



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

MADUREZ GONADAL EN CAMARONES DE RÍO
***Macrobrachium americanum* DEL RÍO DOS MANGAS,**
MANGLARALTO, SANTA ELENA.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTOR:

CAMPUZANO MAGALLÁN LIGIA DEL ROCÍO

TUTOR:

BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO, MSc.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

MADUREZ GONADAL EN CAMARONES DE RÍO
***Macrobrachium americanum* DEL RÍO DOS MANGAS,**
MANGLARALTO, SANTA ELENA.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTOR:

CAMPUZANO MAGALLÁN LIGIA DEL ROCÍO

TUTOR:

BLGO. XAVIER PIGUAVE PRECIADO, MSc.

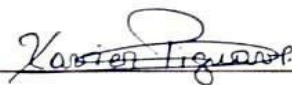
LA LIBERTAD - ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "**Madurez gonadal en camarones de río *Macrobrachium americanum* en la comuna Dos Mangas, Manglaralto, Santa Elena**", elaborado por **Ligia Campuzano Magallán** estudiantes de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0913435046

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**Madurez gonadal en camarones de río *Macrobrachium americanum* en la comuna Dos Mangas, Manglaralto, Santa Elena**”, elaborado por **Ligia Campuzano Magallán** estudiantes de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blgo. William Santos Sánchez, M.Sc.

Docente de Área
C.I. 2400216459

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza en cada paso de este camino, por iluminar mis días más difíciles “y sí que los hubo” y darme la valentía necesaria para continuar cuando el cansancio y la duda intentaron detenerme. Sin su guía, nada de esto habría sido posible.

A las personas que me dieron la vida, mis padres Toribio Campuzano, quien nos inculcó desde pequeños que el estudio es lo que nos abre puertas, y Ligia Magallán, quienes con amor, esfuerzo y enseñanzas han forjado lo que soy ahora. En especial, a mi madre, una mujer de inmensa fortaleza, que enfrentó la batalla contra el cáncer con una valentía inquebrantable dando un gran ejemplo de lucha. Gracias, mamá, por enseñarme a luchar, a no rendirme y a creer en el valor de cada amanecer. Este logro es también tuyo.

A mis hijas, fuerzas y luz de mi vida, por su paciencia, amor y comprensión durante las largas horas dedicadas a este trabajo. Cada logro mío es también un ejemplo para ustedes.

A mis hermanas, que siempre confiaron en mi capacidad desde el primer momento, que celebraron mis avances y me sostuvieron en los momentos de dificultad. Gracias por ser mi red, mi fuerza y mi hogar emocional.

A esa persona especial que siempre estuvo a mi lado, brindándome apoyo incondicional, ánimo en los momentos de agotamiento y compañía en los silencios. Gracias por creer en mí cuando yo misma dudaba.

A mis amigas, compañeras a ellas que en cada momento de flaqueza de desánimo estaban ahí para darme fuerzas y seguir que con cada ocurrencia hacían que los momentos más dolorosos sean llevaderos

Este trabajo y logro nacen del amor, la lucha, la resiliencia y la fe. Hoy, más que un título, celebro la historia que se tejió detrás de cada página.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme las puertas del conocimiento y brindarme la formación académica necesaria para mi desarrollo profesional. Cada experiencia vivida dentro de sus aulas ha contribuido significativamente a mi crecimiento personal, científico y humano.

Mi más profundo agradecimiento al Biólogo Xavier Piguave, M.Sc., por ser más que un tutor académico, quien no solo cumplió con el rol de docente, sino también del amigo empático en cualquier circunstancia. Gracias por su orientación constante, por la paciencia en cada proceso, por su apoyo incondicional y, sobre todo, por demostrar que la enseñanza también se construye desde la empatía y los valores humanos. Su acompañamiento ha sido fundamental para la culminación de este proceso.

A la Comuna Dos Mangas, por permitirme desarrollar esta investigación en su territorio, por su apertura, colaboración y disposición para compartir sus saberes y experiencias. Su confianza aportó un valor inigualable a este estudio y fortaleció mi conexión con el entorno natural y cultural de la zona.

A todos quienes, de una u otra manera, aportaron con su tiempo, conocimiento o palabras de ánimo, mi sincera gratitud.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de integración curricular presentado por **LIGIA DEL ROCÍO CAMPUZANO MAGALLÁN** requisito parcial para la obtención del grado Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

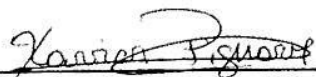
Trabajo de integración curricular **APROBADO** el:



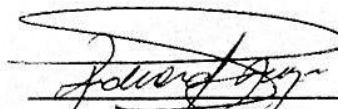
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc
DIRECTOR/A CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



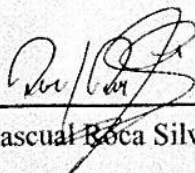
Blgo. William Santos Sánchez, M.Sc.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgtr.
DOCENTE GUÍA DE LA UIIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Beca Silvestre, Mgtr
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas, investigaciones y resultados expuestos en el trabajo de Integración Curricular denominado: "MADUREZ GONADAL EN CAMARONES DE RÍO *Macrobrachium americanum* DEL RÍO DOS MANGAS, MANGLARALTO, SANTA ELENA", me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma está compartido con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente



Campuzano Magallán Ligia Del Rocío

Cl: 0924681653

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	13
2. INTRODUCCIÓN.....	15
3. PROBLEMÁTICA.....	18
4. JUSTIFICACIÓN.....	20
5. OBJETIVOS	22
5.1. OBJETIVO GENERAL	22
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
6. HIPÓTESIS	23
7. MARCO TEÓRICO	24
7.1. Aspectos generales del camarón de río <i>Macrobrachium americanum</i>	24
7.2. Biología reproductiva y maduración gonadal	26
7.3. Índices biológicos para la evaluación de la madurez.....	29
7.4. Índice gonadosomático	30
7.5. Índice Hepatosomático	31
7.6. Factores ambientales que influyen en la maduración gonadal.....	32
7.7. Marco Legal.....	35
8. METODOLOGÍA	38

