



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

**Estructura poblacional de *Macrobrachium* aff.
brasiliense en ríos de la cuenca alta del Napo:
influencia de factores ambientales y
estacionales**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: MIRKA ESTEFANÍA CHARPENTIER NARVÁEZ

TUTOR: MSc. RODRIGO EDUARDO ESPINOSA BARRERA

Napo – Ecuador

2024

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, MIRKA ESTEFANÍA CHARPENTIER NARVÁEZ, con documento de identidad N° 1719109793, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Ingeniería en Ecosistemas, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 27 de febrero de 2024



Mirka Estefanía Charpentier Narváez

1719109793

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, MIRKA ESTEFANÍA CHARPENTIER NARVÁEZ, con documento de identidad N° 1719109793, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *MACROBRACHIUM* AFF. *BRASILIENSE* EN LOS RÍOS DE LA CUENCA ALTA DEL NAPO: INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES Y ESTACIONALES, de conformidad con el Art.114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Tena, 27 de febrero de 2024



Mirka Estefanía Charpentier Narváez

1719109793

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular Titulado: Estructura poblacional de *Macrobrachium aff. brasiliense* en ríos de la cuenca alta del Napo: influencia de factores ambientales y estacionales, en la modalidad: artículo, fue realizado por: Mirka Estefanía Charpentier Narváez, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 27 de febrero de 2024



Rodrigo Eduardo Espinosa Barrera

C.I: 1707458079

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación. Este trabajo fue realizado bajo el permiso de recolecta científica MAATE-DBI-CM-2021-0177. Agradezco de manera especial a mi tutor, Rodrigo Espinosa, cuya orientación, apoyo y dedicación han sido fundamentales en cada etapa de este proyecto. Su mentoría ha sido una guía invaluable que ha enriquecido enormemente mi experiencia académica. Agradezco también a quienes fueron mis profesores durante toda mi formación académica, por su enseñanza y retroalimentación constructiva en cada etapa, cada uno ha sido una gran inspiración. También extendiendo mi gratitud a las personas que me colaboraron en las salidas de campo y colectas de mi investigación, Keyko Loza, Skarlet Yáñez, Natalia García, Pamela Baquero y Fátima Naveda, su colaboración y amistad fue un gran respaldo en este trabajo. Agradezco de igual forma a mis padres, Lenin Charpentier y Tamara Narváez, por su inquebrantable apoyo y amor, sin duda han sido el pilar más importante en todo este proceso, su paciencia, comprensión y aliento han sido la fuerza motriz detrás de mis logros. Por último me agradezco a mí por nunca rendirme y cumplir los retos a pesar de que muchas veces las circunstancias fueron difíciles. Cada uno ha dejado una huella en mi camino académico y personal, este logro no es solo mío, es de todos.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de estudio.....	5
Transectos y toma de datos	6
Colecta de individuos e identificación de individuos	6
Análisis de datos.....	7
RESULTADOS.....	9
DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Proporción de sexos (M: H), chi-cuadrado X^2 y probabilidad significativa por temporada de muestreo en la población muestreada.	11
Tabla 2.	Tabla de abundancia de individuos y tamaño de caparazón CL (mm) por categorías demográficas	12
Tabla 3.	Promedio de las variables ambientales y análisis NMDS de su relación sobre la estructura de la población.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio y ubicación de 15 estaciones de muestreo de <i>Macrobrachium</i> en la cuenca alta del río Napo, Ecuador.....	5
Figura 2.	Abundancia relativa de camarones hembras, machos e indeterminados de la especie <i>Macrobrachium</i> aff. <i>brasiliense</i> en la temporada seca y lluviosa	10
Figura 3.	Abundancia relativa de camarones de la especie <i>Macrobrachium</i> aff. <i>brasiliense</i> por estación de muestreo, contrastada con el Índice de Calidad Ambiental (ICA).	11
Figura 4.	Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) y clases demográficas (Hjuv: hembra juvenil, HA: hembra adulta, Mjuv: macho juvenil, MA: macho adulto, Indet: indeterminados) en la temporada seca	13
Figura 5.	Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) y clases demográficas (Hjuv: hembra juvenil, HA: hembra adulta, Mjuv: macho juvenil, MA: macho adulto, Indet: indeterminados) en la temporada lluviosa.....	14
Figura 6.	Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) según sexo (hembras, machos).....	15
Figura 7.	Proporción de sexos como porcentaje de machos en relación a la clase de tamaño CL mm.....	15
Figura 8.	Escalamiento no métrico multi-dimensional (NMDS) que evalúa la variación estacional y variables ambientales sobre la estructura de la población de <i>Macrobrachium</i> aff. <i>brasiliense</i>	18

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Ubicación geográfica de las 15 estaciones de muestreo.
- Anexo 2.** Análisis estadístico sobre la abundancia de camarones entre temporadas
- Anexo 3.** Análisis estadístico sobre la correlación entre el ICA y la abundancia relativa de camarones
- Anexo 4.** Resultados del análisis NMDS y análisis unidireccional de similitud (ANOSIM R, $\alpha = 0.05$) de la variación estacional sobre la estructura poblacional en cuanto a categorías demográficas, sexo y clase de tamaño del caparazón

RESUMEN

El presente estudio describe la estructura poblacional del camarón de agua dulce *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en varios ríos de la cuenca alta del río Napo, en Ecuador. Su objetivo fue determinar si dicha estructura está influenciada por la estacionalidad y los factores abióticos: temperatura, pH, oxígeno disuelto, total de sólidos totales disueltos, conductividad, caudal e índices de calidad ambiental. Se enfocó en analizar la variación según categorías demográficas, proporción de sexos y el tamaño del cefalotórax. Durante la temporada seca y lluviosa, se colectaron muestras en 15 estaciones, capturando un total 560 camarones: 264 hembras, 131 machos y 165 de sexo indeterminado. Los machos predominaron en las clases de tamaño más grandes, mientras que las hembras fueron más abundantes en las clases pequeñas. La proporción de sexos se inclinó significativamente a favor de las hembras (1:2.02; $X^2=44.8$; $p < 0.001$). La distribución de tallas reveló una distribución unimodal con picos en la clase de tamaño del caparazón 5.1 - 7.0 mm para ambos sexos. La longitud promedio del caparazón de hembras y machos fue de 8.0 ± 2.7 mm y 10.0 ± 4.1 mm respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre ambos ni entre temporadas. Aunque la estructura poblacional no mostró cambios significativos entre las temporadas seca y lluviosa, sí se vio influenciada por el pH, conductividad, índice de presión antropogénica, índice de hábitat fluvial y calidad de la ribera. Los hallazgos de esta investigación enriquecen el entendimiento de los aspectos poblacionales de *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en la Amazonía ecuatoriana.

PALABRAS CLAVES: *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, estructura poblacional, río Napo, estacionalidad, factores abióticos.

ABSTRACT

The present study describes the population structure of freshwater shrimp *Macrobrachium* aff. *brasiliense* in various rivers of the upper Napo River basin, in Ecuador. It aimed to analyze whether seasonality and environmental factors: temperature, pH, dissolved oxygen, total dissolved solids, conductivity, discharge, environmental quality indices influence this structure, emphasizing on the assessment of the abundance variation by demographic categories, sex ratio, and carapace size. Collections were conducted at 15 stations both in the dry season between November and December 2022 and in the rainy season between June and July 2023. A total of 560 shrimps were collected, including 264 females, 131 males, and 165 of indeterminate sex. Male shrimp predominated in larger carapace size classes, while females were more abundant in smaller classes. The sex ratio significantly favored females (1:2.02; $\chi^2 = 44.8$; $p < 0.001$). Frequency distribution of specimen sizes revealed a unimodal distribution with peaks in the size class of 5.1 - 7.0 mm for both females and males. The average size of carapace length for females and males was 8.0 ± 2.7 mm and 10.0 ± 4.1 mm respectively, with no significant differences between them or between seasons. Although the population structure did not show significant changes between the dry and rainy seasons, it was influenced by pH, conductivity, anthropogenic pressure index, river habitat index, and shoreline quality. The findings of this study enrich the understanding of population aspects of *Macrobrachium* aff. *brasiliense* in the Ecuadorian Amazon.

KEYWORDS: *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, population structure, Napo river, seasonality, abiotic factors.

Estructura poblacional de *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en ríos de la cuenca alta del Napo: influencia de factores ambientales y estacionales

The present study describes the population structure of freshwater shrimp *Macrobrachium* aff. *brasiliense* in various rivers of the upper Napo River basin, in Ecuador. It aimed to analyze whether seasonality and environmental factors: temperature, pH, dissolved oxygen, total dissolved solids, conductivity, discharge, environmental quality indices influence this structure, emphasizing on the assessment of the abundance variation by demographic categories, sex ratio, and carapace size. Collections were conducted at 15 stations both in the dry season between November and December 2022 and in the rainy season between June and July 2023. A total of 560 shrimps were collected, including 264 females, 131 males, and 165 of indeterminate sex. Male shrimp predominated in larger carapace size classes, while females were more abundant in smaller classes. The sex ratio significantly favored females (1:2.02; $X^2 = 44.8$; $p < 0.001$). Frequency distribution of specimen sizes revealed a unimodal distribution with peaks in the size class of 5.1 - 7.0 mm for both females and males. The average size of carapace length for females and males was 8.0 ± 2.7 mm and 10.0 ± 4.1 mm respectively, with no significant differences between them or between seasons. Although the population structure did not show significant changes between the dry and rainy seasons, it was influenced by pH, conductivity, anthropogenic pressure index, river habitat index, and shoreline quality. The findings of this study enrich the understanding of population aspects of *Macrobrachium* aff. *brasiliense* in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, population structure, Napo river, seasonality, abiotic factors.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de distribución de especies en su ambiente natural son de gran importancia, ya que contribuyen significativamente al entendimiento de su biología, manejo y conservación [1]. La región amazónica del Ecuador exhibe la mayor riqueza hidrográfica del país con sistemas altamente dinámicos que albergan una diversidad, riqueza y endemismo excepcional de especies dulceacuícolas [2, 3]. El río Napo, uno de los ríos más destacados de Ecuador, nace de deshielos importantes al este de la Cordillera de los Andes extendiéndose hacia la región amazónica [3]. La cuenca alta del río Napo se localiza en su mayoría en la provincia de Napo, atravesando el cantón Tena, sitio de estudio de esta investigación donde las presiones humanas han aumentado considerablemente y ejercen fuertes impactos, provocando alteraciones en los componentes bióticos y abióticos [4]. Estas variaciones desempeñan un papel crucial en aspectos como la disponibilidad de nutrientes, temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, entre otros, afectando a las comunidades acuáticas, incluyendo a los camarones de agua dulce [2, 5, 6].

