de longitud total de machos de *M. acanthurus* entre estaciones.

### 9.3.3.2 Comportamiento de las tallas en estaciones individuales

#### 9.3.3.2.1 Estación 1

La longitud total de todos los organismos capturados para esta estación presentó un incremento en los valores promedio a lo largo del estudio, con un valor en M1 de  $75,62 \pm 4,7$  mm hasta  $106,43 \pm 9,6$  mm en el M3 (**Figura 31A**), por lo que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,010;  $p < 0,05$ ), mostrando diferencias de M1 con los demás muestreos (Anexo 8); este mismo comportamiento se apreció en el

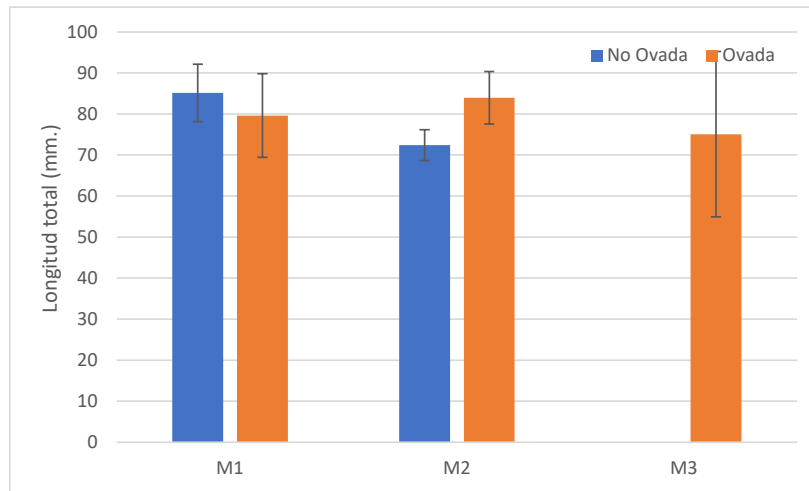
caso de los machos (**Figura 31C**), donde igualmente se registraron diferencias en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,002;  $p < 0,05$ ), con el M1 diferente de los demás (Anexo 9). En el caso de las hembras, el mayor promedio de longitud total se presentó en M1 con un valor de  $82,88 \pm 5,7\text{mm}$ , y disminuyó paulatinamente hasta llegar a M3 (**Figura 31B**), pero en este caso no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los diferentes muestreos (Kruskal-Wallis = 0,93;  $p > 0,05$ ).



**Figura 31:** Promedio de tallas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

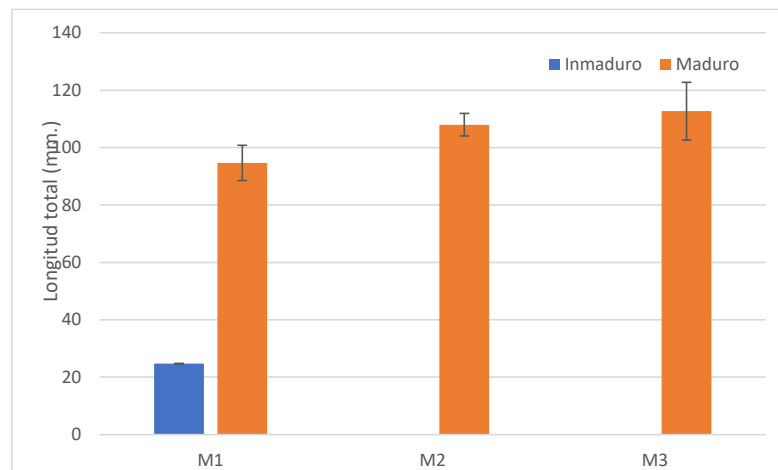
El promedio de longitud total de hembras ovadas presentó el mayor valor para M2 con  $83,95 \pm 6,37\text{mm}$ , pero el M3 fue el muestreo con mayor variabilidad en los datos (**Figura 32**); con respecto a esto, no se registró diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,93;  $p > 0,05$ ). En esta estación solo se capturaron hembras no ovadas en M1 y M2, con un mayor promedio de longitud total y variabilidad para M1, donde se alcanzó un valor de  $85,13 \pm 6,99\text{mm}$  (**Figura 32**), por lo que se registraron

diferencias estadísticamente significativas entre M1 y M2 (Mann-Whitney = 0,04;  $p < 0,05$ ).



**Figura 32:** Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1.

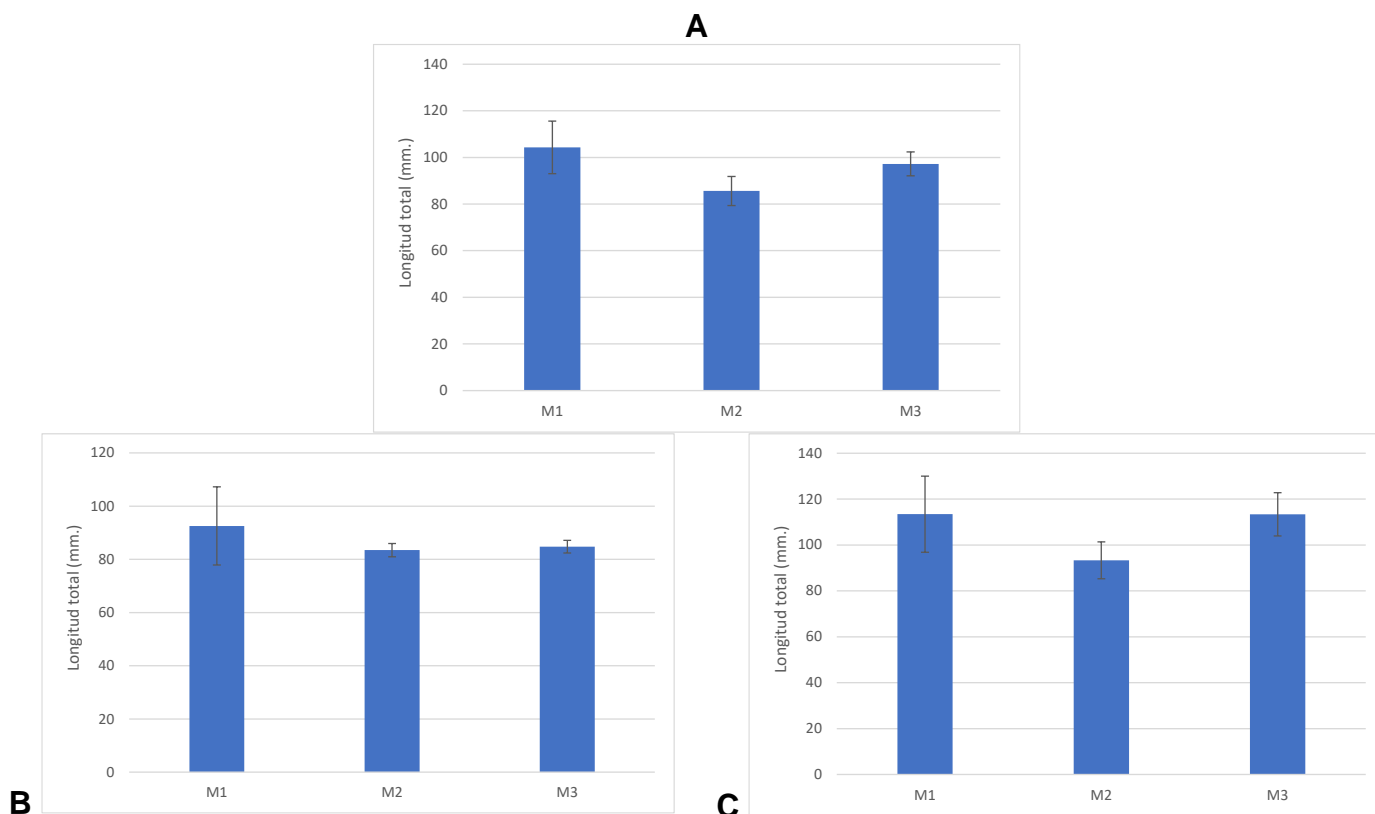
La longitud total de machos maduros presentó un incremento en los valores promedio desde el primer muestreo hasta el último (**Figura 31C**; **Figura 33**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,14;  $p > 0,05$ ). Solo para M1 hubo captura de machos inmaduros con un valor promedio de 24,71 mm (**Figura 33**).



**Figura 33:** Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 1.

### 9.3.3.2.2 Estación 2

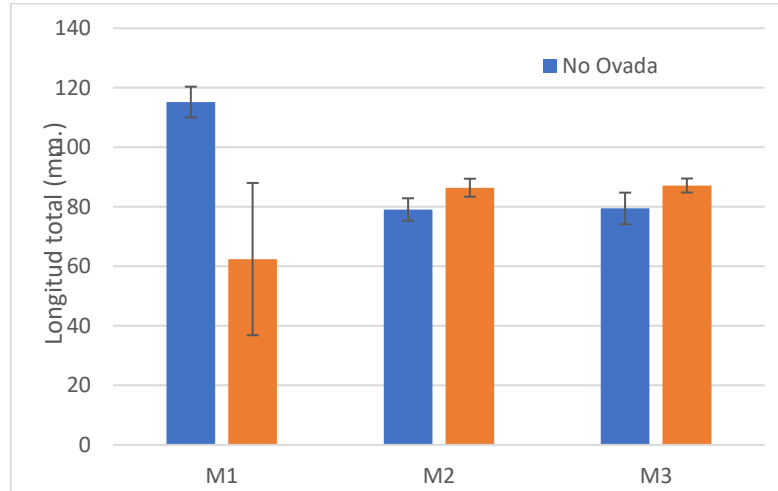
En esta estación se presentó el mayor promedio de longitud total de todos los organismos capturados en M1, con un valor de  $104,31 \pm 11,28$  mm (**Figura 34A**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los distintos muestreos (Kruskal-Wallis = 0,12;  $p > 0,05$ ); esta misma tendencia se observó para los sexos separados (**Figuras 34B y C**), donde, de igual forma, no se registraron diferencias estadísticamente significativas ni para las tallas de hembras (Kruskal-Wallis = 0,23;  $p > 0,05$ ), ni para las de machos (Kruskal-Wallis = 0,057;  $p > 0,05$ ).