8.1.	Tipo de estudio.....	39
8.2.	Área de estudio	40
8.3.	Diseño de estaciones de muestreo	41
8.3.1.	Estaciones de muestreo.....	41
8.3.2.	Frecuencia de muestreo.....	42
8.4.	Fase de campo.....	43
8.4.1.	Identificación de especie, captura y etiquetado	43
8.4.2.	Captura y etiquetado.....	43
8.4.3.	Medición de parámetros ambientales	45
8.5.	Fase de laboratorio.....	48
8.5.1.	Medición morfométrica.....	48
8.5.2.	Extracción y pesaje de órganos.....	49
8.6.	Índices biológicos	50
8.6.1.	Índice gonadosomático (IGS).....	50
8.6.2.	Índice hepatosomático (IHS).....	50
8.7.	Análisis estadísticos	51
9.	RESULTADOS.....	52
9.1.	Determinación del peso y talla de <i>Macrobrachium americanum</i>	52
9.1.1.	Relación entre talla y peso de <i>Macrobrachium americanum</i>	54

9.1.2.	Talla y estados de madurez gonadal.....	55
9.1.3.	Proporción sexual.....	56
9.2.	Índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS)	57
9.2.1.	Índice gonadosomático y hepatosomático.....	57
9.2.2.	Estadios de madurez sexual	58
9.3.	Parámetros fisicoquímicos	60
9.4.	Correlación.....	65
10.	DISCUSIÓN.....	68
11.	CONCLUSIONES	72
12.	RECOMENDACIONES	74
13.	Bibliografía.....	75
14.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos morfológicos de <i>Macrobrachium americanum</i>	24
Figura 2. Esquema de la metodología aplicada.....	38
Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio	40
Figura 4. Promedio de peso (g) de <i>Macrobrachium americanum</i> en las diferentes estaciones de muestreo	53
Figura 5. Promedio de talla (mm) de <i>Macrobrachium americanum</i> en las diferentes estaciones de muestreo	53
Figura 6. Relación entre peso estimado y longitud total en la población analizada.....	54
Figura 7. Distribución de los estados de madurez gonadal según la talla.....	55
Figura 8. Proporción sexual de <i>Macrobrachium americano</i>	56
Figura 9. Índice gonadosomático (IGS) e índice hepatosomático (IHS) en los diferentes estadios de maduración.....	57
Figura 10. Variación mensual del pH (Kruskal-Wallis).....	61
Figura 11. Variación mensual de oxígeno disuelto (Kruskal-Wallis).....	62
Figura 12. Variación mensual de la temperatura (Kruskal-Wallis)	63
Figura 13. Variación mensual de la conductividad (Kruskal-Wallis).....	64
Figura 14. Correlación entre IGS, IHS y clases de talla.....	66
Figura 15. Correlación entre el índice gonadosomático y parámetros fisicoquímicos.....	67

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Características de los estadios gonadales	29
Tabla 2. Coordenadas de cada estación de monitoreo del río Dos Mangas.....	42
Tabla 3. Estadio de madurez gonadal de <i>Macrobrachium americanum</i>	59

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de campo	83
Anexo 2. Fotografía de laboratorio.....	84
Anexo 3. pH.....	85
Anexo 4. OXÍGENO DISUELTO	85
Anexo 5. TEMPERATURA.....	86
Anexo 6. CONDUCTIVIDAD.....	86

1. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar los estados de madurez gonadal del camarón de río *Macrobrachium americanum* mediante observación macroscópica, en relación con los parámetros físico-químicos del agua en condiciones naturales en el río Dos Mangas, Santa Elena. El estudio se desarrolló por muestreos bimensuales de marzo a octubre de 2025 en seis estaciones distribuidas a lo largo del río. El cual, se registraron datos morfométricos de peso y talla, además se calcularon índices gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS), y la medición de las variables ambientales de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. Por otra parte, para los análisis estadísticos se realizaron correlaciones de Spearman y análisis de Kruskal–Wallis que permitió evaluar variaciones entre periodos. Los resultados evidenciaron un predominio de hembras (92.2 %), con los mayores valores de talla y peso registrados en la estación E3, indicando condiciones ambientales más favorables en esa área. El IGS reveló un incremento progresivo desde el estadio I con 0.75 % hasta el estadio IV con un 12.54 %. A diferencia, del IHS que alcanzó su valor máximo en el estadio III (3.22 %) y disminuyó seguidamente en el estadio IV, denotando la transferencia de reservas energéticas hacia las gónadas durante el proceso de maduración. El análisis estadístico arrojó correlaciones positivas de la temperatura y el oxígeno disuelto y el IGS, asimismo con una correlación negativa alta con la conductividad, lo que presentó que concentraciones elevadas de sales reducían el avance de la maduración gonadal, el pH, aunque con influencia moderada, presentó variaciones estacionales asociadas a la estabilidad reproductiva. En síntesis, los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos influyeron notablemente en la maduración gonadal, esto refleja que el desarrollo gonadal reproductivo está conjuntamente relacionado con el entorno natural.

Palabras clave: Madurez gonadal, IGS, IHS y parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the gonadal maturity stages of the river shrimp *Macrobrachium americanum* through macroscopic observation, in relation to the physicochemical parameters of the water under natural conditions in the Dos Mangas River, Santa Elena. The study was conducted through bimonthly sampling from March to October 2025 at six stations distributed along the river. Morphometric data on weight and length were recorded, and the gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) were calculated. Environmental variables such as pH, temperature, dissolved oxygen, and conductivity were also measured. Spearman's rank correlation coefficient and Kruskal-Wallis tests were used for statistical analysis, allowing for the evaluation of variations between sampling periods. The results showed a predominance of females (92.2%), with the highest length and weight values recorded at station E3, indicating more favorable environmental conditions in that area. The IGS revealed a progressive increase from stage I (0.75%) to stage IV (12.54%). In contrast, the IHS reached its maximum value in stage III (3.22%) and subsequently decreased in stage IV, indicating the transfer of energy reserves to the gonads during the maturation process. Statistical analysis showed positive correlations between temperature and dissolved oxygen and the IGS, as well as a strong negative correlation with conductivity, indicating that high salt concentrations reduced gonadal maturation. pH, although having a moderate influence, showed seasonal variations associated with reproductive stability. In summary, the results showed that physicochemical parameters significantly influenced gonadal maturation, reflecting that reproductive gonadal development is closely related to the natural environment.