En América del Sur, la fauna de camarones de agua dulce está representado por 5 familias, siendo la familia Palaemonidae una de las más abundantes con 53 especies conocidas. El género *Macrobrachium* (Bate, 1868) destaca como el grupo más extenso dentro de la familia Palaemonidae, con alrededor de 26 especies que se distribuyen ampliamente en la región tropical y subtropical de América del Sur tolerando temperaturas que oscilan entre los 16°C y 32°C [7-11]. Según una revisión bibliográfica de datos proporcionados por el Museo de Historia Natural Gustavo Orcés de la Universidad Politécnica Nacional, en Ecuador se ha identificado 10 especies del género *Macrobrachium* en la zona costera y 2 especies en la cuenca amazónica, específicamente *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) y *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) [12]. Las especies de ambas regiones están estrechamente asociadas con ambientes de agua dulce, con la particularidad que *M. brasiliense* no depende del agua estuarina para completar su ciclo larval [13]. No obstante, la presencia de *M. amazonicum* en la Amazonía ecuatoriana sigue siendo incierta, generando discrepancias entre varios autores. Mientras algunos no registran su presencia en Ecuador, otros si lo incluyen dentro de sus mapas de distribución [14-16]. Dado su hallazgo en la cuenca amazónica de Colombia y Perú, es probable que esta especie

también esté en la cuenca amazónica ecuatoriana [15, 16]. No obstante, no se ha encontrado evidencia bibliográfica que lo confirme [12]. En general, las especies del género *Macrobrachium* son muy adaptables a diferentes ambientes, por las diversas formas en que puede utilizar los recursos, pueden ser encontrados en hábitats muy diversos como ríos, riachuelos, arroyos, lagos y pantanos, aunque se ha visto que prefieren aguas calmadas y de bajo caudal [10, 12, 14, 17]. Al ser bentónicos, se los ha encontrado en gran cantidad en fondos arenosos, limosos, con abundancia de raíces, hojas, detritos, piedras y materia en diferentes grados de descomposición [12, 17]. Estos organismos desempeñan funciones fundamentales en los ecosistemas acuáticos, intervienen en el ciclo de nutrientes, al ser omnívoros y carroñeros, consumen detritos, algas y otros macro invertebrados [17]. Su presencia no solo los convierte en una fuente esencial de alimento en la cadena trófica, especialmente para peces, aves y reptiles, sino que también tienen un papel clave en el control de las poblaciones de macro invertebrados. En conjunto, estos organismos proporcionan información valiosa sobre la salud y dinámica de los ecosistemas acuáticos [14, 18-20].

Se han realizado numerosos estudios en especies de camarones del género *Macrobrachium*, observando respuestas diversas en estructura, reproducción, morfología y distribución frente a variaciones estacionales y factores ambientales [19-28]. Las lluvias juegan un papel ecológico muy importante en los procesos abióticos de los sistemas acuáticos de la región amazónica, afectando directamente a la dinámica poblacional de las comunidades acuáticas y camarones de agua dulce [21, 29]. Investigaciones han demostrado como la estacionalidad afecta a la abundancia de varias especies del género *Macrobrachium*. Por ejemplo, se ha observado una mayor abundancia de las especies como *M. brasiliense* y *M. surinamicum* en la época lluviosa mientras que especies como *M. iheringi*, *M. olfersii* y *M. amazonicum* han sido más abundantes durante la época seca [1, 7, 13, 21, 30, 31]. En general, se ha determinado que en cuanto a la proporción de sexos, en la mayoría de las especies del género *Macrobrachium* hay una fuerte predominancia de las hembras, sin embargo en la investigación sobre *Macrobrachium hainanense*, se observó una desviación de proporción de sexos a favor de los machos [30, 32, 33]. Las variaciones morfológicas en cuanto al tamaño de caparazón se han asociado directamente con el éxito reproductivo, varios estudios han señalado que los machos y hembras experimentan un crecimiento diferencial, lo que se conoce como dimorfismo sexual [32]. Se ha visto que en especies como *M. iheringi* y *M. brasiliense*, los machos alcanzan mayor tamaño que

las hembras, mientras que en especies como *M. amazonicum* y *M. jelskii*, son las hembras las que alcanzan mayor tamaño [24, 30, 31, 33, 34].

La exposición de las poblaciones de camarones de agua dulce a diversas condiciones ambientales, como temperatura, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, pH, precipitación, puede alterar sus requisitos fisiológicos, lo que a su vez puede influir en la distribución, abundancia y estructura de la población [21]. Por ejemplo, en una investigación realizada al sur este de Brasil, se encontró una correlación negativa entre la conductividad y el pH con la abundancia de *M. amazonicum*, indicando que a medida que aumentaba la conductividad, disminuía el número de individuos [21]. En otro estudio, realizado en la región semiárida de Brasil, se evaluó la abundancia de dos poblaciones de camarones en respuesta a variaciones ambientales. Se encontró que la temperatura y los sólidos disueltos totales explicaron las variaciones de abundancia en la población de *M. jelskii*, mientras que el oxígeno disuelto y pH no mostraron influencia significativa en los resultados. Por otro lado, la pluviosidad, profundidad y amoníaco fueron los factores determinantes sobre la abundancia de la población de *M. amazonicum* [19]. Por otro lado, en un estudio realizado por al sur de la Amazonía ecuatoriana, se observó correlaciones positivas y significativas entre el pH, oxígeno disuelto y calidad de la ribera con las longitudes y pesos de *M. brasiliense* [23]. Sin embargo, en este estudio también se evaluó el impacto de actividades antrópicas sobre *M. brasiliense* tomando en cuenta concentraciones de metales traza y el estado integral del río mediante el índice de hábitat fluvial (IHF) y el índice de la ribera del río (QBR) [23]. Estos hallazgos resaltan la variabilidad en la influencia de los factores ambientales sobre estructura poblacional de cada especie, lo que refleja la importancia de considerar las diferencias geográficas y las preferencias ambientales al analizar las respuestas de las poblaciones en diferentes entornos [19, 21, 23]. En los ríos de la Amazonía ecuatoriana, no se han realizado a profundidad estudios sobre la estructura poblacional de *M. brasiliense*. Los pocos estudios realizados abordan temas como la concentración de metales traza, su bio ecología y posibilidades de cultivo [12, 23, 35].

Varias investigaciones muestran como la composición de las poblaciones de camarones de agua dulce pueden variar entre lugares debido a las condiciones físicas y químicas del entorno, las cuales son influenciadas por la estacionalidad [21, 26, 36-38]. Por lo tanto, es crucial investigar como la variación estacional influye a la capacidad de adaptación de dichas poblaciones, especialmente en un momento de importantes

cambios climáticos a nivel mundial. Debido a la escasez de información sobre la especie *Macrobrachium brasiliense* en el Ecuador, este estudio analiza su estructura poblacional en algunos ríos de la cuenca alta del río Napo, en el cantón Tena, tanto en la temporada seca como lluviosa. Se hizo énfasis en la abundancia, proporción de sexos, distribución de frecuencia de tamaño y su posible correlación con la temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, caudal, índice de calidad ambiental, índice de presión antropogénica, índice de hábitat fluvial e índice de calidad de la ribera. En base a investigaciones previas realizadas por otros investigadores sobre esta especie, se espera observar una mayor abundancia de individuos durante la temporada lluviosa, con una proporción sexual favorable a las hembras. Se anticipa que las hembras predominen en las clases más pequeñas de longitud del caparazón, mientras que los machos lo hagan en las en las clases más grandes y corroborar el patrón unimodal observado en varias especies del género. Los resultados presentados pueden ser útiles para comparar poblaciones de esta especie en diferentes áreas de la región amazónica, lo que revelaría posibles diferencias en su dinámica poblacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en diferentes arroyos que forman parte de la cuenca alta del río Napo dentro de los cantones Arosemena Tola y Tena, provincia de Napo. El rango altitudinal dentro del área de estudio varía entre los 300 a 600 m.s.n.m. aproximadamente [4]. En cuanto al clima de la región, se reporta presencia de lluvias durante todo el año. La época con mayor actividad lluviosa comprende los meses de abril y julio superando los 400 mm de precipitación media mensual; y la época con menor actividad lluviosa va desde noviembre hasta febrero manteniéndose a menos de 300 mm de precipitación media mensual [3, 4]. La temperatura media mensual se mantiene templada durante todo el año variando entre los 24 y 25 °C [4]. La ubicación espacial de las estaciones de muestreo se encuentra en el Anexo 1.

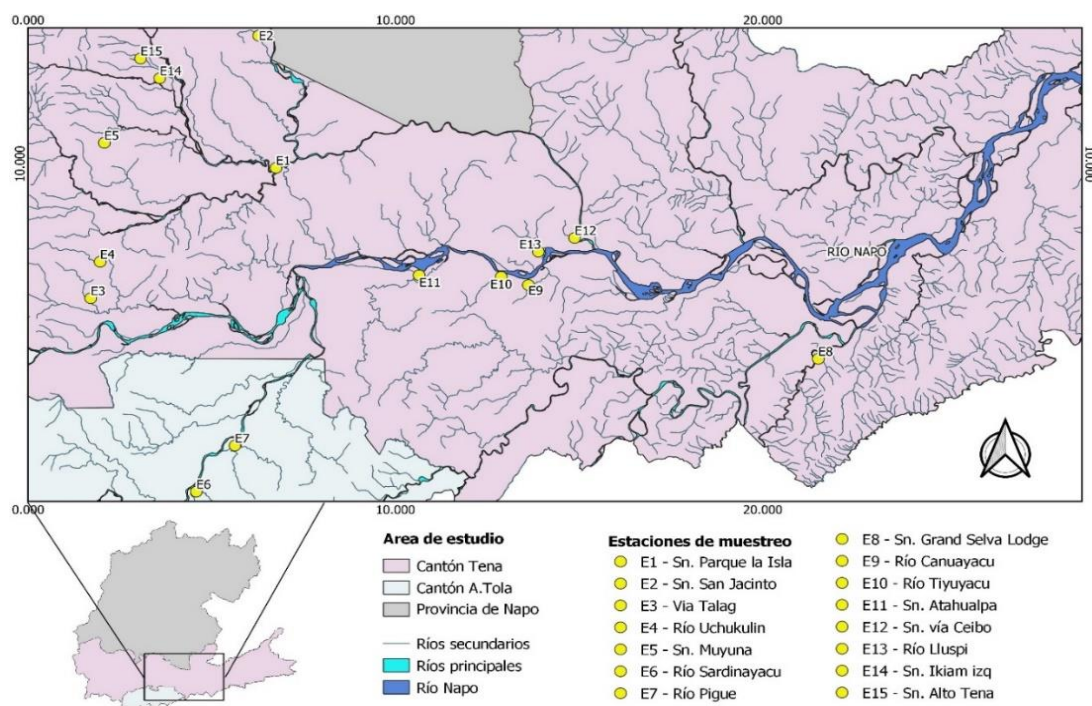


Figura 1. Área de estudio y ubicación de 15 estaciones de muestreo de *Macrobrachium* en la cuenca alta del río Napo, Ecuador.