**Figura 34:** Promedio de tallas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

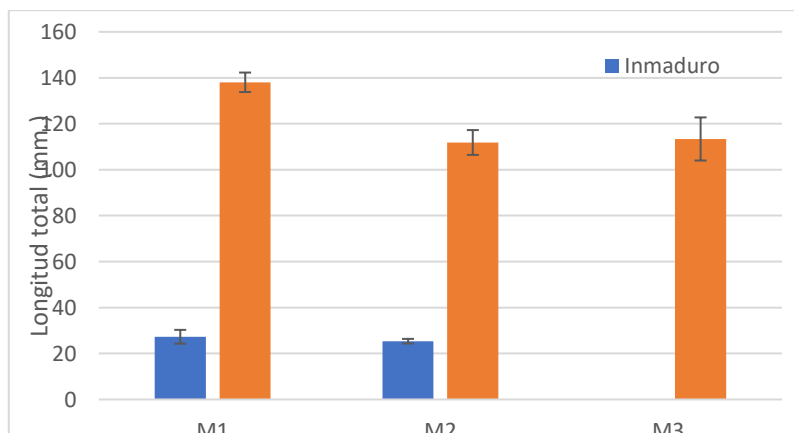
Para las hembras ovadas, el mayor valor promedio de tallas se presentó en M3 con  $87,15 \pm 2,35$  mm, sin embargo, este valor solo supera al de M2 por 0,74mm (**Figura 35**), en consecuencia, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre muestreos (Kruskal-Wallis = 0,67;  $p > 0,05$ ). En el caso de las hembras no ovadas, las mayores tallas se observaron en el M1, con  $115,2 \pm 5,17$  mm, siendo más elevado en

comparación a los datos registrados en los demás muestreos (**Figura 35**), por lo que sí hay diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Kruskal-Wallis = 0,02;  $p < 0,05$ ), donde se obtiene una diferencia entre el M1 con los demás (Anexo 10).



**Figura 35:** Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2.

En el caso de los machos maduros, se obtuvo una disminución en los valores promedio de la longitud total del primer al último muestreo, presentando M1 un valor más elevado con respecto a los demás (**Figura 36**), por lo que se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las tallas de machos maduros (Kruskal-Wallis = 0,014;  $p < 0,05$ ), mostrando diferencias entre el M1 con los demás muestreos (Anexo 11). La longitud total en machos inmaduros presentó promedios similares entre muestreos, al igual de no mostrar gran variabilidad (**Figura 36**); sin embargo, debido a la escasez de datos registrados para los machos inmaduros, no fue posible la aplicación de cualquier prueba estadística.



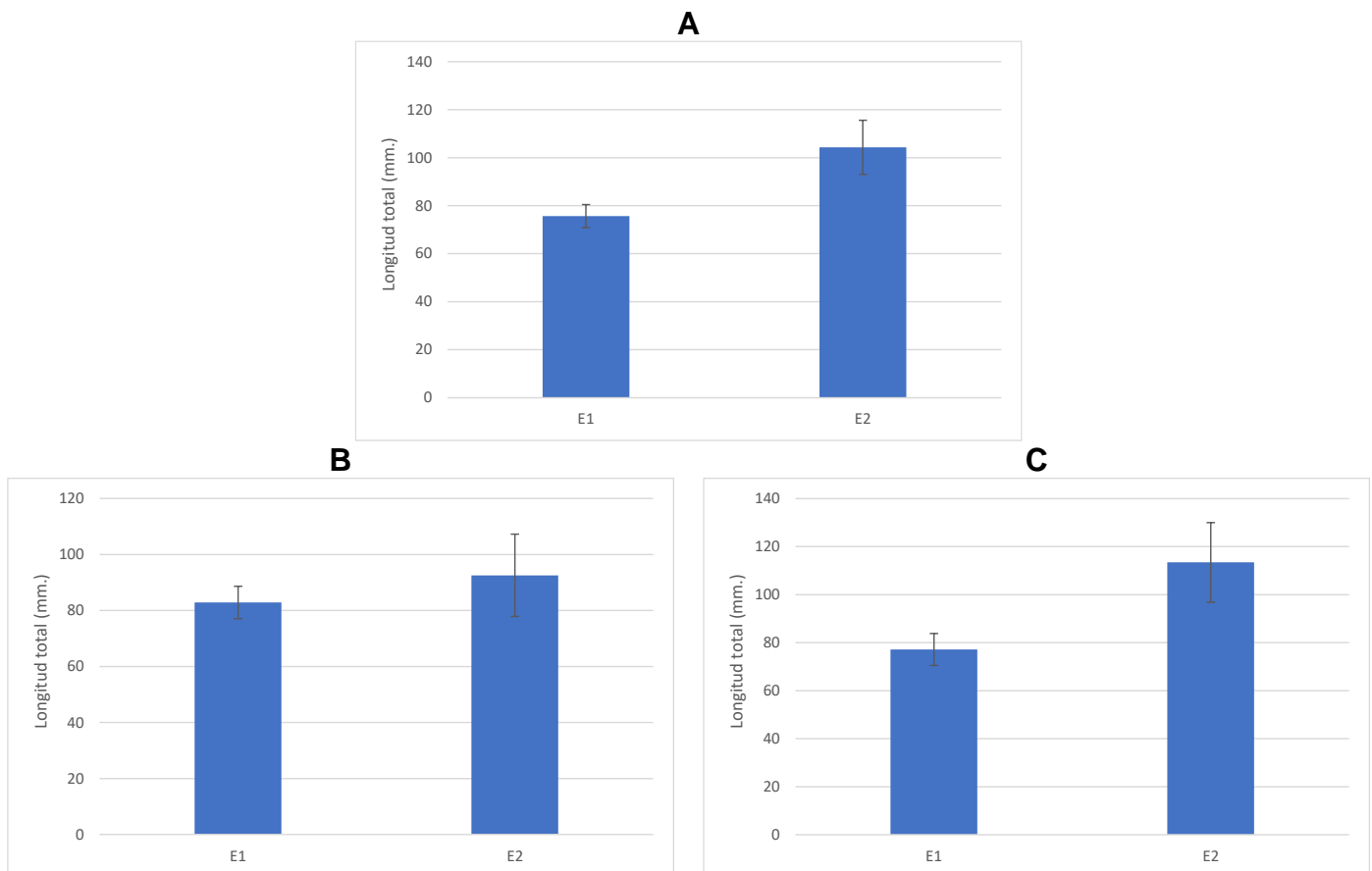
**Figura 36:** Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en los distintos muestreos, para la estación 2.



### 9.3.3.3 Comportamiento de las tallas en muestreos individuales

#### 9.3.3.3.1 Muestreo 1

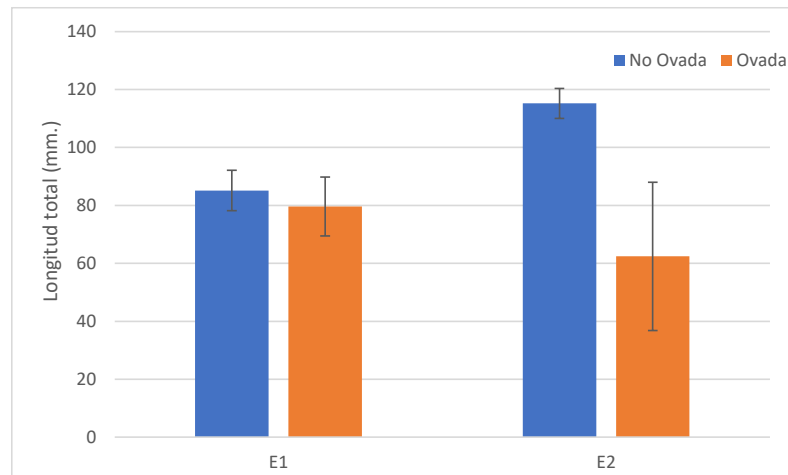
En este muestreo, el mayor promedio de longitud total (sexos combinados) se registró en la E2, con un valor de  $104,31 \pm 11,28$  mm, siendo también la estación con mayor variabilidad de datos (**Figura 37A**), por lo que se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la longitud total entre las dos estaciones (Mann-Whitney = 0,0037;  $p < 0,05$ ); esta misma situación se apreció en el caso de sexos separados (**Figura 37B y C**), mostrando diferencias estadísticamente significativas en esta variable para machos (Mann-Whitney = 0,016;  $p > 0,05$ ), pero no para hembras (Mann-Whitney = 0,12;  $p > 0,05$ )



**Figura 37:** Promedio de tallas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

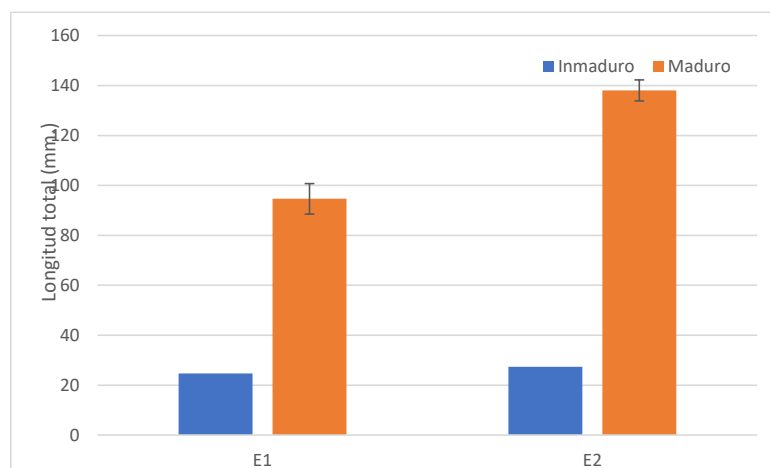
Para Las hembras ovadas se observaron menores tallas que las no ovadas en las dos estaciones de muestreo, con el mayor promedio de longitud total para

hembras ovadas en E1 con  $79,63 \pm 10,20$  mm y siendo E2 el de más dispersión de los datos (**Figura 38**), por lo que no se registró diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 1;  $p > 0,05$ ). El mayor valor promedio de longitud total para hembras no ovadas se presentó en la E2, con  $115,2 \pm 5,17$  mm (**Figura 38**), y se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre estaciones (Mann-Whitney = 0,020;  $p < 0,05$ ).