Keywords: Gonadal maturity, IGS, IHS, and physicochemical parameters.

2. INTRODUCCIÓN

Los acontecimientos de los procesos reproductivos en crustáceos de agua dulce resaltando a *Macrobrachium americanum* perteneciente a la familia Palaemonidae, ha alcanzado gran relevancia en biología acuática y acuicultura por su aporte ecológico y económico. Su distribución abarca desde México hasta Perú, encontrándose en ríos y estuarios del país. En las últimas décadas ha sido considerado de interés investigativo debido a que su ciclo de vida incluye ambientes tanto de agua dulce como salobre (Holthuis, 1952). Por ende, comprender los factores que condicionan su reproducción es fundamental para su manejo sostenible, especialmente en comunidades como Dos Mangas, en la provincia de Santa Elena.

La maduración gonadal es una característica importante en la biología reproductiva de *Macrobrachium americanum* porque indica cuándo estos organismos alcanzan la madurez sexual y logran reproducirse. Este comportamiento está controlado por causas internas como la genética y el estado nutricional, también por variables ambientales como la salinidad, temperatura y disponibilidad de alimento (Holthuis, 1952). A pesar de ello, en situaciones naturales, se desconoce cómo estos factores

influyen en la reproducción de la especie, lo que impide desarrollar estrategias de manejo sostenible (Espinosa-Chaurand et al., 2011).

Las variaciones ambientales estacionales juegan un papel importante en la maduración gonadal de especies del género *Macrobrachium*, como lo muestran estudios que han evidenciado que las fluctuaciones en la temperatura y la salinidad afectan directamente el proceso reproductivo (Da Silva et al., 2004). Este estudio se centró en analizar las gónadas de *Macrobrachium americanum* mediante un análisis macroscópico, que permitirá identificar las diferentes fases de maduración gonadal, cruciales para entender su ciclo reproductivo y proponer medidas de conservación (New et al., 2009).

Dos mangas, comuna representada por tradiciones culturales y ambientales, utilizan el camarón de río *Macrobrachium americanum* para su consumo habitual aprovechando los nutrientes naturales que estos presentan. Su creciente demanda en lo convierte en un recurso de importancia económica para las familias residentes. Sin embargo, la falta de estudios sobre sus patrones reproductivos en estado silvestre, especialmente sobre los factores que influyen en su maduración gonadal, representa una dificultad para su manejo sostenible (Espinosa-Chaurand et al., 2011).

Los lineamientos detallados de la maduración gonadal de *M. americanum* no solo tiene implicaciones para la gestión sostenible de las poblaciones silvestres en Dos Mangas, sino que también tiende a contribuir oportunidades para la diversificación genética de la acuicultura en Ecuador. Aunque la productividad acuícola del país se engloba principalmente en especies marinas como *P. vannamei*, el cultivo de camarones de agua dulce podría ser una alternativa rentable, sostenible y ecológica, comprendiendo la biología reproductiva de esta especie (Espinoza et al., 2020).

Esta investigación tiene como propósito analizar los estados de madurez gonadal de *Macrobrachium americanum* mediante técnica macroscópica relacionados con los parámetros físicos y químicos en condiciones naturales. A su vez, se analizarán las variaciones estacionales en el ciclo reproductivo, con la finalidad de establecer estrategias de conservación y aprovechamiento sostenible. Contemplar estos procesos es esencial para el manejo responsable de especies acuáticas en ecosistemas tropicales, donde las condiciones ambientales varían significativamente (Ferreira et al., 2012).

3. PROBLEMÁTICA

Macrobrachium americanum, mantiene un gran potencial en el abastecimiento nutricional para poblaciones vulnerables. Por ende, la sostenibilidad de esta especie se ve amenazada por varias dificultades, ya que hay poca información sobre su biología reproductiva, y más aún en lo que respecta a la maduración gonadal.

Por otra parte, la maduración gonadal depende de factores ambientales como la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto. Enfocándose en Dos Mangas, no se ha analizado científicamente cómo estas variables afectan el ciclo reproductivo de *Macrobrachium americanum*, lo que limita la implementación de medidas como vedas reproductivas o iniciativas de repoblación (Espinoza et al., 2020).

Por otro lado, la explotación no limitante de los recursos naturales y la degradación del hábitat de esta especie es otra preocupación, porque la población de *M. americanum* está en peligro debido a diversas causas que no han sido evaluadas en cuanto a cómo influyen en la reproducción y sobrevivencia de esta especie; como consecuencia, nos indica un peligro no solo para la diversidad de especies que habitan en el área, sino también para las personas que se mantienen económicamente de la pesca de camarón.

La falta de conocimiento sobre los estados de madurez gonadal en cautiverio también dificulta el desarrollo de programas de cría de *M. americanum*, limitando su potencial como alternativa acuícola frente a especies marinas como *P. vannamei* (New et al., 2009).

La madurez gonadal en *Macrobrachium americanum* está fuertemente modificada por el físico del agua y los factores como la temperatura, el oxígeno y la salinidad. Estudios de crustáceos muestran que, en un rango de temperatura ni muy baja ni muy alta, se promueven procesos hormonales y enzimáticos que permiten la vitogénesis y la maduración ovárica, mientras que la temperatura fuera del área inhibe el desarrollo de las gónadas (Meireles et al., 2013).