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Transectos y toma de datos

Los muestreos se llevaron a cabo en 15 estaciones ubicadas en riachuelos de fácil acceso y que fueron seleccionados aleatoriamente (Figura 1), durante la época seca, entre noviembre y diciembre 2022, y durante la época lluviosa, entre junio y julio 2023. Se realizó una única recolección de datos en cada período para cada una de las estaciones. En cada estación se determinó la posición geográfica y se delimitó un transecto de 20 m en el río para la toma de datos físico químicos. Se utilizó la sonda multiparamétrica (Professional plus- YSI), disponible en el Laboratorio Nacional de Referencia del Agua de la Universidad Ikiam, para tomar los siguientes parámetros: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (% y mg/L), conductividad (uS/cm) y total de sólidos disueltos (mg/L). Dentro del transecto se escogió la parte más ancha y la más angosta del río, mediante el uso del caudalímetro se tomó las medidas de velocidad y profundidad, y así poder determinar el caudal del río. También se siguió los protocolos establecidos en la guía de “Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas” [2] para calcular los índices de: presión antrópica (IPA), hábitat fluvial (IHF), calidad de la ribera (QBR) y de calidad ambiental (ICA). Estos índices evalúan el estado cada característica y los valores se interpretaron utilizando las tablas específicas proporcionadas correspondientes a cada índice. Para estimar el índice de hábitat fluvial (IHF), se examinaron aspectos físicos del río como la hidrología, heterogeneidad de hábitat y los sustratos, así como la frecuencia de rápidos y enterramiento del sustrato [2]. En cuanto al índice de calidad de la ribera (QBR), se consideraron las características de la cobertura vegetal, estructura del río y posibles modificaciones del canal y la vegetación [2]. Por otro lado, el índice de presión antrópica (IPA) evaluó tanto las presiones puntuales como las difusas generadas por actividades humanas sobre el sistema de estudio. Además, se evaluó la calidad ecológica del río con el “Índice de Calidad Ambiental” (ICA) para cada estación, tomando en cuenta la suma del IHF y QBR menos el IPA [2, 39].

Colecta de individuos e identificación de individuos

En ambas temporadas se contó con el permiso de recolecta científica MAATE-DBI-CM-2021-0177. Las colectas se llevaron a cabo durante el día, siguiendo la metodología previamente empleada por varios autores en Brasil para la recolección de *M. brasiliense* [13]. Se utilizó dos tamices de barrido circulares durante un período de 25 minutos,

dentro de los transectos marcados, sobre todo en las orillas y partes donde se encuentran detritos y hojarasca. Los individuos colectados fueron colocados en fundas plásticas debidamente etiquetadas y con poca agua las cuales fueron almacenadas en una hielera para realizar eutanasia por medio de shock termal. Luego se los transportó al laboratorio donde se los almacenó en la congeladora y posteriormente se los descongeló para preservarlos en alcohol al 96 %.

Los individuos fueron contados y observados usando un estereoscopio, se siguió una metodología basada en claves taxonómicas especializada para la región amazónica de Colombia y fueron identificados al nivel de morfoespecie [14, 16]. Cada individuo fue visualmente examinado para determinar sus características morfológicas relevantes, con especial atención en aspectos clave como la morfología del rostro y la presencia de espinas en el caparazón. *M. brasiliense* se caracteriza por tener un rostro recto ligeramente dirigido hacia abajo, con un pronunciado palpo mandibular y presencia de la espina hepática. La región baja del abdomen con pleuras pubescentes, y el margen terminal del telson terminado en un punto agudo. Además el segundo par de pereopodos son largos y están bien desarrollados, con los apéndices de forma similar, pero diferentes en tamaño [16]. Luego, con un calibrador se tomó medida del caparazón (CL mm), tomando en cuenta la distancia entre el margen posterior de la órbita y el punto medio del margen posterior del caparazón. Se determinó el sexo de cada individuo como hembra o macho observando la presencia del apéndice masculino en el endópodo del segundo par de pleópodos [13]. Los individuos más pequeños que el macho más pequeño encontrado, fueron considerados juveniles de sexo indeterminado [40].

Análisis de datos

La proporción de sexos se comparó utilizando la prueba de Chi-cuadrado (X^2) ($p < 0.05$). Los individuos de ambos sexos fueron clasificados en adultos y juveniles según el tamaño morfológico de madurez sexual morfológica propuesto para la especie *M. brasiliense*, que es de 8.64 mm y 8.03 mm de longitud de caparazón (CL) para machos adultos y hembras adultas respectivamente [24]. Los camarones fueron distribuidos en 10 clases de tamaño de caparazón con intervalos de 1.9 mm, que se estableció siguiendo el método de Sturges, 1926 [41]. La proporción de sexos según las clases de tamaño de caparazón fue comparada por el test binomial ($\alpha = 0.05$) [42]. Luego se realizó la comparación del tamaño del caparazón (CL mm) entre hembras y machos para

verificar si esa diferencia es significativa, utilizando el test de Mann-Whitney ($\alpha=0.05$). Finalmente, para evaluar la influencia de la estacionalidad y los factores ambientales mencionados anteriormente, sobre la abundancia de camarones, considerando categorías demográficas, sexo y clases de tamaño, se llevó a cabo un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) en base a Matrices de similitud de Bray-Curtis [43]. Asimismo se utilizó el análisis cruzado unidireccional de similitud (ANOSIM R, $\alpha=0.05$) para determinar si existen diferencias significativas de la variación estacional sobre la estructura poblacional de *Macrobrachium* aff. *brasiliense* [43]. Este enfoque permitió examinar de manera sistemática y comparativa las posibles alteraciones en la composición de la población a lo largo de las temporadas seca vs. lluviosa, identificando patrones o discrepancias estadísticamente significativas. Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software R [44].

RESULTADOS

La identificación de todos los individuos se vio limitada, especialmente en el caso de los camarones de sexo indeterminado cuyo tamaño reducido y sus estructuras poco desarrolladas dificultaron la identificación precisa. Sin embargo, dada la presencia consistente del rostro recto en todos los individuos recolectados, se los consideró como de la misma especie. La identificación se basó principalmente en la comparación con los camarones adultos, revelando marcadas similitudes morfológicas con la especie *Macrobrachium brasiliense*. Por lo tanto, se decidió considerar a todos los individuos como *Macrobrachium aff. brasiliense*. Es importante destacar que esta clasificación se hizo bajo la consideración de posibles limitaciones, como la presencia de especies crípticas en la región amazónica ecuatoriana, para lo cual es necesario realizar estudios a nivel genético.

En ambas temporadas de muestreo, se capturó y analizó a 560 camarones pertenecientes a la especie *Macrobrachium aff. brasiliense*, donde luego del proceso del sexaje se los identificó como individuos machos, hembras e indeterminados, que son los que aún no tienen su sexo definido. A los individuos con el tamaño de cefalotórax más pequeños que el macho más pequeño, 4.40 mm, se los consideró como individuos de sexo indeterminado. Como se observa en la figura 2, durante la temporada seca, se obtuvo la mayor abundancia de camarones, totalizando 344 individuos, de los cuales 148 fueron hembras, 87 machos y 109 indeterminados, representando el 61.4 % del total. Por otro lado, la temporada lluviosa registró menor abundancia con la captura de 216 individuos, distribuidos en 116 hembras, 44 machos y 56 indeterminados, correspondiente al 38.6 % restante. Sin embargo, según el análisis Anova las diferencias de abundancia entre las dos épocas no fueron significativas (Anexo 2).

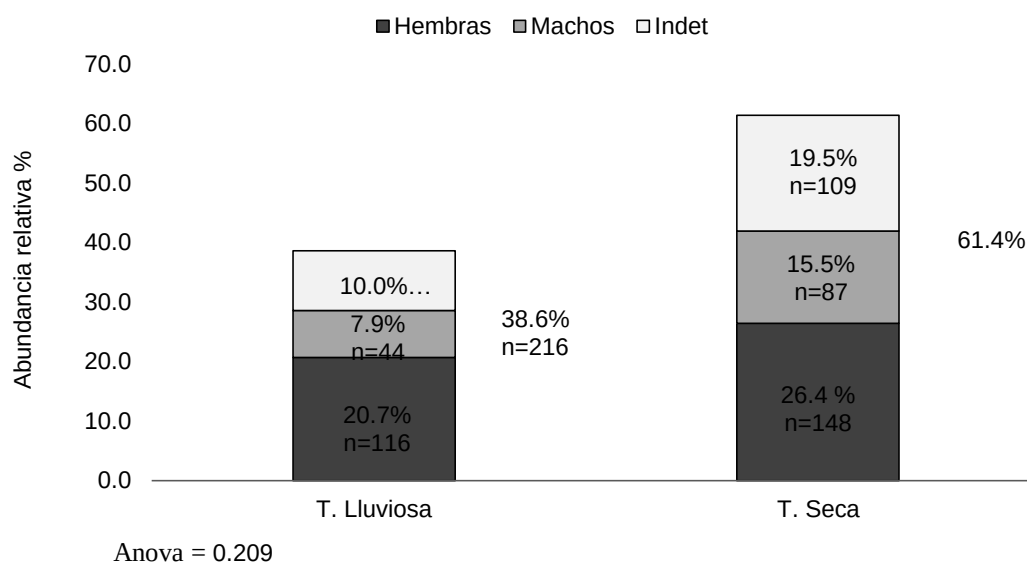


Figura 2. Abundancia relativa de camarones hembras, machos e indeterminados de la especie *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en la temporada seca y lluviosa (Anova * = $p < 0.05$).

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024

En la Figura 3 se encuentra la evaluación de la calidad ecológica del río como “Índice de Calidad Ambiental” (ICA) para cada estación, resultado de la suma del “Índice del hábitat fluvial” (IHF) y “Calidad de la ribera del río” (QBR) menos el “Índice de presión antrópica” (IPA). Entre las 15 estaciones analizadas, sobresalen E8, E14, E1, E10, E13, E15 y E9 por exhibir una calidad ambiental considerada como “buena”, ya que cumple con los criterios asociados a un ambiente saludable, según los protocolos de “Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas” (RCCA). De estas estaciones, E13, E15 y E9 se destacan por albergar la mayor abundancia de camarones, representando en conjunto un 41.3% del total (Figura 3). La abundancia total relativa de camarones en las estaciones con buena calidad ambiental alcanza del 69% del total, resaltando así la conexión positiva entre la calidad ambiental y la presencia de camarones en estos sitios.

En contraste, según el ICA, las estaciones E3, E7, E6, E5 y E2 presentan una calidad ambiental “regular”, sugiriendo la posibilidad de exposición a factores que inciden en la calidad del ambiente. La abundancia total relativa en estas estaciones suman el 29.9% del total, y varía entre el 1.3% - 8.9%. La estación E2 destaca con la mayor abundancia, alcanzando el 8.9%, incluso superando a estaciones con calidad ambiental considerada “buena” según el ICA. Por otro lado, las estaciones E4, E11 y E12, fueron evaluadas con calidad ambiental “mala”. La estación E12 presenta el 1.3% de abundancia, siendo

la única con algún registro, mientras que en E4 y E11 no se capturaron individuos en ninguna temporada. Estas estaciones exhiben la menor abundancia y podrían estar indicando impactos negativos en la calidad ambiental de cada sitio (Figura 3).