**Figura 38:** Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1.

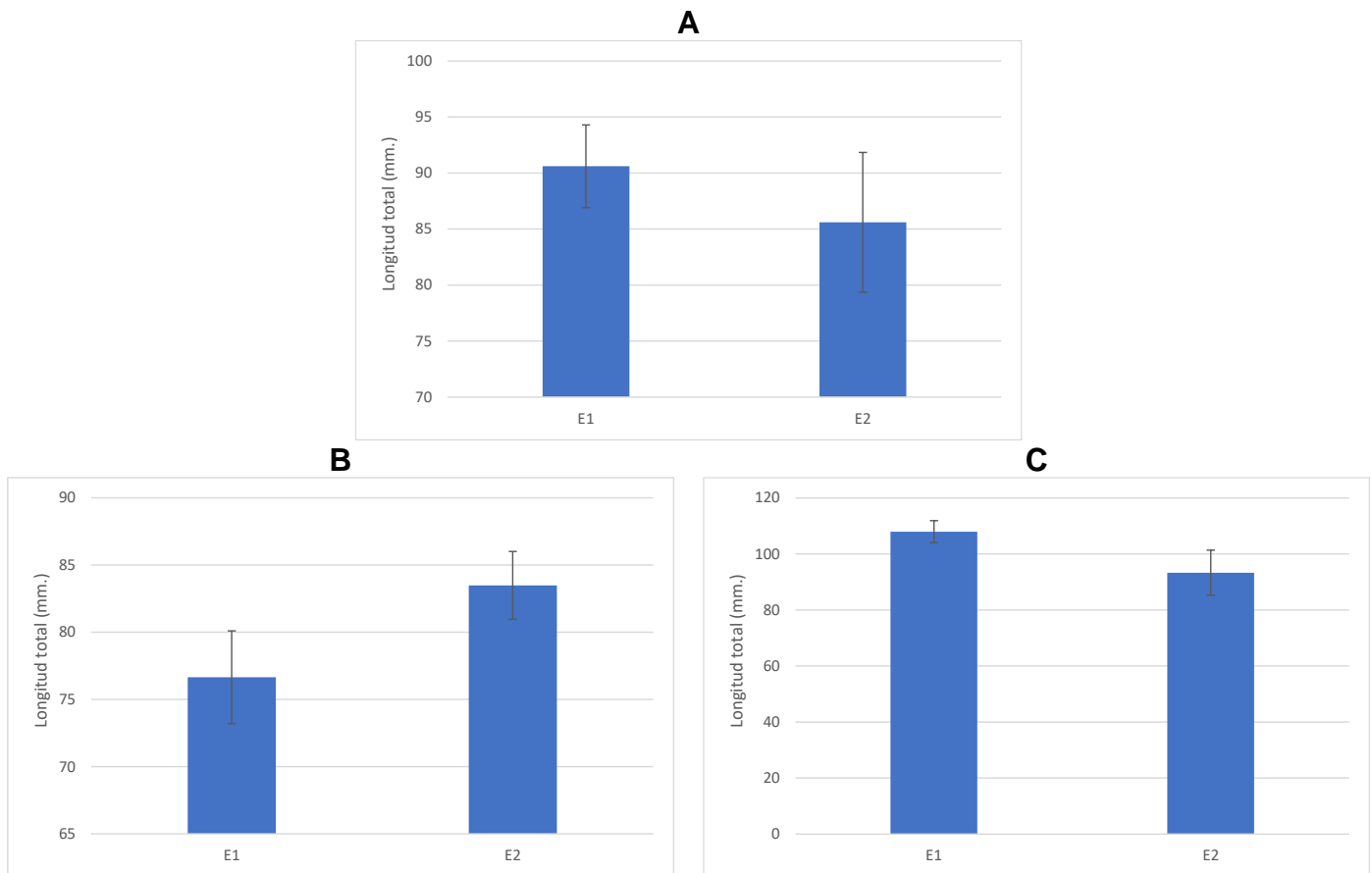
La longitud total de machos maduros presentó el mayor valor promedio en la E2, y la mayor variabilidad de datos en la E1 (**Figura 39**), y se presentaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre estaciones (Mann-Whitney = 0,0013;  $p < 0,05$ ). La longitud de machos inmaduros registró, para ambas estaciones, promedios similares con poca variabilidad (**Figura 39**), y no se contó con suficientes organismos en este muestreo, para la aplicación de pruebas estadísticas posteriores.



**Figura 39:** Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 1.

### 9.3.3.3.2 Muestreo 2

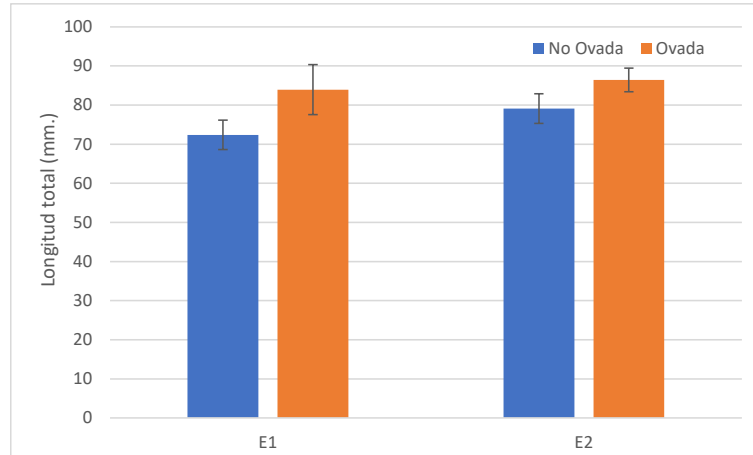
El mayor promedio de longitud total en este muestreo para sexos combinados se obtuvo para E1, con  $90,60 \pm 3,6$  mm (**Figura 40A**), pero no se registraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud total entre estaciones (Mann-Whitney = 0,93;  $p > 0,05$ ); esta misma situación se registró en el caso de la longitud total de machos (**Figura 40C**), donde tampoco se registraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable (Mann-Whitney = 0,59;  $p > 0,05$ ). En el caso de las hembras, la E2 presentó el mayor promedio de longitud total, con  $83,49 \pm 2,5$  mm, y la mayor variabilidad en los datos en la E1 (**Figura 40B**), sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones (Mann-Whitney = 0,23;  $p > 0,05$ ).



**Figura 40:** Promedio de tallas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

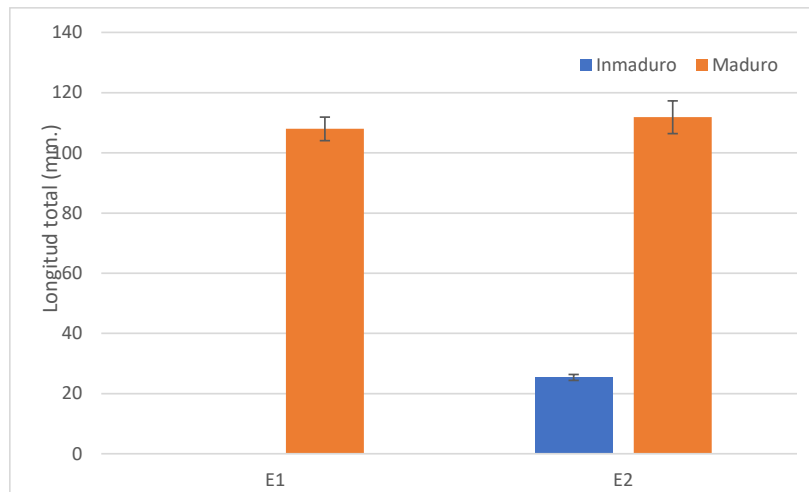
La longitud total de hembras ovadas tuvo el mayor valor promedio en E2, siendo un valor cercano al obtenido en E1 (**Figura 41**), por ende, no se presentaron diferencias en esta variable (Mann-Whitney=1;  $p > 0,05$ ). El mayor valor promedio de longitud total de hembras no ovadas se presentó en la E2, y, como en el caso anterior, comprende un valor cercano al obtenido en E1

(Figura 41), por lo tanto, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones (Mann-Whitney = 0,22;  $p > 0,05$ ).