4. JUSTIFICACIÓN

El estudio de la maduración gonadal del camarón de río *Macrobrachium americanum* en la comunidad de Dos Mangas, Santa Elena, es fundamental para la conservación de los ecosistemas acuáticos y el bienestar de las poblaciones que dependen de este recurso. Esta especie desempeña un papel ecológico clave en los ríos y estuarios, contribuyendo al equilibrio de las redes tróficas y al reciclaje de materia orgánica (Holthuis, 1952).

Sin embargo, hay una comprensión limitada acerca de sus procesos reproductivos en estado natural, de esta manera, la falta de información impide el desarrollo de estrategias de conservación, como programas de vedas reproductivas y de repoblación, que garantizarían la sostenibilidad del recurso (Espinosa-Chaurand et al., 2011).

Desde el punto de vista socioeconómico, muchas familias en Dos Mangas dependen artesanalmente de la pesca de *M. americanum* como fuente de ingreso. La sobreexplotación y la degradación amenazan la estabilidad de estas comunidades y de los demás organismos ya que cumplen funciones ecológicas en el control de

Fitoplancton, algas, reciclaje e indicadores de calidad caudal de los ríos. Por ello, un manejo basado en evidencia científica es esencial para mantener esta actividad de forma sostenible (Cortés et al., 2017).

Por otro lado, el análisis de la madurez gonadal de esta especie puede ayudar a diversificar la acuicultura en Ecuador; aunque en la actualidad se prioriza el cultivo de *Penaeus vannamei*, el desarrollo de técnicas para el cultivo de *M. americanum* se podría presentar como una alternativa rentable y ecológicamente viable (Espinoza et al., 2020).

Esta investigación acentuó bases orientadas a la conservación del hábitat, y a la vez fomentó el fortalecimiento de la economía local, en base al uso responsable y sostenible de *Macrobrachium americanum*.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar los estados de madurez gonadal de *Macrobrachium americanum* por medio de la técnica macroscópica en relación con parámetros fisicoquímicos en condiciones naturales.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el peso y la talla de *Macrobrachium americanum* con relación a los estados de madurez gonadal y de madurez sexual.
- Establecer el índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) en relación con los estados de madurez.
- Relacionar la influencia de los parámetros físicos (temperatura, conductividad) y químicos (pH y oxígeno) con los estados de madurez gonadal.

6. HIPÓTESIS

H1: Los parámetros fisicoquímicos del agua de río sí influyen en la maduración gonadal de los *Macrobrachium americanum*.

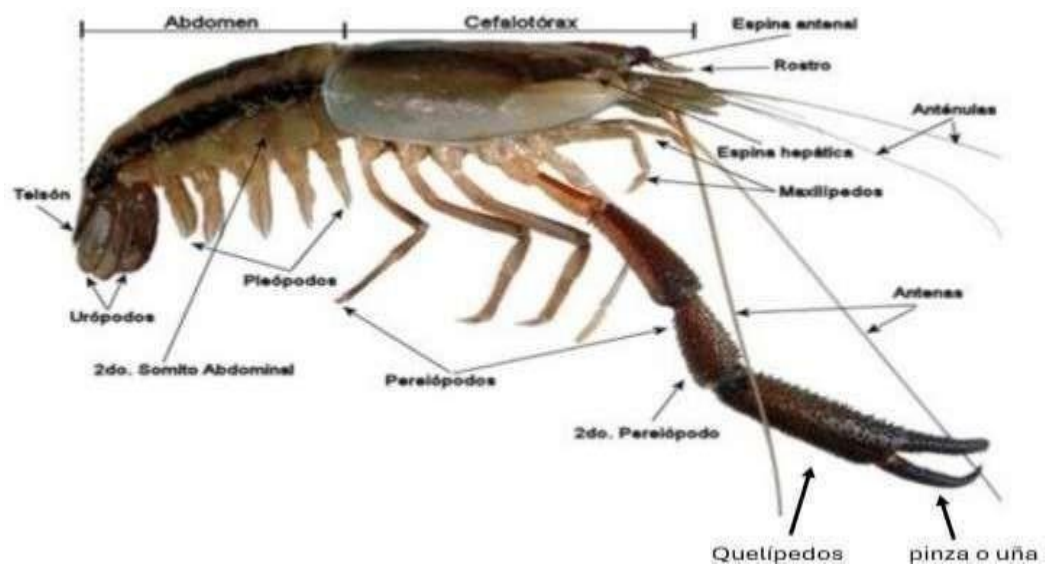
7. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades de *Macrobrachium americanum*

Las especies de *Macrobrachium* es un componente significativo de la biodiversidad de crustáceos de agua dulce en América Latina, figurando a *M. americanum* cuya importancia ecológica y socioeconómica ayudan a favorecer las condiciones del hábitat y mejorar la calidad de vida de la población más vulnerable.

Figura 1.

Aspectos morfológicos de Macrobrachium americanum.



Nota. Tomado de (Vega-Villasante et al., 2014). Aspectos morfológicos de *Macrobrachium americanum*.

Específicamente, este crustáceo habita en los sistemas hidrológicos de la región costera, adaptándose a ambientes de agua dulce con propiedades dinámicas y complejas que requieren una capacidad de adaptación morfológica y fisiológica (Vega-Villasante et al., 2014).

Desde el punto de vista ecológico, esta especie tiene un papel importante como componente de redes tróficas complejas, actuando de manera simultánea como depredadores y presas en los ecosistemas de río; es así como la dieta omnívora les permite ocupar diversos niveles tróficos, ayudando al flujo de energía y al mantenimiento del equilibrio ecológico (Palafox & Mandujano, 2012). Por otro lado, su sensibilidad a modificaciones ambientales los convierte en importantes bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos, lo que aumenta su importancia tanto para la investigación científica como para el monitoreo ambiental (Pincay-Reyes, 2022).