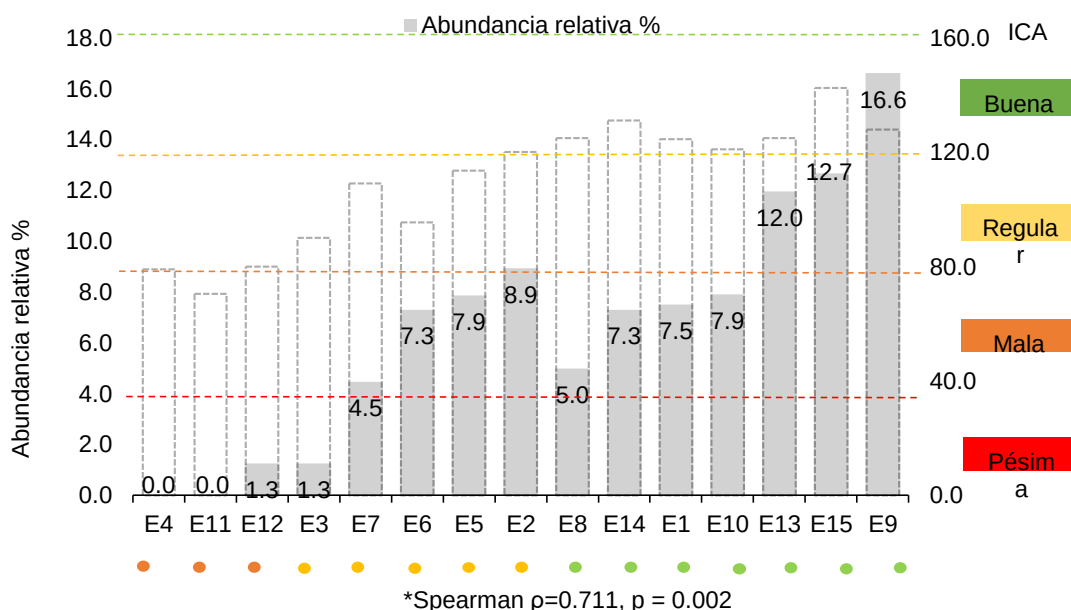


Figura 3. Abundancia relativa de camarones de la especie *Macrobrachium* aff. *brasiliense* por estación de muestreo, contrastada con el Índice de Calidad Ambiental (ICA), los puntos de colores representan la categoría ICA de cada estación de muestreo. La prueba de correlación de Spearman (* $p < 0.05$) indican correlación positiva y significativa entre el ICA y la abundancia de camarones de las estaciones de muestreo. Los rangos del ICA son: pésima (0 – 40), mala (40 – 80), regular (80 – 120) y buena (120 – 160).

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

En el análisis de la proporción de sexos se evidenció una diferencia significativa tanto en la temporada seca como en la lluviosa, de la proporción observada contrastada con la proporción esperada de 1:1. Además, se destacó un marcado predominio de las hembras a lo largo de todo el período de estudio, con una proporción de 1:2.02 ($X^2=44.78$, $p < 0.001$) (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de sexos (M: H), chi-cuadrado X^2 y probabilidad significativa por temporada de muestreo en la población muestreada.

Temporada	Machos (n)	Hembras (n)	M:H	X^2	p
Seca	87	148	1 : 1.70	15.8	< 0.001
Lluviosa	44	116	1 : 2.64	32.4	< 0.001
Total	131	264	1 : 2.02	44.8	< 0.001

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

El rango de tamaño, la media y desviación estándar de la longitud del caparazón (CL) para las distintas categorías demográficas y por temporadas se presentan detalladamente en la Tabla 2. La población en general tuvo un CL promedio de 6.4 ± 3.4 mm. El promedio de CL de camarones indeterminados fue de 3.4 ± 0.7 mm. Para las hembras, se registró un promedio 8.0 ± 2.7 mm y para los machos 10.0 ± 4.1 mm. En términos generales, se observa que la media de los tamaños de CL parece ser mayor durante la temporada lluviosa en comparación con la temporada seca, registrando valores de 6.7 ± 3.4 mm y 6.3 ± 3.3 mm respectivamente. Sin embargo, al realizar la comparación de la medias del tamaño de CL entre machos y hembras, así como entre temporadas, no se encontraron diferencias significativas según el test de Mann-Whitney ($W=1$, $p=1$).

Tabla 2. Tabla de abundancia de individuos y tamaño de caparazón CL (mm) por categorías demográficas (Hjuv: hembra juvenil, HA: hembra adulta, H total: hembras total, Mjuv: macho juvenil, MA: macho adulto, M total: machos total, Indet: indeterminados), donde se muestra: número de individuos (N), mínimo (Min), máximo (Max), media y desviación estándar (Media $\pm$ SD) de la longitud del caparazón de los camarones colectados en la temporada seca y lluviosa durante el período 2022-23.

Categorías	Longitud CL (mm)											
	Total				T. seca				T. lluviosa			
	n	min	max	media $\pm$ sd	n	min	max	media $\pm$ sd	n	min	max	media $\pm$ sd
Hjuv	207	4.4	8.0	5.8 ± 0.9	121	4.5	8.0	5.8 ± 0.9	86	4.4	8.0	5.8 ± 1.0
HA	57	8.1	15.1	10.6 ± 1.9	27	8.3	15.0	10.3 ± 1.8	30	8.1	15.1	10.8 ± 1.9
H total	264	4.4	15.1	8.0 ± 2.7	148	4.5	15.0	7.3 ± 2.5	116	4.4	15.1	7.8 ± 2.7
Mjuv	67	4.5	8.6	6.6 ± 1.1	49	4.5	8.6	6.5 ± 1.1	18	4.5	8.5	6.9 ± 1.1
MA	64	8.7	20.2	12.6 ± 3.5	38	9.2	20.2	12.8 ± 3.7	26	8.7	20.0	12.2 ± 3.3
M total	131	4.5	20.2	10.0 ± 4.1	87	4.5	20.2	9.8 ± 4.3	44	4.5	20.0	10.1 ± 3.7
Indet	165	1.3	4.4	3.4 ± 0.7	109	1.3	4.4	3.4 ± 0.7	56	1.5	4.4	3.4 ± 0.8
Total	560	1.3	20.2	6.4 ± 3.4	344	1.3	20.2	6.3 ± 3.3	216	1.5	20.0	6.7 ± 3.4

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Los camarones fueron clasificados en 10 categorías de tamaño distintas, cada una con un intervalo de 1.9 mm, como se muestra en la Figura 4 y 5. Tanto en la temporada seca como en la temporada lluviosa, las hembras y machos juveniles fueron observados solamente en las clases 3.2 - 5.1 mm, 5.1 - 7.0 mm y 7.0 - 8.9 mm, ambos con mayor frecuencia en la segunda clase de tamaño mencionada (Figura 4 y 5). En contraste, las cohortes adultas, tanto hembras como machos exhibieron una frecuencia más elevada en la clase de tamaño de 8.9 - 10.8 mm, en ambas temporadas (Figura 4 y 5). Por otro lado, se reportó solamente 2 hembras ovígeras capturadas en la temporada seca, distribuidas en las clases de tamaño de 10.8 - 12.7 mm y 12.7 - 14.6 mm, una en cada

clase (Figura 4). En ninguna de las temporadas de colecta se registraron hembras en las clases de tamaño 16.5 - 18.4 mm y 18.4 - 20.3 mm donde únicamente se registraron machos. Los individuos indeterminados fueron categorizados solamente en las dos clases más pequeñas 1.3 - 3.2 mm y 3.2 - 5.1 mm. En general se observó mayor frecuencia de todas las clases demográficas en la temporada seca a comparación de la lluviosa (Figura 4 y 5).

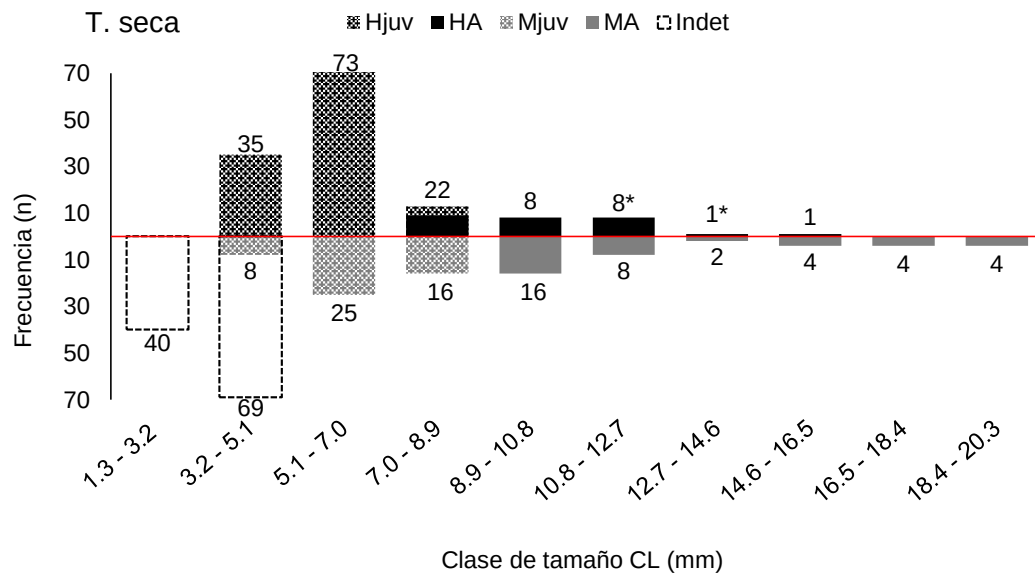


Figura 4. Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) y clases demográficas (Hjuv: hembra juvenil, HA: hembra adulta, Mjuv: macho juvenil, MA: macho adulto, Indet: indeterminados) en la temporada seca. (* = presencia de hembras ovígeras)

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

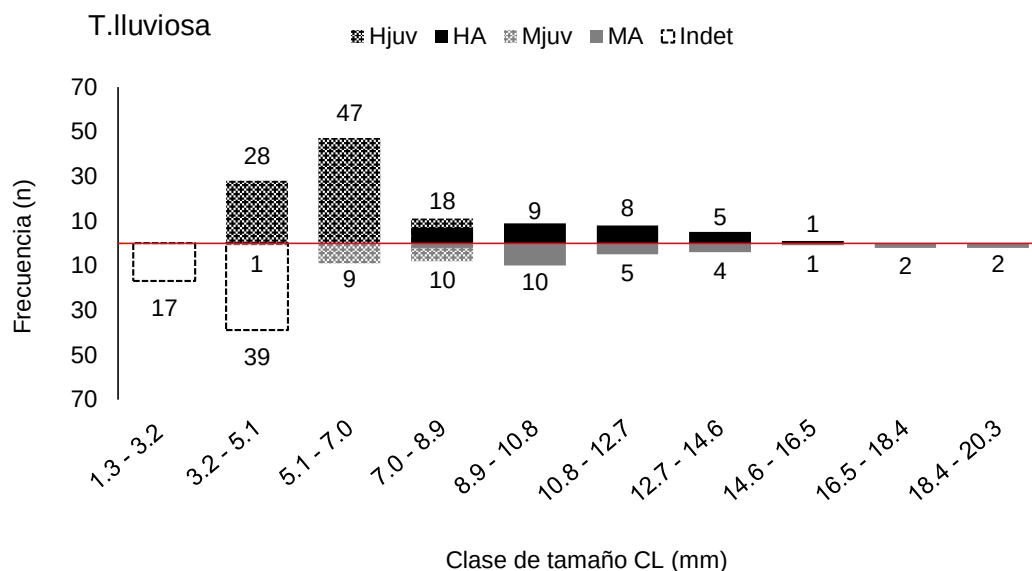


Figura 5. Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) y clases demográficas (Hjuv: hembra juvenil, HA: hembra adulta, Mjuv: macho juvenil, MA: macho adulto, Indet: indeterminados) en la temporada lluviosa.