**Figura 41:** Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2.

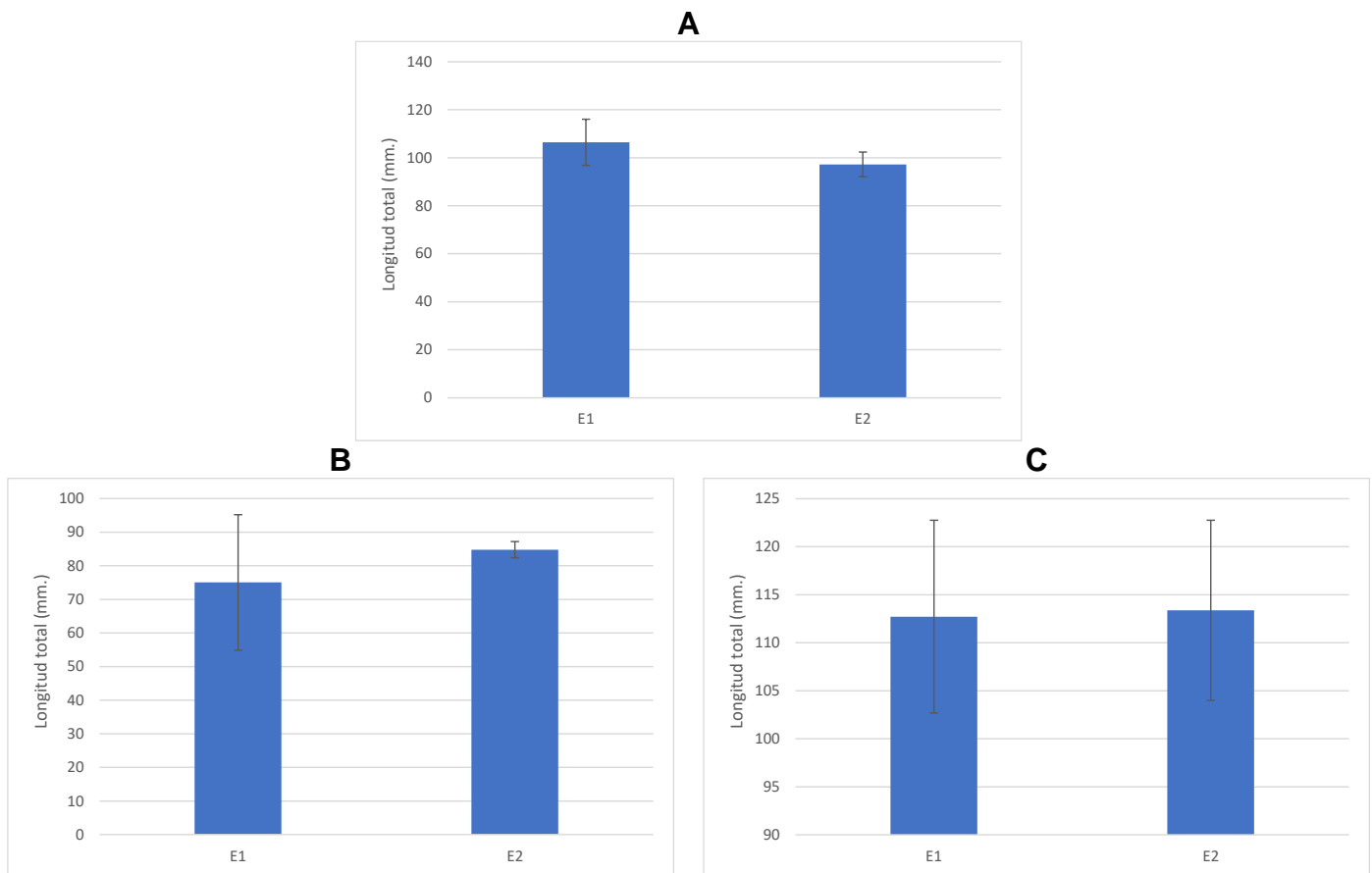
En el caso de los machos maduros, se registró el mayor promedio de longitud para E2, con un valor de  $111,84 \pm 5,4$  mm (Figura 42), y no presentaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre E1 y E2 (Mann-Whitney = 0,31;  $p > 0,05$ ). La captura de machos inmaduros solo se presentó en E2 con un valor promedio de  $25,38 \pm 0,99$  mm (Figura 42).



**Figura 42:** Promedio de tallas de machos inmaduros y maduros de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 2.

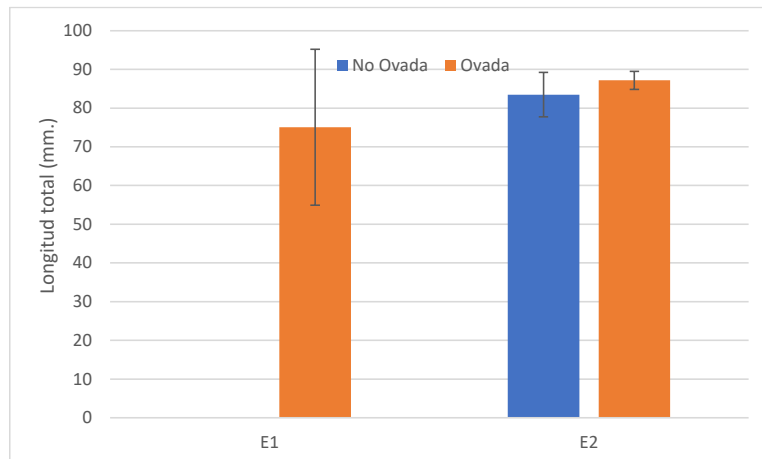
### 9.3.3.3 Muestreo 3

Para este muestreo, se presentó el mayor valor promedio para la longitud total de sexos combinados en la E1, con un valor de  $106,43 \pm 9,6$  mm, siendo esta la estación con mayor variabilidad (**Figura 43A**), pero no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre estaciones (Mann-Whitney = 0,13;  $p > 0,05$ ). Para la longitud total de hembras, se registró el mayor valor promedio en E2 con  $84,7 \pm 2,4$  (**Figura 43B**), pero debido a la falta de datos en este muestreo, no fue posible la aplicación de ninguna prueba estadística. En este muestreo solo se obtuvo la captura de machos maduros, y se obtuvo que E2 presenta el mayor valor promedio de longitud total con  $113,38 \pm 9,3$ , siendo ligeramente mayor al registrado en E1 (**Figura 43C**), no obstante, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones (Mann-Whitney = 0,85;  $p > 0,05$ ).



**Figura 43:** Promedio de tallas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 3: A) Sexos combinados; B) Hembras; C) Machos.

Las hembras ovadas, presentaron el mayor valor promedio de talla en la E2, siendo E1 la estación con mayor variabilidad (**Figura 44**). En este muestreo solo se capturaron hembras no ovadas para E2, con un valor promedio de  $83,46 \pm 5,7$  mm (**Figura 44**).



**Figura 44:** Promedio de tallas de hembras ovadas y no ovadas de *M. acanthurus* en las distintas estaciones, para el muestreo 3.

#### 9.3.3.4

#### Correlación con variables ambientales

A partir de los resultados obtenidos en el coeficiente de correlación por rangos de Spearman, se pudo evidenciar, que no existe una correlación en las tallas de hembras o machos con respecto a cualquiera de las variables fisicoquímicas registradas (Anexo 12).

### 9.4. Capturas de otras especies del género *Macrobrachium*

#### 9.4.1 *Macrobrachium olfersii*

Para esta especie se capturaron un total de 11 organismos de los cuales el 63,6% fueron machos y el 36,3% hembras. En la estación 1 se presentó el mayor número de capturas con un 81,81% total de captura. Las tallas de los ejemplares capturados oscilaron entre los 7,7 y 17,4 mm. Debido a que la cantidad de organismos capturados para esta especie no fue tan significativa, no es posible la aplicación de pruebas estadísticas para el análisis de los datos.

#### **9.4.2 *Macrobrachium carcinus***

Se capturaron solamente 3 ejemplares de esta especie durante el estudio realizado, y la totalidad de ellos en la E2, de los cuales 2 fueron hembras y 1 macho. La escasez de datos para esta especie no permitió la realización de pruebas estadísticas.

## 9. Discusión

### 10.1 Variables fisicoquímicas del agua

En el caso específico de la Ciénaga del Totumo, las compuertas han sido un factor importante para limitar la mezcla de agua dulce y salada, debido a que el intercambio de agua dulce con el mar no se está efectuando actualmente, impidiendo que las aguas marinas se mezclen directamente con las aguas continentales, por lo que el cuerpo de agua ha adquirido condiciones completamente dulceacuícolas (Ballesteros y Gonzáles, 2010). En consecuencia, la nula variabilidad en la salinidad en el área de muestreo se debe a la influencia de la barrera que separa el agua dulce y salada, y, por lo tanto, mantiene la salinidad relativamente estable en el tiempo. Es importante mencionar que, aunque la barrera puede limitar la mezcla de agua dulce y salada, se debe tener en cuenta que la variabilidad en la salinidad en un estuario puede ser compleja y dinámica, y que la comprensión de este tipo de ecosistemas requiere un enfoque integrado que considere múltiples factores y procesos como: las mareas, las lluvias y la evaporación (Kjerfve, 1994). Sin embargo, en el caso de la zona de muestreo, es posible que estos factores no hayan tenido una influencia significativa en la variabilidad de la salinidad, ya que el efecto de las mareas se ve limitado por la presencia de las compuertas que no permiten el ingreso de las aguas marinas.

Durante el estudio, en la ciénaga se observó un leve incremento en la temperatura superficial del agua a lo largo del tiempo. Esto pudo haber estado influenciado en mayor parte por los vientos alisios que transportan aire cálido y húmedo desde el mar hacia la superficie terrestre, lo que produce un aumento de las temperaturas en la costa caribeña de Colombia (Ardila, 2017). Por su parte, durante la época de lluvias se pueden presentar cambios en la temperatura, debido, igualmente, a la influencia de los vientos alisios que transportan aire cálido y húmedo desde el mar hacia la superficie terrestre. Además, en esta época del año, es común que se presenten días con cielos despejados, lo que puede generar un mayor calentamiento de la superficie terrestre debido a la radiación solar directa (Ardila, 2017). También se debe tener en cuenta que la temperatura superficial del agua puede ser influenciada por factores locales, como la presencia de fuentes de calor cercanas al lugar de muestreo, como, por ejemplo, la actividad humana en las cercanías o la presencia de corrientes cálidas provenientes de otras zonas (Padilla et al., 2013).