Macrobrachium americanum se caracteriza por presentar una estructura corporal típica de los camarones de río, con un exoesqueleto quitinoso, apéndices modificados para la locomoción y captura de alimento, y dimorfismo sexual marcado, donde los machos presentan un crecimiento alométrico en el segundo pereópodos, lo que indica que estas pinzas aumentan de tamaño de manera

desproporcionada en relación con otras partes del cuerpo en comparación con las hembras (Cortés et al., 2017).

Las hembras, por su parte, manifiestan un crecimiento alométrico notable en los pleópodos abdominales, caracterizándose por endópodos de mayor tamaño que favorecen la movilización de los huevos durante el proceso de incubación (Pincay-Reyes, 2022). La reproducción de *Macrobrachium americanum* es importante no solo por la protección de sus poblaciones naturales, sino también para su explotación en la acuicultura, esta especie se encuentra en ríos que desembocan en el océano a lo largo de la costa del pacífico desde México y Perú, donde las hembras son capaces de ovar miles de huevos, lo que les ayuda a sostener su ciclo de vida mediante la migración larval en estuarios y el crecimiento en agua dulce (Pantaleao et al., 2018).

7.2. Biología reproductiva y maduración gonadal

La reproducción en crustáceos representa un proceso biológico complejo caracterizado por mecanismos neuroendocrinos altamente especializados y los ciclos reproductivos están modulados por una intrincada interacción entre factores

ambientales y señales hormonales, principalmente reguladas por el complejo órgano-X y la glándula sinusal, que controlan los procesos de vitelogénesis, maduración gonadal y producción de gametos (Meireles et al., 2013). Sin embargo, esta regulación hormonal permite a la especie adaptarse a condiciones ambientales fluctuantes, garantizando la eficiencia reproductiva en ecosistemas de alta variabilidad ecológica (Ferreira et al., 2012).

En *M. americanum*, el desarrollo gonadal se caracteriza por presentar etapas morfológicas y fisiológicas específicas, las cuales implican complejos cambios celulares en las gónadas (Vega-Villasante et al., 2014). Dentro de este proceso ocurren fenómenos de proliferación celular, diferenciación de gametos y acumulación de reservas energéticas indispensables para lograr una reproducción efectiva y los diferentes grados de madurez gonadal se identifican mediante variaciones en la coloración, el tamaño y la estructura histológica de las gónadas; estos factores ofrecen información esencial acerca del estado reproductivo de los individuos en diversas etapas de su ciclo vital (Cortés et al., 2017).

La estrategia de reproducción de *M. americanum* se basa en un conjunto de adaptaciones morfofisiológicas que maximizan la supervivencia y el desarrollo de las crías; los mecanismos de selección sexual y los patrones de apareamiento están

influidos por factores ambientales como la temperatura, la disponibilidad de alimento y las características hidráulicas del hábitat (Rodríguez-Alegría, 2024). Particularmente, las hembras desarrollan estrategias reproductivas complejas que incluyen el cuidado parental mediante el transporte de huevos adheridos a sus pleópodos, lo cual representa una adaptación evolutiva que incrementa significativamente las probabilidades de supervivencia en ambientes fluviales dinámicos (Wasiw & Yépez, 2017).

De acuerdo con Romero et al. (2021), los cuales indican que la madurez gonadal en esta especie se puede evaluar mediante observaciones macroscópicas de las gónadas, considerando características como el color, tamaño y textura, complementadas con el índice gonadosomático (IGS), permitiendo identificar el estado reproductivo del organismo y establecer patrones de reproducción en poblaciones silvestres. Se clasificarán mediante la escala macroscópica de madurez gonadal adaptada para *M. americanum*, basada en observaciones visuales y criterios reproductivos.

Tabla 1.

Características de los estadios gonadales.

Estadio	Características
Inmaduro	Gónada delgada, presenta coloración transparente poco desarrollado.
En desarrollo (Previtelogénico)	Gónadas ligeramente engrosadas, forma tubular definida con coloración blanco crema.
Maduro	Gónadas grandes, ocupan gran parte del cefalotórax con color amarillo intenso y huevos claramente visibles.
Post- desove	Gónada flácida, reducida con apariencia de saco vacío y resto de ovocitos.

Nota. Adaptado de Moreno et al. (2012). Describe las características morfológicas empleadas para clasificar los estadios de madurez gonadal en *Macrobrachium americanum*.

7.3. Índices biológicos para la evaluación de la madurez.

Los índices biológicos son instrumentos esenciales en la evaluación de los procesos reproductivos de organismos acuáticos, porque brindan datos cuantitativos exactos acerca del desarrollo gonadal y la condición fisiológica (Benítez et al., 2013). Estas métricas posibilitan que los investigadores determinen correlaciones entre las variables morfométricas y los estados reproductivos, lo que ayuda a entender cómo funcionan los mecanismos adaptativos en las especies de crustáceos de agua dulce (Pincay-Reyes, 2022).

Las investigaciones de los índices biológicos sostienen una evaluación con múltiples factores esenciales, en la cual se consideran las variables morfológicas, fisiológicas (Paredes et al., 2019). Estos indicadores proporcionan información minuciosa sobre la distribución de reservas energéticas, las variaciones en el desarrollo gonadal y las respuestas adaptativas de los organismos frente a condiciones ambientales específicas. Los procesos empleados para determinar estos índices han mostrado un notable progreso, integrando técnicas analíticas más avanzadas que facilitan una interpretación más ajustada y completa (Wasiw & Yépez, 2017).

7.4. Índice gonadosomático

El índice gonadosomático es una medida que a menudo se usa en estudios reproductivos para evaluar la contribución del cuerpo al desarrollo de las gónadas en relación con su peso corporal total. GSI generalmente se calcula de la siguiente manera: $IGS = \text{peso de las gónadas} / \text{peso de los organismos} \times 100$ (Benítez et al., 2013). Esta métrica proporciona información crítica sobre los ciclos reproductivos, la maduración sexual y la asignación de recursos energéticos en diferentes estadios del desarrollo gonadal donde el peso IGS puede ser de 0,10 - 0,15 g, su precisión

radica en la capacidad de reflejar cambios morfológicos y fisiológicos asociados con los procesos de gametogénesis y maduración sexual (Medina et al., 2019).