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

La distribución de clases de tamaño presentó un patrón unimodal para ambos sexos (Figura 6). A pesar de que se observa una tendencia favoreciendo hacia una mayor proporción global de hembras (1:2.02, Tabla 1), la prueba binomial ($p < 0.05$) reveló diferencias significativas únicamente en las clases de tamaño: 3.2 - 5.1 mm, 5.1 - 7.0 mm, y una desviación total de la proporción de sexos esperada en las clases de tamaño de 16.5 - 18.4 mm y 18.4 - 20.3 mm (Figura 7). Se encontró una mayor proporción de hembras por cada macho en las clases de menor tamaño, la cual va disminuyendo conforme aumenta el tamaño del caparazón. En contraste, se evidenció una proporción más elevada de machos en las clases de tamaño más grandes formando una curva sigmoidea característica de un patrón inverso (Figura 7).

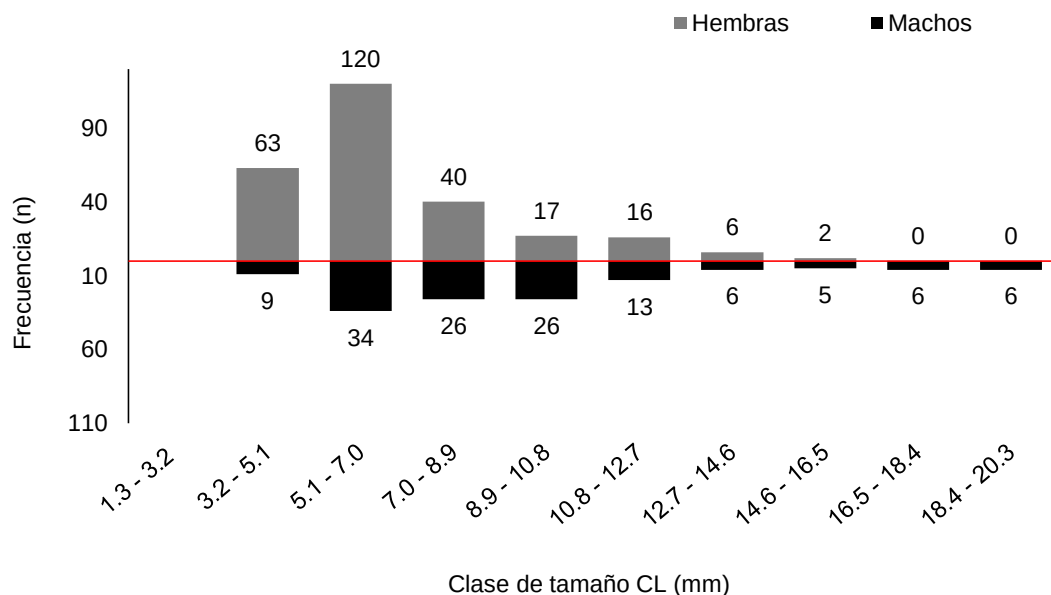


Figura 6. Distribución de la frecuencia de individuos por clase de tamaño del caparazón (CL mm) según sexo (hembras, machos).
Realizado por: Charpentier Mirka, 2024

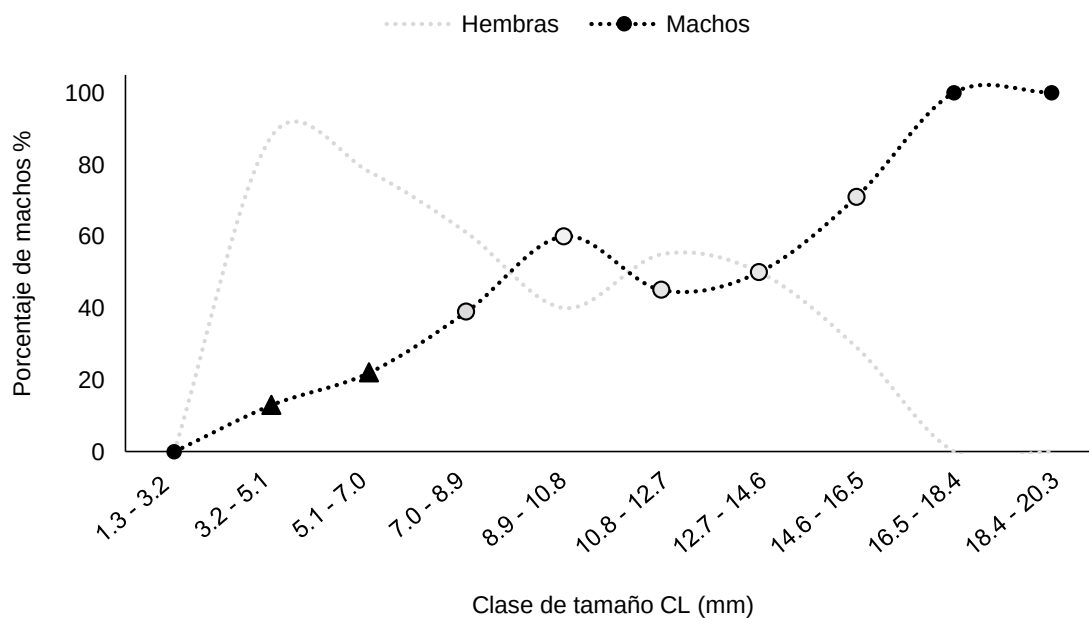


Figura 7. Proporción de sexos como porcentaje de machos en relación a la clase de tamaño CL mm (Test Binomial, $p < 0.05$; ▲: significativo, ○: no significativo, ∙: desviación total de la proporción 1:1 esperada).
Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

El análisis NMDS derivado de la abundancia de camarones sugiere la formación de dos grupos en la estructura de la población en cuanto a: categorías demográficas (CD), sexo (S) y clases de tamaño (SC) (Figura 8A, C, E). Se puede observar que, al considerar las categorías demográficas, los individuos Indet, Mjuv y Hjuv (representantes de las clases de tamaño más pequeñas SC2, SC3 y SC4) parecen ser más frecuentes durante la temporada seca. Por otro lado, parece haber una abundancia similar de los individuos MA y HA tanto en la temporada seca como lluviosa (Figura 8A). En relación con la variable sexo, se nota que hay una presencia constante de camarones juveniles durante las dos épocas, lo que podría sugerir un reclutamiento continuo de camarones en ambas temporadas. Además se puede apreciar una aparente frecuencia mayor de hembras que de machos en este mismo período (Figura 8C). Respecto a las clases de tamaño se observa una notable similitud entre las clases SC2 y SC3 y parece haber una mayor frecuencia de las tallas más grandes en la temporada lluviosa (Figura 8E). Sin embargo, el test ANOSIM no indicó la existencia de diferencias significativas sobre la composición de la población en la temporada seca y lluviosa para ninguna de las tres variables (ANOSIM: CD: $R=0.036$; $p=0.18$; S: $R=0.071$; $p=0.09$; SC: $R=0.081$; $p=0.07$).

En cuanto a los parámetros ambientales, la temperatura media del agua en todo el período de estudio fue de 23.5 °C, sin alcanzar valores menores a 21.6°C. El pH se mantuvo constante durante ambas temporadas de estudio cerca de 7,0. El oxígeno disuelto promedio fue de 5.8 mg / L y la conductividad eléctrica fue de 50.2 uS/cm. El caudal promedio fue de 19.7 L/s, notándose una gran diferencia entre la temporada seca y lluviosa con valores de 7.4 L/s y 31.9 L/s respectivamente. Se determinó también que las variables Temp, OD y Q no ejercieron una influencia estadísticamente significativa sobre la estructura poblacional de *Macrobrachium aff. brasiliense*. (Envfit, $p > 0.05$). Sin embargo, si se establecieron relaciones estadísticamente significativas de las variables PH, CND, QBR, IHF e IPA (Envfit, $p < 0.05$) (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de las variables ambientales y análisis NMDS de su relación sobre la estructura de la población en cuanto a: categorías demográficas (CD), sexo (S) y clases de tamaño (SC). Temperatura (Temp), potencial de hidrógeno (PH), oxígeno disuelto (OD mg/L), conductividad (CND uS/cm), caudal (Q L/s), índice de presión antropogénica (IPA), índice de hábitat fluvial (IHF), calidad de la ribera del río (QBR). (* = $p < 0.05$; diferencia significativa alta, ** = $p < 0.01$; diferencia significativa muy alta).

F. Ambientales	T. seca	T. lluviosa	Total	CD		S		SC	
Temp	24.0	23.1	23.5	0.074		0.071		0.326	
PH	6.8	6.7	6.8	0.007	**	0.008	**	0.002	**
OD	6.2	5.4	5.8	0.915		0.853		0.805	
CND	56.0	44.3	50.2	0.009	**	0.01	**	0.006	**
Q	7.4	31.9	19.7	0.607		0.201		0.725	
IPA	18.6	18.6	18.6	0.003	**	0.003	**	0.004	**
IHF	56.4	51.8	54.1	0.011	*	0.007	**	0.012	*
QBR	72.5	72.5	72.5	0.008	**	0.008	**	0.018	*

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Según el análisis del Factor de la Inflación de la Varianza (VIF) en el conjunto de factores ambientales multivariados, las variables TDS (sólidos disueltos totales) y OD% (porcentaje de oxígeno disuelto) mostraron alta colinealidad con las variables CND (uS/cm) y OD (mg/L) respectivamente, por lo que fueron excluidos del análisis estadístico ($VIF > 5$). En términos generales, se destaca una relación negativa entre la variable IPA y la estructura poblacional, por lo tanto se puede asumir que a mayor índice de presión antrópica, el número de individuos decrece (Figura 8B, D, F). La Figura 8D revela un patrón identificable de individuos juveniles macho-hembra, los cuales son más abundantes en sitios caracterizados por bajos índices de presión antrópica y elevada calidad en términos de índice de hábitat fluvial y calidad de la ribera. Se observa además una relación positiva y fuerte entre la conductividad y el pH con la presencia y abundancia de machos. En cuanto a las clases de tamaño, estas variables se relacionan positivamente con las clases SC2, SC3, SC4 y SC10, las cuales a excepción de la última, son clases de tamaño donde abundan los camarones juveniles y hembras.