Por su parte, los valores de pH observados en el agua se encuentran un poco por debajo de lo reportado para ambientes similares en Colombia (Saldarriaga



et al., 2022); sin embargo, existen varios factores que pueden explicar por qué se observaron tales valores, donde uno de los principales puede ser el ciclo diurno y nocturno de la fotosíntesis y respiración por parte de las comunidades acuáticas presentes en la ciénaga. En este sentido, los muestreos en el estudio fueron realizados durante horas de la noche, momento en el cual la actividad fotosintética disminuye, y por ende, la producción de oxígeno, y se incrementa la respiración de los organismos acuáticos generando una mayor acumulación de CO<sub>2</sub>, que al entrar en contacto con el agua forma ácido carbónico, ocasionando una disminución evidente en el pH (Reinoso et al., 2016).

La variabilidad en los valores de oxígeno disuelto puede deberse a diversos factores, como la temperatura del agua, la actividad biológica, el nivel de turbulencia y la presencia de plantas acuáticas (Mendelssohn et al., 1999). En este sentido, es pertinente aclarar que el período en el cual se realizó el estudio se caracteriza por la presencia de fuertes vientos en toda la costa norte de Colombia, debido a la estacionalidad de los vientos Alisios del noreste, que generan una gran turbulencia en las aguas superficiales promoviendo el paso de oxígeno de la atmósfera hacia el agua (Brandt et al., 2006 ), por lo que todos los valores de OD durante el estudio estuvieron por encima de 2 ml/L que corresponde a aguas bien oxigenadas (Jena et al., 2017).

En términos generales, los parámetros fisicoquímicos registrados en el estudio no presentaron mayor variabilidad temporal o espacial, ni siquiera en el caso de la concentración de oxígeno disuelto, razón por la cual no fue posible establecer ningún tipo de correlación con la abundancia ni con las tallas de los organismos bajo estudio. Esta situación no indica que dichos parámetros no presenten incidencias en las variables biológicas registradas en la presente investigación, sino simplemente que no se tuvo un alcance suficiente para evidenciar dichas variaciones, por lo que en estudios posteriores se debe ampliar el alcance tanto espacial como temporal de los registros, a fin de poder integrar estos datos en los análisis.

## **10.2 Especies identificadas**

De todas las especies capturadas, únicamente se tenían reportes previos de *M. acanthurus* y *M. carcinus* en la Ciénaga del Totumo, lo cual probablemente se asocia a la importancia económica que adquieren estas especies en el área (Zarza et al., 2014). Sin embargo, en el caso de *M. offersii*, se puede considerar el primer registro oficial de esta especie en la Ciénaga del Totumo, ya que, por su reducido tamaño, esta especie no presenta importancia económica local,

por lo que no ha sido registrada en estadísticas pesqueras al interior del cuerpo de agua (Grupo Acartia, 2013 y Zarza et al., 2014).

Con respecto a la abundancia de especies, en un principio se contemplaba la posibilidad de encontrar una captura similar entre las especies *M. acanthurus* y *M. carcinus*, incluso con posibilidad de que la última tuviera mayores valores, debido a que los registros de estas especies en la ciénaga muestran una mayor captura de *M. carcinus* (Grupo Acartia, 2013; Zarza et al., 2014). No obstante, en esta antigua zona intermareal de la Ciénaga del Totumo se pudo evidenciar el predominio marcado de *M. acanthurus* sobre las demás especies, en las dos estaciones y a lo largo de todo el período de estudio, lo cual se debe, principalmente, a que el área seleccionada para el desarrollo de la investigación abarcaba exclusivamente la zona de influencia mareal, y se reconoce que existe una ubicación preferencial de las especies según la zona de la cuenca (March et al., 2002). En este contexto, Quiroz et al. (2016) encontraron una mayor abundancia de *M. acanthurus* en las partes bajas de la cuenca del río Sinú, principalmente en cercanías de las aguas marinas, y *M. olfersii* se registró en zonas más altas, mientras que *M. carcinus*, si bien también se presentó en zonas bajas y altas, presentó una mayor abundancia en los cuerpos de agua asociados a la parte media de la cuenca. Por su parte, *M. acanthurus* exhibe una tendencia marcada a acercarse a zonas intermareales en lagunas costeras, debido a la clara relación con la salinidad del medio, lo cual se encuentra asociado a aspectos reproductivos, ya que las hembras ovadas de esta especie migran a las zonas más bajas, a fin de liberar sus larvas más cerca de aguas salobres (Cruz-Sánchez et al., 2018).

### **10.3 Especie *M. acanthurus***

#### **10.3.1 Aspectos reproductivos**

La alta presencia de hembras ovadas de *M. acanthurus*, en la antigua zona de influencia mareal en la Ciénaga del Totumo, evidencia la alta dependencia de la especie por el agua salada para completar su ciclo de vida (Bauer, 2011a, 2011b). Cabe resaltar que en algunas especies los huevos son incubados y liberados río arriba, siendo transportados dentro del flujo de agua en dirección al mar, mientras en otras especies, como es el caso de *M. acanthurus*, las hembras migran a las zonas bajas, llevando la masa de los huevos más cerca a los estuarios (Bauer, 2011b).

Es importante tener en cuenta que la proporción de machos y hembras en poblaciones de crustáceos puede variar a lo largo del tiempo y del espacio, y

que la temporada reproductiva puede influir significativamente en esta relación. Según Charniaux-Cotton (1979), en la mayoría de las especies de crustáceos decápodos, la proporción de sexos tiende a ser equilibrada durante el período no reproductivo, pero puede fluctuar ampliamente durante la temporada reproductiva, con una mayor proporción de machos en algunos casos.

Una situación particular en el área de estudio fue la presencia de un mayor porcentaje de machos que de hembras, lo cual se presentó en las dos estaciones y a lo largo de todo el estudio. Esta particularidad se asocia a la época en la que se ejecutaron los muestreos, ya que en otros ambientes costeros del Caribe colombiano, se ha registrado la presencia de mayor número de hembras durante la época de lluvias mayores, cuando se presenta el pico reproductivo de la especie (Zarza, 2004), pero en el presente estudio no se tiene representatividad de dicha época, sino simplemente del período seco y de lluvias menores; sin embargo, con el incremento en las precipitaciones en el M3, durante la época de lluvias menores, el porcentaje de hembras aumentó considerablemente, lo que podría sustentar la relación entre dicha variable con la abundancia de hembras.

Espacialmente, Albertoni et al. (2002) indican que las hembras se encuentran en mayor proporción cerca del océano, mientras que los machos se presentan en mayor número en las regiones internas en medio de macrófitas acuáticas, lo que sugiere que la cópula tiene lugar en esta zona, y que posteriormente, las hembras migran a las zonas bajas de la cuenca para la liberación de larvas. En este sentido, si bien el área de estudio se encuentra cerca de la zona de contacto con las aguas marinas, la simple presencia de las compuertas y la imposibilidad de ingreso de aguas marinas con las mareas, hace que se comporte como un ambiente exclusivamente dulceacuícola, donde los machos pueden seguir en una mayor distancia a las hembras en su migración.

En síntesis, la zona de estudio se seleccionó específicamente por su importancia para la reproducción de las especies de *Macrobrachium*, por lo que la proporción de machos y hembras podría estar influenciada por la etapa del ciclo de vida en la que se encontraban los organismos recolectados en el momento de los muestreos. Según Zarza (2004), en el caso de *M. acanthurus*, los adultos migran hacia las zonas estuarinas para reproducirse durante los meses de lluvias mayores en la costa del Caribe colombiano (Agosto a Noviembre), lo que se sugiere que los muestreos realizados aún no capturaron la totalidad de la población reproductiva. En razón a lo anterior, aunque no se puede afirmar la razón exacta de la mayor abundancia de machos que de hembras en las estaciones y muestreos realizados, es posible que factores como la estacionalidad y la etapa del ciclo de vida de los organismos estén

influyendo en esta proporción. Sería necesario realizar más estudios para confirmar estas hipótesis.

### 10.3.2 Abundancia

Existen varios factores que pueden incidir en la abundancia de *M. acanthurus* en diferentes zonas dentro de un cuerpo de agua, como son: la disponibilidad de alimento, la calidad del agua, la temperatura y la cercanía al mar. En estudios previos, se ha demostrado que la cercanía al mar puede influir en la abundancia de esta especie, debido a sus migraciones hacia áreas estuarinas para completar su ciclo de vida (Cruz-López et al., 2018; López-Hernández et al., 2021), por lo que la abundancia general de *M. acanthurus* podría disminuir significativamente en las áreas más alejadas del mar (Cruz-López et al., 2018). En este sentido, en el presente estudio la E1 se ubicó en posición más cercana al mar que la estación E2, por lo que es posible que esto haya influenciado en la mayor abundancia registrada en la primera estación, según lo evidenciado por los anteriores autores.