La variabilidad del IGS está condicionada por numerosos factores fisiológicos y medioambientales, tales como la temperatura, el estado en términos de nutrición, la disponibilidad de comida y las condiciones hidráulicas de la entidad. Este índice, según han confirmado los investigadores Benítez, López y Torres (2013), tiene variaciones notables durante el ciclo reproductivo.

7.5. Índice Hepatosomático

El Índice Hepatosomático (IHS) representa un indicador biológico crucial para evaluar el estado nutricional y metabólico de los organismos acuáticos, particularmente en crustáceos como *M. americanum*. Este índice cuantifica la relación porcentual entre el peso de la hepatopáncreas y el peso total del individuo, donde se utiliza la siguiente fórmula: $IHS = \frac{\text{Peso de hepatopáncreas}}{\text{peso de organismos}} \times 100$ (Díaz-Monge et al., 2001).

Los procesos de almacenamiento y utilización de reservas energéticas están estrechamente relacionados con la dinámica del IHS, lo que lo convierte en un indicador sensible del estado fisiológico del organismo (Espinoza et al., 2020). Al analizar las variaciones de este índice, los investigadores pueden comprender los mecanismos de asignación de energía a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida, ya que dichas variaciones pueden asociarse con factores como la disponibilidad de alimentos, las condiciones ambientales y las fases reproductivas.

7.6. Factores ambientales que influyen en la maduración gonadal

Los parámetros fisicoquímicos del hábitat representan moduladores críticos en los procesos de maduración gonadal de los crustáceos de agua dulce:

La temperatura del agua es uno de los factores más determinantes en la maduración gonadal, ya que regula el metabolismo basal, la actividad enzimática y la secreción hormonal. En crustáceos del género *Macrobrachium*, temperaturas dentro del rango óptimo favorecen la vitelogénesis, aceleran el desarrollo ovocitario y sincronizan los ciclos reproductivos; temperaturas bajas provocan una disminución de la tasa metabólica, retrasando el crecimiento gonadal y prolongando los periodos de maduración. Por el contrario, temperaturas elevadas pueden inducir estrés fisiológico incrementar el consumo energético y afectar negativamente la calidad de los gametos, para especies tropicales el

rango óptimo de temperatura se sitúa entre 26 y 28 °C donde se observa una mayor actividad reproductiva y eficiencia fisiológica (New et al., 2009).

El oxígeno disuelto es un parámetro fundamental para sostener el metabolismo energético necesario que se emplea durante la maduración gonadal. Es decir, los niveles adecuados de oxígeno permiten una correcta respiración celular, favoreciendo la síntesis de proteínas y lípidos involucrados en la formación de gónadas. Ejemplificando, en condiciones de hipoxia los crustáceos experimentan una disminución en la proliferación celular y en la actividad metabólica, denotando que se traduce en un retraso de la gametogénesis y una disminución del índice gonadosomático. Valores de oxígeno disuelto $> 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ son establecidos óptimos para mantener procesos reproductivos normales y prevenir alteraciones fisiológicas (Medina et al., 2019)

El pH del agua influye directamente en la estabilidad enzimática, el equilibrio ácido-base y la regulación hormonal; un pH dentro del rango óptimo favorece la eficiencia metabólica y la correcta función de las enzimas involucradas en la muda y la gametogénesis. Valores de pH ácido pueden afectar negativamente la formación del exoesqueleto durante la muda, incrementar el gasto energético y reducir la disponibilidad de energía destinada a la maduración gonadal en crustáceos de agua dulce. Un rango de pH entre 6.8 y 8.0 es considerado adecuado para el desarrollo reproductivo normal (Meireles et al., 2013).

La conductividad del agua refleja la concentración de sales disueltas e iones presentes en el ambiente acuático, siendo un indicador indirecto de la mineralización del agua. Este parámetro influye en los procesos de osmorregulación. En *M. americano*, niveles moderados de conductividad favorecen el mantenimiento del balance osmótico, reduciendo el estrés fisiológico y permitiendo que la energía metabólica se destine a procesos reproductivos como la maduración gonadal. Conductividades muy bajas pueden generar desequilibrios iónicos mientras que valores elevados pueden provocar estrés osmótico, afectando el crecimiento y el desarrollo de las gónadas. Generalmente, rango de 50 a 1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Son compatibles con ambientes adecuados para crustáceos de agua dulce dependiendo de la especie y del sistema fluvial (Espinoza et al., 2020).

7.7. Marco Legal

De acuerdo con el marco legal: **TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA)**

Decreto Ejecutivo 3516

Basado en el Registro Oficial Especial 2 de 31- marzo publicado en 2003 Última modificación: 29-marzo -2017

Estado: Reformado

Libro IV: De la Biodiversidad.

Título II: De la Investigación, Colección y Exportación de Flora y Fauna Silvestre.

Art. 6.- Toda investigación científica relativa a la flora y fauna silvestre a realizarse en el Patrimonio Nacional de Áreas Naturales por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, requiere de la autorización emitida por el Distrito Regional correspondiente.

Fuera del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales, no se requiere autorización de investigación, salvo que el proyecto respectivo implique la recolección de especímenes o muestras.

En el artículo 6 se establece el marco regulatorio para la ejecución de investigaciones científicas sobre la flora y fauna silvestre en el territorio ecuatoriano, debido a que toda investigación realizada dentro del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales debe contar con la autorización emitida por el Distrito Regional correspondiente.