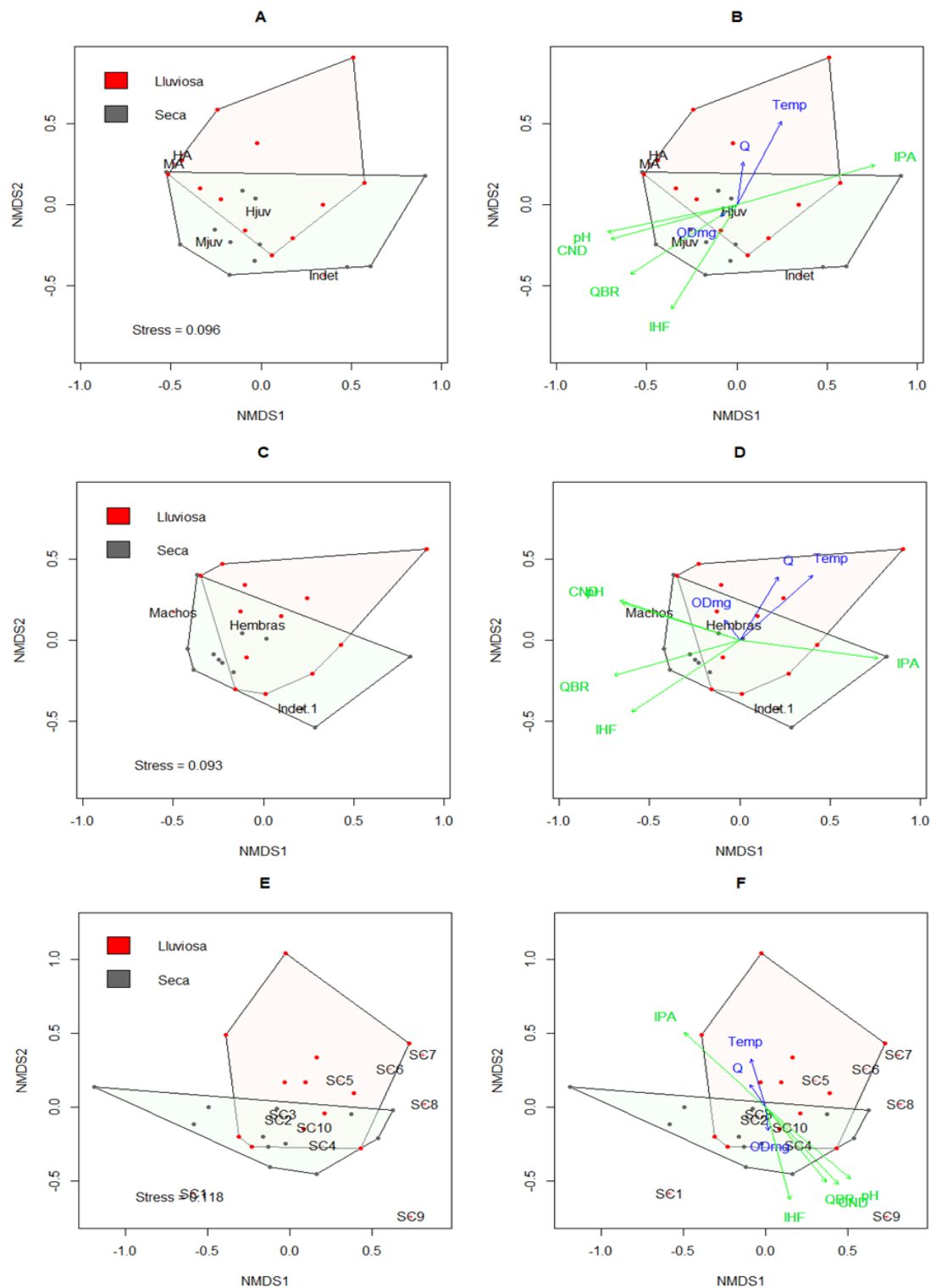


Figura 8. Escalamiento no métrico multi-dimensional (NMDS) que evalúa la variación estacional y variables ambientales sobre la estructura de la población de *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en cuanto a: [A y B] categorías demográficas, [C y D] sexo y [E y F] clases de tamaño. (En verde se encuentran los factores que influyeron significativamente en la estructura de la población).

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

DISCUSIÓN

Aunque no se pudo establecer una asociación morfológica completa con la especie *Macrobrachium brasiliense*, se optó por clasificarlos como *Macrobrachium* aff. *brasiliense*. Dada la complejidad de la taxonomía de los camarones y la posible existencia de especies crípticas en la región amazónica ecuatoriana, se reconoce la importancia de realizar estudios de barcoding a nivel genético. Esta necesidad se ha destacado previamente en investigaciones sobre la familia de camarones Penaeidae. Los estudios genéticos son fundamentales para obtener una conclusión más precisa y sólida sobre la identidad taxonómica de las especies examinados [45, 46].

A pesar de que cada estación exhibía un índice de calidad ambiental diferente, se pudo observar una amplia distribución en la mayoría de ríos de la zona escogidos para las colectas. Esto respalda y confirma los descubrimientos de otros estudios que señalan una notable tolerancia de los camarones a diversas condiciones ambientales, indicando una elevada capacidad de adaptación [7, 19, 25, 47]. Los resultados de la prueba de correlación de Spearman revelaron una correlación positiva significativa ($\rho = 0.711$, $p = 0.002$) entre el Índice de Calidad Ambiental (ICA) promedio y la abundancia total de camarones en los puntos de muestreo. Esto sugiere que a medida que el ICA promedio aumenta, también lo hace la abundancia total de camarones en los puntos de muestreo. Así mismo, se observó una menor cantidad de estos individuos en áreas con menor calidad ambiental, donde posiblemente la disponibilidad de recursos y alimentos es limitada [21, 25]. Estos hallazgos resaltan la relación entre la calidad ambiental y la abundancia de camarones, sugiere la necesidad de considerar estos indicadores como elementos esenciales para evaluar y gestionar la salud ambiental en diversas estaciones de estudio.

A pesar de no tener mayores diferencias significativas, las características generales de la población observada fueron similares en comparación con otras poblaciones de *Macrobrachium brasiliense* investigadas en la región amazónica de Sudamérica [13, 24], principalmente en relación a la estructura poblacional. Sin embargo, en este caso, los resultados no revelan diferencias significativas en la composición de la estructura y abundancia de la población entre la temporada seca y lluviosa. Por lo tanto, las predicciones sobre la influencia de la estacionalidad no pudieron ser confirmadas,

contrario a los resultados obtenidos por Nogueira et al. (2021) quienes observaron una composición poblacional diferencial entre la temporada seca y lluviosa [26].

Dentro de las especies del género *Macrobrachium* hay un claro patrón de dimorfismo sexual [48]; es común que se exhiba un crecimiento corporal diferente entre machos y hembras, que podría promover el desarrollo de estrategias de reproducción, sin embargo estas son diferentes entre las especies dentro del género [13, 22, 24, 26, 30, 32]. En este estudio, se pudo observar que los machos alcanzaron una longitud de caparazón mayor que las hembras, coincidiendo con hallazgos similares en investigaciones previas realizadas sobre la estructura poblacional de *M. brasiliense* en diversas áreas de la Amazonía en Brasil y Perú [13, 26, 38, 49]. Sin embargo, las medidas de tamaño de caparazón (CL) para *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, para machos 10.0 ± 4.1 mm y hembras 8.0 ± 2.7 mm, mostraron mayor similitud con la población de *Macrobrachium brasiliense* de Sao Paulo, donde los machos alcanzaron un tamaño promedio de 10.6 ± 4.0 mm y las hembras 7.3 ± 2.8 mm [13]. Esta diferencia puede tener implicaciones significativas en la estrategia reproductiva de esta especie. Los machos más grandes pueden tener una ventaja competitiva por el apareamiento, ser más eficaces en la lucha por el establecimiento de territorios y tener una mayor probabilidad de éxito reproductivo, ya que es probable que las hembras prefieran aparearse con machos de mayor tamaño [50, 51]. Para aquellas poblaciones como la de *Macrobrachium amazonicum* y *Macrobrachium jelskii*, en el cual el tamaño de las hembras ha llegado a ser mayor que el tamaño de los machos, puede estar relacionado con la producción mayor de huevos [22, 29, 34]. Por lo tanto, se sugiere que dentro de esta población, el tamaño corporal estaría directamente relacionado con el éxito reproductivo de los individuos más grandes, tal como ha sido observado en la especie de *M. brasiliense* y *M. iheringi* [24, 51].

La distribución de frecuencia por clase de tamaño del caparazón de los camarones machos y hembras de *Macrobrachium* aff. *brasiliense*, siguió un patrón unimodal similar a los resultados observados en poblaciones de especies *M. brasiliense*, *M. jelskii* y *M. amazonicum*. Este patrón, que muestra una mayor abundancia de individuos indeterminados y juveniles en las clases de tamaño más pequeñas, es característico de los crustáceos tropicales e indica patrones continuos de reproducción, reclutamiento, migración y mortalidad [22, 26, 29, 31].

La población evaluada en este estudio mostró una proporción de sexos de 1:2.0, diferente al teórico (1:1), con una inclinación significativa a favor de las hembras y con valores cercanos a los obtenidos en la población de *M. brasiliense* de Perú con valores de 1:1.7 [49]; varios estudios sobre la misma especie mantienen la proporción de sexos favorable a las hembras [13, 26, 34, 37, 38, 49]. En general es una tendencia que se ha visto en poblaciones de varias especies del género *Macrobrachium* como: *M. brasiliense*, *M. amazonicum*, *M. jelskii*, *M. acanturus* y *M. iheringi* [13, 24, 26, 29, 34, 51]. Sin embargo la especie *Macrobrachium hainanense* mostró una proporción sesgada a favor de los machos [52]. Algunos autores han determinado que hay varios factores que pueden influir sobre la proporción de sexo dentro de la población de camarones, como estrategias reproductivas, micro hábitats, longevidad y agresividad entre machos [29, 48]. Siendo esta última una conducta que puede aumentar la tasa de mortalidad entre ellos y por ello, en este puede explicar el por qué hay mayor abundancia de hembras sobre machos [26]. Otra alternativa es que, los crustáceos exhiben movimientos diferenciados en el tiempo y el espacio, siendo las hembras y los juveniles los que se desplazan en una dirección hacia áreas menos riesgosas, con el objetivo de disminuir la mortalidad [25, 53]. Otros autores, sugieren que la desviación en la proporción de sexos hacia las hembras puede aumentar la probabilidad de fertilización y el éxito reproductivo, y que este hecho puede caracterizar una reestructuración del grupo en términos de abundancia total para aumentar el reclutamiento [13].