En el ámbito temporal, se observó que la mayor abundancia de *M. acanthurus* se registró en el segundo muestreo, el cual se realizó en el mes de abril en plena época seca, y las pruebas estadísticas ratificaron que este valor fue significativamente mayor que en los otros muestreos. Dichas diferencias posiblemente se deben a varios factores, tales como la variabilidad natural de la población, las condiciones ambientales específicas en el momento del muestreo, entre otros; no obstante, el estudio no ofrece una explicación clara para esta mayor abundancia en M2, pero se considera que este muestreo fue en el que se presentaron mejores condiciones para la captura de organismos, lo que pudo facilitar la obtención del material biológico para su análisis en laboratorio, pero, a su vez, pudo brindar cierto sesgo a la información de abundancia. Para justificar lo anterior, se tiene que el M1, realizado en el mes de marzo, fue en el que se presentaron los vientos más fuertes en la zona durante los muestreos (Anexo 13), lo que ocasionaba movimientos de la vegetación flotante presente en las orillas de las estaciones de muestreo, y a partir del M3 (mayo) se incrementaron sustancialmente las precipitaciones locales (Anexo 14), al nivel de que en el M4 (junio) se perdieron más de la mitad de las nasas al ser arrastradas por la corriente.

Es difícil determinar con certeza las razones por las cuales se registró una mayor abundancia de hembras no ovadas que ovadas en la E1, pero se considera que esto está relacionado con la distribución espacial de los

organismos en relación a su ciclo reproductivo. En este sentido, las hembras presentes en la E1, que se encuentra en posición adyacente a la zona de contacto con el mar, tienen una mayor probabilidad de haber liberado recientemente sus larvas, ya que precisamente esta zona es su destino durante la migración reproductiva, y por eso, ya no portan huevos en sus pleópodos; mientras que en la E2, que se ubicó en una posición más alejada del mar, las hembras aún se encuentran en plena migración reproductiva, lo que explicaría la mayor abundancia de hembras ovadas en esa estación, tal como fue evidenciado por Zarza (2004) en un ambiente similar. Esta situación también se sustenta en el hecho de que la incubación de los huevos toma varias semanas en las especies del género *Macrobrachium* (Graziani et al., 1993), por lo que el primer desove de la hembra transcurre durante la migración reproductiva en la parte media de la cuenca del sistema fluvial; una vez alcanza la parte baja, en cercanías de las aguas marinas, se produce la liberación de las larvas, por lo que la hembra pierde los huevos y se alista para un nuevo desove, ya que los puede tener hasta cuatro eventos de desove con el espermatóforo de un solo macho (Cruz-Sánchez et al., 2018); lo anterior podría generar la percepción de que esto incrementaría la proporción de hembras ovadas también en las partes bajas, pero en especies cercanas, como es el caso de *M. carcinus*, el período en el cual la hembra porta los huevos es de 19 días en promedio, mientras que el lapso requerido para generar un nuevo desove es de cerca de 42 días (Graziani et al., 1993), por lo que la probabilidad de observar una misma hembra grávida es apenas de cerca del 30%, por lo que en mayor medida se observará sin sus huevos en los pleópodos.

Con referencia a los machos, es evidente que la gran mayoría de los ejemplares capturados se encontraban maduros sexualmente (más del 85%), lo que también soporta que la zona es un área reproductiva para la especie. Sin embargo, estas zonas en cercanías con las aguas marinas se convierten en zonas de permanencia temporal para dos porciones distintas de la población de *M. acanthurus*: 1) Ejemplares adultos en etapa reproductiva, y 2) Ejemplares juveniles tempranos que se presentan realizando la migración de retorno desde las aguas marinas o estuarinas, hacia las partes altas de los ríos (Zarza, 2004). Esto podría generar confusión de por qué no se presentaron más ejemplares juveniles en las capturas, pero es de tener en cuenta que los individuos en dichos estadios registrados por Zarza (2004), y que se encontraban migrando en la zona de contacto con el mar eran extremadamente pequeños (10 a 15 mm), por lo que no podrían ser capturados por las nasas implementadas en el estudio.

### **10.3.3 Tallas**

No se evidenció una variación espacio-temporal en las tallas de *M. acanthurus* en el caso de sexos combinados, ni de las hembras, pero sí para los machos,

quienes manifestaron un incremento en su talla en el tiempo, lo que generó diferencias en la talla media entre el M1 y el M3. Esta situación puede relacionarse con la llegada de la época de lluvias menores en el mes de mayo (M3), cuando los machos de mayor tamaño se pueden estar desplazando en mayor medida hacia la zona de estudio para copular con las hembras; un comportamiento similar fue evidenciado por Zarza (2004), donde la talla de los machos se incrementó en el tiempo hasta un máximo coincidente con el pico reproductivo de la especie en la época de lluvias mayores. No obstante, es interesante notar que en la E1 los machos presentaron un comportamiento tendiente al incremento de su talla en el tiempo, mientras que en la E2 la tendencia fue lo contrario, lo cual también puede estar relacionado con la migración de los machos en el tiempo, que para el M1 tenderían a estar más ubicados en la E2, ya que en época seca tienden a estar en las zonas más internas (según lo reportado por Albertoni et al., 2002), pero para el M3, con el inicio de las lluvias menores y coincidiendo con un pico reproductivo menor, estos machos de mayor talla migran persiguiendo a las hembras hacia la E1, que en la Ciénaga del Totumo sigue manteniendo condiciones dulceacuícolas debido a la presencia de las compuertas, lo que fomenta este desplazamiento de los machos mayor a lo convencional en un sistema interconectado con el mar.

Por su parte, era de esperarse que en todos los muestreos y estaciones en los cuales se capturaron machos de *M. acanthurus*, se presentaran diferencias en las tallas entre los ejemplares maduros e inmaduros, lo cual tiene una justificación en la biología de la especie y en su esquema de crecimiento general, por lo que se ha establecido una talla mínima de madurez en los 11,85 mm de longitud del cefalotórax para separar a los ejemplares inmaduros, que aún no alcanzan dicha talla, de aquellos maduros que están por encima (Ríos et al., 2021).

En el caso de las hembras, no se presentó un esquema de distribución espacio-temporal, o al menos una tendencia evidente, entre las hembras ovadas y no ovadas. Esta situación sugiere que la totalidad de las hembras maduras, independientemente de las tallas que presenten, realizan la migración reproductiva, y simplemente van desovando en la medida de avance de su aptitud biológica. Al momento de desovar, estas hembras de *M. acanthurus* pasan a un nuevo período de maduración gonadal hasta que nuevamente quedan grávidas, situación que puede presentarse hasta cuatro veces seguidas, pero sin que se presenten diferencias en el lapso de maduración asociado al tamaño de la hembra (Cruz-Sánchez et al., 2018), razón por la cual no se evidenció ningún tipo de tendencia en las tallas de hembras ovadas con relación a las no ovadas.

## 10. Conclusiones

La salinidad no presentó variabilidad en la Ciénaga del Totumo, lo cual se debe a la presencia de las compuertas que evitan el ingreso de agua marina, lo que genera condiciones dulceacuícolas al interior del cuerpo de agua

No se logró establecer una relación entre las condiciones fisicoquímicas del agua y las variables biológicas registradas en el estudio, debido a la poca variabilidad en los parámetros fisicoquímicos registrados.

Hasta la fecha actual, se registran para el género *Macrobrachium*, en la Ciénaga del Totumo las especies: *M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. olfersii*, siendo esta última, primera vez registrada para la Ciénaga del Totumo.

La especie *M. acanthurus* exhibe una mayor preferencia por la antigua zona de influencia mareal que sus congéneres, ya que presentó un predominio marcado, en términos de abundancia y estacionalidad, sobre las demás especies del género *Macrobrachium* registradas en la Ciénaga del Totumo.

La proporción de hembras y machos de *M. acanthurus*, está influenciada por la época climática, mostrando un mayor porcentaje de machos para los meses de sequía (marzo y abril) y un aumento en el porcentaje de hembras para el mes de lluvias menores incluido en los muestreos (mayo).

La abundancia de *M. acanthurus* está estrechamente relacionada a la cercanía al mar, por lo que durante todo el periodo de estudio se evidenció un mayor promedio de abundancia en la E1 que se encuentra más cercana a las aguas marinas.

La abundancia promedio de hembras de *M. acanthurus* se incrementa al inicio de lluvias menores (mayo) en el área de estudio, con un mayor porcentaje de hembras ovadas, lo que determina el inicio de un pico reproductivo asociado a esta época.

Los machos de la especie *M. acanthurus* se pueden encontrar en gran abundancia en cercanías de las aguas marinas aún en época de sequía, debido a que las compuertas mantienen unas condiciones dulceacuícolas en la antigua zona de influencia mareal, promoviendo la presencia de los machos en estas ubicaciones.

En el ámbito temporal, los machos de *M. acanthurus* tienden a presentar mayores tallas durante la época de lluvias menores (mayo), que se asocia a motivos reproductivos, ya que los organismos más grandes se desplazan hacia las zonas bajas en busca de hembras para copular.

Las tallas medias de las hembras de *M. acanthurus* no presentan una tendencia espacio-temporal definida, ya que todas las hembras maduras realizan la migración reproductiva hacia las zonas bajas, es decir, a la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, de manera independiente de su tamaño y estado gravidez.



## 11.Recomendaciones

Se considera importante, realizar un estudio más minucioso con referencia a las variables fisicoquímicas, y en caso necesario, realizar un mayor número de registros para estas variables de manera espacio-temporal, para así determinar si existe una variabilidad marcada en estos valores y una correlación con la abundancia y tallas de los camarones del género *Macrobrachium*.

Dentro del esquema espacial tomado en consideración en este estudio, se ha evidenciado la presencia predominante de *M. acanthurus* sobre las demás especies en la antigua zona intermareal de la Ciénaga del Totumo; en consecuencia, se recomienda que en estudios posteriores se abarque una mayor área dentro de este cuerpo de agua, para estimar la distribución y valores de abundancia más significativos para las especies *M. carcinus* y *M. olfersii*, pues se considera que en el presente estudio tuvieron poca representatividad dentro de las muestras.