Art. 7.- El Ministerio del Ambiente dará un tratamiento diferenciado, facilitando o restringiendo las actividades planteadas en los proyectos de investigación científica de flora o fauna silvestres, entre otros, en relación con los siguientes aspectos:

- a) El estado de conservación (estatus poblacional) de la(s) especie(s) sujeto(s) de investigación.
- b) El nivel de manipulación experimental o de otra índole sobre los individuos, las poblaciones o sus hábitats o su potencial impacto directo e indirecto sobre ellos.

La sensibilidad ecológica y biológica de los organismos objeto de investigación y de los hábitats naturales donde se llevará a cabo la investigación.

En este artículo se enlaza con el estudio de las especies, al igual que con la conservación, basado en el tema de estudio sobre la fecundidad y reproducción de los camarones al tratarse de una especie nativa que habita en ecosistemas de agua dulce cuya dinámica poblacional y estado de conservación requieren ser comprendidos para su adecuada gestión.

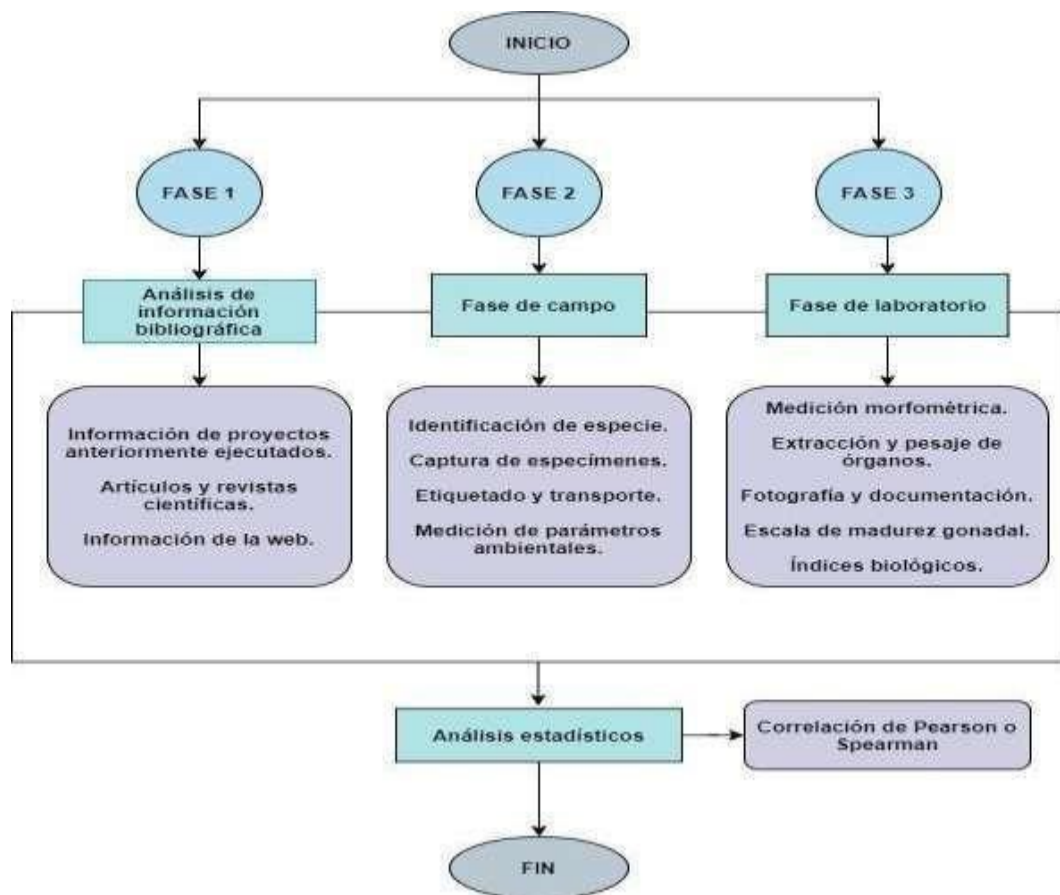
El presente estudio cuenta con el permiso respectivo por parte del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Autorización de recolección de especímenes de la diversidad biológica. “MAATE-ARSFC-2025-0843”.

8. METODOLOGÍA

La metodología aplicada se dividió en tres fases, tal como podemos observar en la Figura 2.

Figura 2.

Esquema de la metodología aplicada.



Nota. Representación esquemática de las fases de la metodología aplicada en el estudio.

8.1. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo y correlacional, con criterio cuantitativo con el fin de caracterizar los estados de madurez gonadal de *Macrobrachium americanum* y al mismo tiempo establecer cómo está relacionada con las variables ambientales presentes en el ecosistema fluvial. De la misma manera, tiene un diseño longitudinal porque se realizan muestreos periódicos cada 15 días durante 6 meses.

Desde este punto de vista, nos permite observar las variaciones temporales en los índices reproductivos de *Macrobrachium americanum*, como el índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS), y así poder establecer correlaciones con factores ambientales.

Este diseño es adecuado para estudios de madurez gonadal de esta especie, porque esta se desarrolla en fases sucesivas que requieren el seguimiento temporal. Investigaciones previas en crustáceos de agua dulce han demostrado la eficacia de este diseño para caracterizar ciclos reproductivos (Medina et al., 2019; Romero et al., 2021)

8.2. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el río de la Comuna Dos Mangas, ubicada en Manglaralto, perteneciente a la parroquia rural del cantón Santa Elena, siendo localizada a 7 km de la cabecera parroquial, con coordenadas $1^{\circ}49'47''\text{S}$ $80^{\circ}41'55''\text{O}$. El acogimiento de esta zona corresponde al hábitat natural de la especie siendo los ríos y arroyos un hábitat que proporcionan un entorno adecuado para el desarrollo y reproducción de la especie, involucrando a que el estudio de sus patrones reproductivos sea factible

Figura 3.

Ubicación geográfica del área de estudio.



Nota. Mapa de la provincia de Santa Elena. Ubicación del estudio.