Se observó un escaso número de hembras ovígeras, lo cual es común en poblaciones de esta especie [13, 26, 38, 49]. En el presente estudio, se lograron capturar solamente dos hembras ovígeras durante todo el periodo de estudio. Este hallazgo podría respaldar la hipótesis de que las hembras ovígeras podrían estar buscando refugio en otros lugares a lo largo del arroyo, sugiriendo la posibilidad de un comportamiento críptico, es decir, que se ocultan o permanezcan más discretas durante ciertas horas del día [13]. En otras palabras, la baja captura de hembras ovígeras puede deberse a su tendencia a refugiarse en lugares menos visibles o difíciles de alcanzar durante ciertos momentos. Las poblaciones de las diferentes especies de *Macrobrachium* tienen una reproducción y reclutamiento continuo y estacional [7, 22, 29]. En esta investigación los camarones juveniles e indeterminados fueron recolectados tanto en la temporada seca como en la lluviosa, indicando un patrón de reproducción continua garantizando el mantenimiento de la población en ambientes variables. En este estudio, se destacó que durante la temporada seca, la abundancia de estas categorías demográficas fue notablemente

más intensa, respaldando esta observación con hallazgos previos de otros estudios realizados [7, 13, 22, 25, 29, 54]. El periodo de reclutamiento de camarones fue identificado tras observar la presencia más abundante de individuos indeterminados (Indet) durante la temporada seca, período en el cual los camarones ingresan a una población en particular desde su fase larval hasta su establecimiento en hábitats adecuados [13, 25, 54]. Sin embargo, para obtener conclusiones más sólidas, es necesario llevar a cabo un análisis mensual de un período prolongado donde se pueda capturar más hembras ovígeras, para observar los picos de reclutamiento y comprender mejor la actividad reproductiva de esta población.

Los impactos de la estacionalidad sobre la abundancia y estructura de los camarones y en general de los crustáceos decápodos varían regionalmente de acuerdo a las condiciones ambientales locales y a cada especie [30, 31, 36]. La temperatura, oxígeno disuelto y caudal del agua no mostraron una correlación significativa con la abundancia de individuos, este hallazgo coincide con resultados encontrados en otros estudios no solo de *M. brasiliense*, sino también de otras especies del mismo género [13, 29, 37, 38]. Aunque estos factores abióticos no explicaron la variación en abundancia y estructura de *Macrobrachium aff. brasiliense*, se observaron ligeras fluctuaciones en el número de individuos, especialmente con una tendencia al aumento en la temporada seca. Al contrario de los resultados de otras investigaciones sobre *M. brasiliense*, donde se ha documentado mayor abundancia en la temporada lluviosa [13, 24, 38]. Esto se debe posiblemente a que debido a la alta velocidad del agua en la época lluviosa, se dificulta la captura de individuos, además el aumento del volumen de agua puede facilitar la dispersión espacial de los individuos hacia otros micro hábitats, mientras que en los períodos de menos lluvias, la dispersión es más restringida, lo que facilita la captura de camarones [1, 19, 25, 30].

Se ha observado que niveles más altos de precipitación contribuyen a una mayor oxigenación del agua, lo que favorece el desarrollo de los individuos acuáticos. Por el contrario, cuanto hay poca precipitación, los niveles de oxigenación son menores, lo que conlleva a una disminución en la tasa metabólica de estos individuos [30, 52]. Como resultado, durante las épocas secas, los camarones tienden a ser más pequeños comparados con los de la época de mayor precipitación donde se encuentran camarones con tallas más grandes [21, 52]. Sin embargo, en el presente estudio se encontraron camarones de tallas y en cantidades similares en ambas temporadas de

muestreo. Al igual que en el estudio de De Lucena (2020), tampoco se encontró una correlación significativa entre el nivel de oxígeno disuelto (DO) y la abundancia, sugiriendo que la disponibilidad de oxígeno disuelto se mantuvo probablemente dentro del rango adecuado para la población a lo largo de todo el período de investigación [19]. En resumen, aunque se esperaba que la disponibilidad de oxígeno disuelto fuera un factor determinante en la abundancia de camarones, los resultados sugieren que esta no fue una limitación en la población investigada.

En el presente estudio, se identificaron correlaciones significativas entre los factores abióticos: pH, conductividad, índice de impacto antrópico, índice de hábitat fluvial e índice de calidad de la ribera con la abundancia y estructura de la población. A pesar de que en estudios previos realizados en diferentes regiones de la Amazonía brasileña sobre *M. brasiliense* y *M. jelskii*, no se observó una relación significativa entre el pH y la abundancia de estas poblaciones [29, 37]. En este trabajo se determinó que tanto el pH como la conductividad tienen un peso importante en la abundancia y estructura de *Macrobrachium aff. brasiliense*, lo mismo lo ha reportado Bueno et al. (2019) [19, 21]. La conductividad del agua, que refleja la concentración de iones, puede desempeñar un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de los crustáceos. Investigaciones previas, como las realizadas en *Macrobrachium amazonicum*, han demostrado mayor abundancia de camarones en lugares con valores altos de conductividad y pH [55, 56]. Por otro lado, en un estudio realizado sobre *Macrobrachium rosenbergii*, se ha resaltado la influencia negativa de bajos niveles de pH en la supervivencia, crecimiento y calidad del caparazón, particularmente en camarones en las etapas post larvales y juveniles tempranas [57].

También se muestra que hubo una correlación negativa entre el índice de presión antrópica (IPA) y la abundancia de *Macrobrachium aff. brasiliense*, sobre todo los individuos juveniles los cuales ocupan las clases de tamaño más pequeñas. Esto sugiere un riesgo directo para la supervivencia y desarrollo de los camarones juveniles, lo que podría tener un impacto significativo en la disminución de la población total de *Macrobrachium aff. brasiliense* [54, 58]. Esta relación ya ha sido observada previamente en algunos estudios, donde factores como la degradación del hábitat, contaminación del agua o alteraciones en condiciones ambientales provocada por actividades humanas han afectado a las comunidades de organismos acuáticos [39, 54, 58, 59]. Se podría argumentar que estos camarones prefieren áreas con menos presión antrópica donde

los índices como el de hábitat fluvial (IHF) y calidad de la ribera del río (QBR) son altos. Esto destaca una estrecha relación entre los factores ambientales y biológicos; cuanto más heterogéneos son estos índices de calidad del entorno, mayor es la riqueza de comunidades de invertebrados acuáticos [39, 59].

En resumen, la población de *Macrobrachium aff. brasiliense* examinada en este estudio no exhibió abundancias significativas entre la temporada seca y lluviosa, sin embargo se notó un ligero mayor número de individuos en la temporada seca. También se corroboró la predominancia de las hembras sobre los machos, siguiendo el patrón observado en varias especies de *Macrobrachium* en América del Sur, incluyendo a *M. brasiliense*. Tampoco hubo diferencias significativas en relación al tamaño corporal entre machos y hembras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque la información sobre estudios de carcinología disponible en la región del Ecuador es escasa, el presente estudio contribuye al conocimiento sobre los camarones de agua dulce *Macrobrachium* aff. *brasiliense* en la cuenca alta del Napo, sirviendo como una línea base para futuras comparaciones de estudios poblacionales. A pesar de los valiosos hallazgos obtenidos en esta investigación, es esencial reconocer y discutir algunas limitaciones que podrían afectar la interpretación de los resultados. En primer lugar, la captura y muestreo de camarones se realizaron en dos ocasiones durante las dos épocas es decir una sola vez por estación y por época, lo que podría limitar la representatividad de la población estudiada. Se recomienda hacer un muestreo mensual, como se ha realizado en otros estudios, para lograr una comprensión más completa de la estructura y biología de la población. Además, la falta de datos detallados sobre la reproducción, especialmente por la escasa captura de hembras ovígeras, podría limitar la comprensión de su ciclo reproductivo. También es importante destacar que, aunque se analizaron algunos factores abióticos, la exclusión de ciertos elementos ambientales podría limitar la capacidad para comprender completamente las influencias del entorno en la abundancia y estructura de la población. Estas limitaciones resaltan la necesidad de futuras investigaciones más detalladas y específicas, que podrían incluir estudios genéticos y experimentos controlados, para mejorar nuestra comprensión de la ecología de los camarones de agua dulce en esta región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cavalcante DV, Bentes B, Martinelli-Lemos JM. Abundance and spatial-temporal distribution of *Macrobrachium surinamicum* Holthuis, 1948 (Palaemonidae) in the Amazon estuary, north of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2016; 77:594-601.
2. Encalada A, Guayasamin J, Suárez E, Mena C, Lessmann J, Sampedro C, et al. Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo. Trama Diseño: Quito, Ecuador. 2019.
3. Pombosa R, Bourrel L, Armijos E, Magat P. Monografía de la cuenca del río Napo en su parte ecuatoriana. 2006.
4. GAD.Tena. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y Plan de Uso de Suelo y Gestión de Suelo. 2023.
5. García-Guerrero MU, Becerril-Morales F, Vega-Villasante F, Espinosa-Chaurand LD. Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American journal of aquatic research*. 2013; 41(4):651-75.
6. Torres D. A comunidade íctica ea atividade pesqueira em uma ilha do complexo estuarino amazônico, Ilha das Onças-Barcarena-Pará. Belém: Universidade Federal do Pará. Dissertação de Mestrado; 2010.
7. Collart OO. Ecología e Potencial Pesqueiro do Camarão-Canela. *Macrobrachium*; 1994.
8. De Grave S, Cai Y, Anker A. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*. 2008:287-93.
9. Holthuis LB. A general revision of the Palaemonidae (crustacea Decapod Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemonidae 1952.
10. Magalhães C, Campos MR, Collins PA, Mantelatto FL. Diversity, distribution and conservation of freshwater crabs and shrimps in South America. A global overview of the conservation of freshwater decapod crustaceans. 2016:303-22.
11. Chong-Carrillo O, Vega-Villasante F, Arencibia-Jorge R, Akintola SL, Michán-Aguirre L, Cupul-Magaña FG. Research on the river shrimps of the genus *Macrobrachium* (Bate, 1868) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) with known or potential economic importance: strengths and weaknesses shown through scientometrics. *Latin American journal of aquatic research*. 2015; 43(4):684-90.
12. Bastidas Acosta ÓE. Bioecología del camarón de río amazónico *Macrobrachium brasiliense*: PUCE; 2015.
13. Mantelatto F, Barbosa L. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. *Acta Limnológica Brasiliensia*. 2005;17(3):245-55.
14. Valencia DM, Campos MR. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa*. 2007;1456(1):1-44.
15. Moscoso V. Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. 2012.
16. Rocha de Campos MH. Crustáceos decápodos de agua dulce de Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales; 2014.