La mayor proporción de machos que de hembras observada en el estudio se asocia a la época de ejecución de los muestreos, por lo que en estudios posteriores se sugiere abarcar un mayor tiempo de muestreo, que contemple todas las épocas climáticas del año, para de esta forma poder evidenciar en que meses se presenta el pico reproductivo para *M. acanthurus* y si su proporción de sexos presenta una mayor variabilidad temporal.

## 12. Bibliografía

- Abele, L., & Kim, W. (1989). The decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithson. Contr. Zool.* 482, 1-50.
- Albertoni, E., Palma, C. Esteves, F. (2002). Distribution and growth in adults of *Macrobrachium acanthurus* Weigmann (Decapoda, Palaemonidae) in tropical costal lagoon, Brazil. *Rev. Bra. Zool.* 20(1), 395-403.
- Alfaro, J. (2018). Diversidad, abundancia y distribución espacial de camarones de agua dulce de la subcuenca del río Pirrís-Parrita, vertiente del Pacífico, Costa Rica (tesis de licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas). Universidad Nacional, Costa Rica. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Marinos y Dulceacuícolas. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L. & Araya, M. (2010). Life history traits of *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae) in a tropical coastal stream in Costa Rica. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(3), 432-439.
- Ardila, N. (2017). Climatología de la región Caribe colombiana. *Boletín Científico CCCP*, 5(2), 1-16.
- Ballesteros, A.S. González, J.L. (2010). Ecosistema estuarino de la Ciénaga del Totumo: estudio socio-económico de los pescadores. Editorial Universitaria de La Costa EDUCOSTA. Barranquilla, Colombia. 93 p.
- Bauer, R. (2011a). Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, benefits evolutionary origins and an unusual case of amphidromy. In: A. Asakura. *New frontiers in crustacean biology. Proceedings of The Crustacean Society summer meeting.* 145-156.
- Bauer, R. (2011b). Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. II. Delivery of hatching larvae to the sea, return of juvenile upstream migration and human impacts. In: A. Asakura. *New frontiers in crustacean biology. Proceedings of The Crustacean Society summer meeting.* 157-168.
- Brandt, P., Bönisch, G., Funk, A., Huhn, O., Körtzinger, A. & Wallace, D. W. (2006). Circulation and water mass properties in the southern Caribbean Sea during August-September 2003. *Geophysical Research Letters*, 33(16). Pags
- Bennet, P. & Humphries, A. (1978). *Introducción a la ecología de campo.* Madrid. 326.

- Bird, E. (1994). Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. pp 9-39. En: Kjerfve, B. (Ed.). Coastal Lagoon processes. Elsevier Oceanography Series, 60. University of South Carolina, USA. 577 p.
- Bowles, D., Aziz, K. & Knight, C. (2000). *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. J. Crust. Biol. 20, 158-171.
- Campos, M. (2014). Crustáceos decápodos de agua dulce de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales.
- Casas, A., Tapias, J., De Bustamante, I., Iglesias, J., De Miguel, A. (2014). Guía metodológica para el uso de aguas regeneradas en riego y recarga de acuíferos. CONSOLIDER-TRAGUA. Recuperado de file:///D:/Mis%20Documentos/Descargas/Guia\_metodologica\_para\_el\_uso\_de\_aguas\_regeneradas.pdf
- Castillo, J. (2012). Determinación de la proporción sexual y su relación con la hora pico de desove de la anchoveta engraulis ringes (Jenyns, 1842) durante el periodo 2000-2009 en la región norte-centro del Perú. E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/323353231.pdf
- Cedeño, F. (1986). Práctica Dirigida, Licenciatura en Biología, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San José (Costa Rica). Contribución al conocimiento de los camarones de agua dulce de Costa Rica. Colección perteneciente al museo de zoología de la escuela de biología de la universidad de Costa Rica. Licenciatura en Biología.
- Charniaux-Cotton, H. (1979). Sex ratio in Crustacea Decapoda. Crustaceana, 37(2), 225-234.
- Ciencia y biología. (2016). La temperatura: Biomas y especies. Recuperado de https://cienciaybiologia.com/la-temperatura-biomas-y-especies/
- Collins, P, Giri, F. & Williner, V. (2006). Population dynamics of *Trichodactylus borellianus* (Crustacea, Decapoda, Brachyura) and interactions with the aquatic vegetation of the Paraná River (South America, Argentina). Ann limnol intj lim. 42(1), 19-25.
- Correa, I. (1991). Inventario de erosión y acreción litoral (1793-1990) entre Los Morros y Galerazamba. Departamento de Bolívar, Colombia. 11 AGID Report No.13: 15.
- Cruz-López, H., Arce-Ibarra, A., García-Guerrero, M. & Vega-Cendejas, M. (2018). Abundance and distribution of freshwater prawns in a tropical coastal lagoon: Influence of environmental factors. Estuaries and coasts, 41(5), 1427-1440.

- Cruz-Sánchez, J., Wakida-Kusunoki, A., Perera-García, M. y Brito-Pérez, R. (2018). Fecundidad del camarón de río *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae) en el río Palizada, Campeche, México. *Ciencia Pesquera* 26 (1): 37-43.
- Cushing, J. (1989). A competition model for size-structured species. *SIAM. J. Appl. Math.* 49, 838-358.
- Dimar-CIOH. Acá si se pone el nombre completo, no solo la sigla (2009). Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano. Tomo II. Dirección General Marítima – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Ed. DIMAR, Serie de Publicaciones Especiales CIOH Vol. 2. Cartagena de Indias, Colombia. 100p.
- Duarte, C., Marbà, N. & Holmer, M. (2005). Rapid domestication of marine species. *Science*, 307(5711), 1535-1535.
- Dueñas, P. R., Campos, N. H., & Quirós, J. (2006). Composición y cambios estacionales de las poblaciones de crustáceos decápodos del departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, 98.
- Dueñas, P. R., Campos, N. H., & Quirós, J. A. (2012). Los crustáceos decápodos del departamento de Córdoba, Colombia: Biodiversidad de la fauna de crustáceos decápodos en el Caribe colombiano. Editorial Académica Española.
- García-Guerrero, M., Felipe Becerril-Morales, F., Vega-Villasante, F. y Espinosa-Chaurand, L. (2013). Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41, 651-675.
- Guillet, R., 2008.- Global study of shrimp fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 475.
- Gonzalez-Alemán, N. y Mairena-Valdivia, A. (2018). Estudio Biométrico y ecológico del camarón de río (género *Macrobrachium*) en la parte baja de la cuenca del río Kukra. *Revista del Caribe Nicaragüense.* 74, 41-57.
- Granados-Berber, A. A. (1984). Aspectos reproductivos del camarón prieto *Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836 en la cuenca del Rio Gonzalez, Tabasco, Mexico Crustacea Decapoda Palaemonidae. In *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de Mexico* (Vol. 111, pp. 1-22).
- Grave, S., Cai, Y. & Anker, A. (2008). Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. 595, 287-293.
- Graziani, C., Chung, K. y De Donato, M. (1993). Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3): 657-665.
- Grupo Acartia. (2013). Evaluación de las características de captura en las faenas de pesca artesanal de las comunidades del área de influencia del bloque RC5 antes, durante y después de las actividades de perforación

exploratoria en el pozo Mapalé 1 (Caribe colombiano) 2012-2013. Informe Técnico Final para Equión Energía. 430 p.

- Hendrickx, M. (1995). Camarones. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter & V. H. Niem. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro oriental. 1, 417-537.
- Hernández-García, V., Gómez, J. D., García-Carreño, F., Mejía-Ladino, L. M. & Rodríguez-Valencia, J. A. (2021). Freshwater decapod crustaceans in Colombia: distribution, conservation status and priorities for research and conservation. *Biological Conservation*, 256, 109071.
- Graziani, C., Chung, K. y De Donato, M. (1993). Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 41 (3), 657-665.
- Hunte, W. (1978). The distribution of freshwater shrimps (Atyidae and Palaemonidae) in Jamaica. *Zool. J. Linnean Soc.* 2, 135-150.
- Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. (2011). Interpretación de la dinámica de la vegetación durante la época seca en la Ciénaga del Totumo (Piojó, Atlántico), a partir del cálculo del índice de vegetación normalizada (NDVI) y análisis multitemporal a imágenes Landsat 8 de los años 2014 a 2020. *Boletín Científico CIOH*, 40(2), 47-63. <https://doi.org/10.26640/22159045.2021.556>
- Jena, B., Sahu, S., Mohanty, S. & Patra, J. (2017). Seasonal variation of dissolved oxygen in the Bay of Bengal. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2): 329-332.
- Kent, G. (1995). Aquaculture and food security. Proceedings of the PACON Conference on Sustainable Aquaculture June, Honolulu, Hawaii, USA. Honolulu: Pacific Congress on Marine Science and Technology, 95: 11-14
- Kjerfve, B. (1994). Coastal Lagoons. pp 1-8. En: Kjerfve, B. (Ed.). Coastal Lagoon processes. Elsevier Oceanography Series, 60. University of South Carolina, USA. 577 p.
- Knudsen, M. (1901). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos). INVEMAR. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://observatorio.epacart.arena.gov.co/wp-content/uploads/2018/12/pub-0013-ManualdeTécnicasAnalíticasParalaDeterminacióndeParámetrosFisicoquímicosyContaminantesMarinosAguasSedimentosyOrganismos-pages-deleted-compressed.pdf
- Kramer, D., Evans, J. & Theodorou, M. (2010). Aerobic metabolism without oxygen: an overview. *Photosynthesis Research*, 105(2), 111-126.
- Lara, L., Wehrmann, I. (2011). Diversity, abundance and distribution of river shrimps (Decapoda, Caridea) in the largest river basin of Costa Rica, Central America. New frontiers in crustacean biology: proceeding of the TCS summer meeting, Tokyo. 197-211.

- López-Hernández, J., Contreras-Lozano, R. & Mariano-Melchor, S. (2021). Abundance, biomass, and diversity of freshwater prawns (*Macrobrachium acanthurus* and *Macrobrachium carcinus*) in coastal wetlands of Tabasco, Mexico. *Regional Studies in Marine Science*, 44, 101794.
- Loran, R. (2013). Aspectos poblacionales del langostino *Macrobrachium acanthurus* (Weigmann, 1836) en algunos lugares de la cuenca baja del río Papaloapan, Veracruz, México.
- Mantelatto, F. y Barbosa, L. (2005). Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, 17: 245-255.
- March, J., Pringle, C., Townsend, M. y Wilson, A. (2002). Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island. *Freshwater Biology* 47(3):377 – 390.
- Mejía-Ortíz, L., Álvarez, F., Román, R., Viccon-Pale, J. (2001). Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River, Veracruz, Mexico. *Crustaceana*. 74, 69-77.
- Mendelssohn, I., Sorrell, B. y Brix, H. (1999). The role of tidal marshes in the ecology of estuarine nekton. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 37, 163-220.
- Montoya, J. (2003). Freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* associated with roots of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) in the Orinoco Delta (Venezuela). *Caribbean Journal of Science*. 39: 155-159.
- New, M. 2009. Chapter 1. History and global status of freshwater prawn farming. In: M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'Abramo & M.N. Kutty (eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, New York, pp. 1-11.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2016). Pesca y acuicultura en Colombia. [https://www.oecd.org/colombia/Fisheries\\_Colombia\\_SPA\\_rev.pdf](https://www.oecd.org/colombia/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf).
- Padilla, L., Álvarez-León, R., Gallego-Fernández, J. y García-García, F. (2013). Influence of thermal stratification on the thermal behavior of a small reservoir. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (68), 45-56.
- Prah, H., Caicedo, C. y Ríos, R. (1984) Camarones Palaemonidos (Crustacea, Caridea, Palaemonidae) de agua dulce y salobre del Departamento del Valle del Cauca. *Cespedesia*, 13, 45–58.
- Pérez Ferro, D., López Peña, A., Carrillo Monterrosa, J., Landazábal Campo, E., Rodríguez Galvis, F. & Pinto Marroquín, M. (2011). Plan de manejo y ordenación del humedal Ciénaga del Totumo (Bolívar-Atlántico). Incoder.
- Pérez, D., Franco, A., Paramo, J. (2018). Composición y distribución de los crustáceos de profundidad capturados con nasas en el área marina del

departamento del Magdalena Caribe colombiano. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. 22(2), 132-143.

- Quirós-Rodríguez, J., Dueñas, R. Campos, N. (2010). Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart.) solms en dos complejos cenagosos del bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia. Rev Asoc Col Cienc. 22(1), 157.
- Quirós-Rodríguez, J., Ballestas, J., Pastor, K., Dueñas, P. (2015). Crustáceos decápodos de la cuenca del Río Sinú, Córdoba, Colombia. Acta Biol. Col. 21, 601-610.
- Rabanal, H. & Soesanto, V. (1985). The world fishery and culture of *Macrobrachium* and related prawn species. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-Scale Coastal Fisheries Development Project.
- Reinoso, C., Guevara, A. y Salgado, H. (2016). Análisis de los factores que influyen en la variación del pH en cuerpos de agua. Ecología Aplicada, 15(2), 103-109.
- Rios, D., Pantaleão, J. y Hirose, G. (2021). Occurrence of male morphotypes in the freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, 1836 (Decapoda, Palaemonidae), Invertebrate Reproduction & Development. 65:4, 268-278. 10.1080/07924259.2021.1980442
- Rodríguez, J. (2001). Ecología. Ediciones Pirámide. Madrid. 411 pp. Recuperado de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades111.pdf](https://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades111.pdf)
- Saldarriaga, J., Obando, P., Ávila, J., Garcés, O., Vivas, L. y García, M. (2022). Departamento de Bolívar. pp 74-85. En: INVEMAR. 2022. Análisis histórico 2001-2021 de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Paola Obando y Luisa Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – Redcam: Invemar, Minambiente, Coralina, Corpogujaira, Corpomag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpourabá, Codechocó, CVC, CRC y Corponariño. Informe técnico 2021. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 208 p.
- Sawyer, C. & McCarty, N. (1978). Chemistry for Environmental Engineering. McGrawHill Book Company.
- Triana, D. Campos, M. (2007). Nuevo registro de crustáceos, decápodos de agua dulce, (Trichodactylidae, Pseudothephusidae, Atidae, Palaemonidae), en la región de Acandí. Rev Acad Colomb Cien. 31, 425-434.
- Valencia, D. & Campos, M. (2004). Estudio taxonómico de las especies del género *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decápoda:Palaemonidae) en Colombia. Acta Biol Col. 9(2), 122-123

- Valencia, D. & Campos, M. (2007). Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa*. 1–44.
- Villalobos, F. (1982). Decápoda. Aquatic biota of México, Central America and west Indies. 215-239.
- Zarza, E. (2004). Abundancia y distribución del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) y del camarón de agua dulce *Macrobrachium acanthurus* (Weigmann, 1836) en la laguna de Navío Quebrado, Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos, costa Caribe colombiana. Trabajo de grado para obtener el título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia. pags
- Zarza, E., De la Hoz, J., Guzmán, K., Jaimes, L., Baquero, H. y Vargas, A. (2014). Catálogo de las especies capturadas en faenas de pesca artesanal en la costa norte del Departamento de Bolívar, Colombia. Grupo Acartia - Equión Energía. Cartagena de Indias, Colombia. 153 p.



### 13. Anexos

**Anexo 1:** Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de sexos combinados en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,5862	0,002299
M2	0,5862		0,01227
M3	0,002299	0,01227	

**Anexo 2:** Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de hembras totales en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,5429	0,01873
M2	0,5429		0,003083
M3	0,01873	0,003083	

**Anexo 3:** Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de Machos totales en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,3552	0,007704
M2	0,3552		0,08181
M3	0,007704	0,08181	

**Anexo 4:** Prueba post hoc de Dunn para la abundancia de hembras ovadas en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,7317	0,03971
M2	0,7317		0,01641
M3	0,03971	0,01641	

**Anexo 5:** Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos en muestreos.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,1029	0,008994
M2	0,1029		0,1463
M3	0,008994	0,1463	

**Anexo 6:** Prueba de Correlaciones de rangos de *Spearman* entre la abundancia y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de  $p < 0,05$ .

	T°	pH	OD
Abun. Hembras	-0,0606 (0,87)	0,33583 (0,37)	0,19888 (0,60)
Abun. Hembras NO ovadas	-0,15861 (0,68)	0,39014 (0,29)	0,010906 (0,97)
Abun. Hembras ovadas	0,089973 (0,81)	0,22365 (0,56)	0,45771 (0,21)
Abun. Machos	0,10027 (0,79)	0,5021 (0,16)	-0,0069737 (0,98)
Abun. Machos inmaduros	0,13203 (0,73)	0,76981 (0,15)	-0,10885 (0,78)
Abun. Machos maduros	0,082572 (0,83)	0,38163 (0,31)	0,023443 (0,95)

**Anexo 7:** Prueba de Correlaciones de rangos de *Spearman* entre la abundancia y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de  $p < 0,05$ .

	T°	pH	OD
Abun. Hembras	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
Abun. Hembras NO ovadas	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
Abun. Hembras ovadas	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
Abun. Machos	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
Abun. Machos inmaduros	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)
Abun. Machos maduros	0,5 (1)	0,5 (1)	0,5 (1)

**Anexo 8:** Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de sexos combinados en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,04522	0,006437
M2	0,04522		0,1171
M3	0,006437	0,1171	

**Anexo 9:** Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos en E1.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,00333	0,008637
M2	0,00333		0,5478
M3	0,008637	0,5478	

**Anexo 10:** Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de hembras no ovadas en E2.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,02411	0,01423
M2	0,02411		0,8445
M3	0,01423	0,8445	

**Anexo 11:** Prueba post hoc de Dunn para la longitud total de machos maduros en E2.

Dunn			
	M1	M2	M3
M1		0,00364	0,04525
M2	0,00364		0,4707
M3	0,04525	0,4707	

**Anexo 12:** Prueba de Correlaciones de rangos de Spearman entre las tallas y variables fisicoquímicas a nivel temporal con significancia estadística de  $p < 0,05$ .

	T°	pH	OD
Long. Total de Hembras	-0,085714 (0,91)	0,42857 (0,65)	-0,25714 (0,65)
Long. Total de Hembras de ovadas	0,71429 (0,11)	-0,25714 (0,33)	0,48571 (0,35)
Long. Total de Hembras de no ovadas	-0,4 (0,48)	0,6 (0,73)	-0,2 (0,73)
Long. Total de Machos	-0,31429 (0,56)	-0,37143 (0,71)	-0,2 (0,71)
Long. Total de Machos in maduros	-0,5 (1)	-0,5 (0,33)	-1 (0,33)
Long. Total de Machos maduros	-0,085714 (0,91)	-0,31429 (0,56)	-0,25714 (0,65)

**Anexo 13:** Variación temporal en la velocidad del viento durante el año 2022 en cercanías de la ciudad de Cartagena de Indias.

**Fuente:** Tomado de <https://windy.app/> (Consultado 15/03/2023).



**Anexo 14:** Variación temporal en el número de días de cada mes con presencia de precipitaciones durante el año 2022 en la ciudad de Cartagena de Indias.

**Fuente:** Tomado de <https://www.meteoblue.com/> (Consultado 15/03/2023)