17. Montoya JV. Freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* associated with roots of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) in the Orinoco Delta (Venezuela). *Caribbean Journal of Science*. 2003;39(1):155-9.
18. Covich AP, Palmer MA, Crowl TA. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*. 1999;49(2):119-27.
19. De Lucena IC, Do Nascimento WM, Pinheiro AP, Cascon P. Ecological responses of two shrimp populations (Palaemonidae) to seasonal abiotic factor variations in a Brazilian semiarid reservoir. *Ethology Ecology & Evolution*. 2020;32(5):409-32.
20. Gutiérrez Acuña S. Aspectos poblacionales y ecológicos de los camarones de agua dulce (Decapoda: Caridea): como aporte para la gestión del ecosistema acuático en los ríos Parismina y Dos Novillos, Limón, Costa Rica. 2019.
21. Bueno AA, Bonatto CR, Almeida AC. Influence of environmental variables on seasonal abundance and relative growth of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea: Decapoda: Caridea): variations of a continental population. *Iheringia Série Zoologia*. 2019;109.
22. Costa e Silva R, Cunha MC, Mossolin EC, Jacobucci GB. Population structure of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)(Decapoda: Palaemonidae) in Miranda Hydroelectric Plant Reservoir, Araguari river, Minas Gerais, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2019;31.
23. Mena Olmedo JP. Impactos de actividades antropogénicas discriminados por elementos mayores y traza en el camarón de río *Macrobrachium brasiliense* en la Amazonía ecuatoriana: Quito: USFQ, 2016; 2016.
24. Nogueira CdS, Oliveira MSd, Jacobucci GB, Almeida ACd. Relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) and its implications for reproduction. *Iheringia Série Zoologia*. 2019;109.
25. Bentes B, Martinelli J, Souza L, Cavalcante DV, Almeida MCd, Isaac VJ. Spatial distribution of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)(Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará). *Brazilian Journal of Biology*. 2011;71:925-35.
26. Nogueira CS, Alves DFR, Costa RC, Almeida AC. Seasonal variation in the population structure of the freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda: Palaemonidae) in a neotropical region. *Nauplius*. 2021;29.
27. Pileggi LG, Mantelatto FL. Taxonomic revision of doubtful Brazilian freshwater shrimp species of genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Iheringia Série Zoologia*. 2012;102:426-37.
28. Zarza González E. Abundancia y distribución del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) y del camarón de agua dulce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en la Laguna de Navío Quebrado, Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos, Costa Caribe Colombiana. 2004.
29. Barros-Alves SdP, Almeida AC, Fransozo V, Alves DFR, Silva JCd, Cobo VJ. Population biology of shrimp *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778)(Decapoda, Palaemonoidea) at the Grande River at northwest of the state of Minas Gerais, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 2012;24:266-75.
30. Lima JdF, Da Silva L. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)(Crustacea, Palaemonidae) in two regions of the State of Amapá, Amazon River mouth, Brazil. 2015.

31. Nóbrega PSVd, Bentes B, Martinelli-Lemos JM. Population structure and relative growth of the Amazon shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)(Decapoda: Palaemonidae) on two islands in the fluvial-estuarine plain of the Brazilian Amazon. *Nauplius*. 2014;22:13-20.
32. Mantel SK, Dudgeon D. Reproduction and sexual dimorphism of the palaemonid shrimp *Macrobrachium hainanense* in Hong Kong streams. *Journal of Crustacean Biology*. 2005;25(3):450-9.
33. Padilla Méndez JdJ, Piedrahita Rincón I. Abundancia y distribución de camarones del género *Macrobrachium* (Bate, 1868) en la antigua zona de influencia mareal de la Ciénaga del Totumo, Caribe colombiano: Universidad del Sinú, seccional Cartagena; 2023.
34. Silva MCN, Frédou FL, Rosa Filho JS. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. *Amazônia, Ciência & Desenvolvimento*. 2007;2(4):85-104.
35. Reinoso S, Muñoz D, Cedeño R, Tirado JO, Bangeppagari M, Mulla SI. Adaptation of" Biofloc" aquatic system for polyculture with tilapia (*Oreochromis sp.*) and river prawn (*Macrobrachium sp.*). *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2019;8(5):1130.
36. Covich A, Crowl T, Scatena F. Effects of extreme low flows on freshwater shrimps in a perennial tropical stream. *Freshwater Biology* 48, 1199–1206. 2003.
37. de Oliveira LJF, Sant'Anna BS, Hattori GY. Population biology of the freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) in the Middle Amazon Region, Brazil. *Tropical Zoology*. 2019;32(1):19-36.
38. Pereira MdGC, Chacur MM. Estrutura populacional de *Macrobrachium brasiliense* (Crustacea, Palaemonidae) do Córrego Escondido, Batayporã, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*. 2009;6(1):75-82.
39. Palma A, Figueroa R, Ruiz VH. Evaluacion de ribera y habitat fluvial a traves de los indices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*. 2009;73:57-63.
40. Bauer RT. Continuous reproduction and episodic recruitment in nine shrimp species inhabiting a tropical seagrass meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1989;127(2):175-87.
41. Sturges HA. The choice of a class interval. *Journal of the american statistical association*. 1926;21(153):65-6.
42. Wilson K, Hardy IC. Statistical analysis of sex ratios: an introduction. *Sex ratios: concepts and research methods*. 2002;1:48-92.
43. Clarke KR. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*. 1993;18(1):117-43.
44. Team RDC. R: A language and environment for statistical computing. (No Title). 2010.
45. Farias MCL, Filho PC, Pontes AI, Jacobina UP. DNA barcode reveals high cryptic diversity in the commercially important Penaeini shrimps (Decapoda, Penaeidae). *Organisms Diversity & Evolution*. 2023;23(4):857-69.
46. Sáez AG. Genes y especies. *Ecosistemas*. 2009;18(1).
47. de Araujo MC, Valenti WC. Feeding habit of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* larvae. *Aquaculture*. 2007;265(1-4):187-93.
48. Karplus I, Barki A. Male morphotypes and alternative mating tactics in freshwater prawns of the genus *Macrobrachium*: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2019;11(3):925-40.

49. García-dávila CR, ALCANTÁRA B F, VASQUEZ R E, CHUJANDAMA S M. Biología reproductiva do camarão *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862)(Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) em igarapés de terra firme da Amazônia Peruana. *Acta Amazonica*. 2000;30:653-.
50. Bauer R. Remarkable shrimps: natural history and adaptations of the carideans Norman. OK: University of Okalahoma Press [Google Scholar]. 2004.
51. Nogueira CdS, Perroca JF, Piantkoski EL, Costa RCd, Taddei FG, Fransozo A. Relative growth and population dynamics of *Macrobrachium iheringi* (Decapoda, Palaemonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 2019;59.
52. Mattos LAd, Oshiro LMY. Estrutura populacional de *Macrobrachium potiuna* (Crustacea, Palaemonidae) no Rio do Moinho, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica*. 2009;9:81-6.
53. Williner V, Collins P. Variación espacio-temporal de la actividad del camarón dulceacuícola *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877)(Crustacea, Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Ecología austral*. 2002;12(1):3-10.
54. Pescinelli RA, Carosia MF, Pantaleão JAF, Simões SM, Costa RC. Population biology and size at the onset of sexual maturity of the amphidromous prawn *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae) in an urban river in southeastern Brazil. *Invertebrate Reproduction & Development*. 2016;60(4):254-62.
55. Greenavvay P. Calcium balance and moulting in the Crustacea. *Biol Rev*. 1985;6:425-54.
56. Bialezki A, Nakatani K, Baumgartner G, Bond-Buckup G. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller)(Decapoda, Palaemonidae) in Leopoldo's inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná River, Porto Rico, Paraná, Brazil. *Revista brasileira de Zoologia*. 1997;14:379-90.
57. Kawamura G, Bagarinao T, Yong ASK, Chen CY, Noor SNM, Lim LS. Low pH affects survival, growth, size distribution, and carapace quality of the postlarvae and early juveniles of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* de Man. *Ocean Science Journal*. 2015;50:371-9.
58. Siméon T, Gideon A, Dramane D, Idrissa C, Mexmin K, Pierre N. Impact of anthropogenic activities on water quality and freshwater shrimps diversity and distribution in five rivers in Douala, Cameroon. *J Bio & Env Sci*. 2014;4(2):183-94.
59. Trama FA, Salcedo Gustavson SA, Demarcy L, Erbure Cardozo L, Jara Palomino BA, Muñoz Ccuro FE, et al. Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*. 2020;27:149-68.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las 15 estaciones de muestreo.

Código	Estaciones	Y	X	Altitud
E1	Parque la Isla	-0.99319	-77.81557	500 m
E2	San Jacinto	-0.92477	-77.82376	551 m
E3	Vía Talag Río 1	-1.06071	-77.90371	528 m
E4	Río Uchukulin	-1.04183	-77.89924	612 m
E5	Río Vía Pano	-0.98022	-77.89726	728 m
E6	Río Sardinayacu	-1.16084	-77.85350	498 m
E7	Río Pigue	-1.13698	-77.83512	477 m
E8	Río en Grand Selva Lodge	-1.09207	-77.55756	364 m
E9	Río Canuayacu	-1.05385	-77.69546	409 m
E10	Río Tiyuyacu	-1.04964	-77.70846	412 m
E11	Río Atahualpa	-1.04877	-77.74746	415 m
E12	Río Vía Ceibo	-1.02946	-77.67350	398 m
E13	Río Lluspi	-1.03659	-77.69073	406 m
E14	Ikiam Izq.	-0.94682	-77.87087	640 m
E15	Río Alto Tena	-0.93658	-77.88002	678 m

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Anexo 2. Análisis estadístico sobre la abundancia de camarones entre temporadas.

Abundancia de hembras, machos e indeterminados por temporada		
	Test de Levene	Anova
Temporada seca-lluviosa	0.873	0.209

*Levene p-valor > 0.05; homogeneidad de varianzas

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Anexo 3. Análisis estadístico sobre la correlación entre el ICA y la abundancia relativa de camarones.

	Shapiro -Wilk	Correlación Spearman
ICA	*0.06	
Abundancia	0.04	$\rho = 0.711$; *p = 0.002

*Shapiro Wilk p > 0.05; normalidad

*Spearman p < 0.05; correlación positiva

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.

Anexo 4. Resultados del análisis NMDS y análisis unidireccional de similitud (ANOSIM R, $\alpha=0.05$) de la variación estacional sobre la estructura poblacional en cuanto a categorías demográficas, sexo y clase de tamaño del caparazón.

Variación estacional sobre la estructura poblacional			
Estructura poblacional	Stress	Anosim R	p-valor
Categorías demográficas	0.096	0.03556	0.18
Sexo	0.093	0.07144	0.09
Clase de tamaño	0.118	0.08154	0.07
*p-valor < 0.05; diferencia significativa			

Realizado por: Charpentier Mirka, 2024.