8.3. Diseño de estaciones de muestreo

8.3.1. Estaciones de muestreo

En el presente estudio se delimitaron 6 estaciones de muestreo a lo largo del cauce del río Dos Mangas, las cuales fueron seleccionadas de manera estratégica considerando las condiciones hidrológicas, geomorfológicas y ecológicas del entorno.

La ubicación de las estaciones respondió a la necesidad de representar de forma adecuada la variabilidad de espacio del río, incluyendo zonas con diferentes características de flujo, profundidad del sustrato y cobertura vegetal, así como áreas asociadas a cascadas y tramos de corriente moderada, que constituyen hábitats relevantes para *Macrobrachium americano*. Asimismo, se registraron parámetros fisicoquímicos del agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, con el fin de evaluar las condiciones ambientales que podrían influir en los procesos fisiológicos y reproductivos de la especie

Tabla 2.

Coordenadas de cada estación de monitoreo del río Dos Mangas.

Estaciones	Coordenadas
1	1° 49' 26.31" S - 80° 40' 57.30" O
2	1° 49' 29.55" S - 80° 41' 0.54" O
3	1° 49' 32.79" S - 80° 41' 3.78" O
4	1° 49' 36.04" S - 80° 41' 7.02" O
5	1° 49' 39.28" S - 80° 41' 10.26" O
6	1° 49' 42.51" S - 80° 41' 13.50" O

Nota. Cada estación con su respectiva coordenada

8.3.2. Frecuencia de muestreo

Se tomó en cuenta la recolección de individuos se acentuaron en individuos adultos de *Macrobrachium americanum* para el análisis gonadal, se capturaron 5 organismos (machos y hembras) en cada una de las 6 estaciones. La obtención de los especímenes se realizó cada 15 días por un periodo de 6 meses, lo que equivale a un total de 360 ejemplares. Espinoza y Reyes (2019), esta constancia permite analizar diversas fases del ciclo reproductivo.

8.4. Fase de campo

8.4.1. Identificación de especie, captura y etiquetado

La identificación de los ejemplares de *Macrobrachium americanum* se realizó siguiendo los criterios taxonómicos establecidos por Vega-Villasante et al. (2014), el cual consistía en la observación directa de sus características morfológicas externas donde se distingue por presentar cefalotórax robusto, rostro largo y serrado con presencia de espinas dorsales, y un segundo par de periópodos notablemente desarrollado, especialmente en los machos, lo que le confiere una apariencia imponente, además, otro método a seguir, es la observación de rasgos como la coloración corporal, que varía entre tonos verdosos y marrones lo cual permite diferenciar entre otras especies del mismo género.

8.4.2. Captura y etiquetado

La captura de la especie se realizó utilizando redes circulares de 40 cm de diámetro, trampas cebadas y chayos. Las trampas cebadas se colocaron en puntos de muestreo a partir de las 16:00 y permanecieron en el agua hasta las 06:30 del día siguiente, asegurando un tiempo suficiente para atraer a los organismos durante su periodo de

mayor actividad. Paralelamente, se realizó captura directa entre las 19:00 y las 24:00, aprovechando las horas nocturnas en las que los camarones presentan mayor movilidad y comportamiento alimentario (Espinoza et al., 2020).

Tras la captura, estos individuos fueron seleccionados En función de su tamaño corporal considerándose únicamente aquellos que correspondían a estadios de adultez, de acuerdo con rangos de longitud total reportados por la especie de estudios previos, este criterio de selección se aplicó con el objetivo de garantizar que los organismos analizados representarán un desarrollo natural potencialmente activo, ya que los individuos juveniles no reflejan adecuadamente a los procesos reproductivos evaluados (Meireles et al., 2013).

Las técnicas son consideradas de bajo impacto ecológico, lo que permitió recolectar los camarones sin causarles daño, lo cual es importante para poder realizar un manejo sostenible en la extracción de esta especie. Por otro lado, las trampas fueron colocadas en puntos estratégicos del río, especialmente en zonas con vegetación ribereña, donde se concentra mayor la actividad biológica (Cortés et al., 2017).

Cada espécimen fue colocado en una bolsa Ziploc etiquetada con un código único que incluirá la estación de muestreo, la fecha de captura y los parámetros ambientales, ver anexo 2; estos datos se registrarán en una base de datos en Excel para facilitar su posterior análisis.

Los camarones fueron trasladados al laboratorio en recipientes con hielo, con una temperatura de 16 °C, con el propósito de mantener la conservación de las gónadas para su análisis posterior. Esta práctica sigue las indicaciones metodológicas definidas por Medina et al. (2019), quienes indican que el enfriamiento controlado durante el transporte es esencial para prevenir la degradación de los tejidos reproductivos en crustáceos dulceacuícolas

8.4.3. Medición de parámetros ambientales

En cada estación de muestreo establecida a lo largo del río se realizó la medición in situ de los parámetros ambientales del agua, con el propósito de caracterizar las condiciones fisicoquímicas del ecosistema y analizar su posible influencia sobre los procesos reproductivos. Las variables evaluadas influyeron en la temperatura del agua, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto mediante un medidor multiparamétrico portátil YSI 50; estos parámetros son importantes para

correlacionar las condiciones ambientales con los estados de madurez gonadal (Díaz-Monge et al., 2001).

La temperatura del agua fue registrada mediante el multiparámetro YSI, el cual fue calibrado antes de su uso. La temperatura se midió en grados Celsius, registrándose directamente en el agua a una profundidad aproximada de 10 a 20 cm con el fin de evitar variaciones superficiales ocasionadas por la radiación solar. Con una temperatura promedio registrada de 25 °C en todo el muestreo, lo que nos indica que es una temperatura adecuada.

Para el pH el equipo fue calibrado, garantizando la precisión de las lecturas, la medición se efectuó introduciendo el sensor directamente en el cuerpo del agua a una profundidad aproximada de 10 a 20 cm esperando la estabilización del valor antes de su registro, los resultados se expresaron en unidades de pH, y se obtuvieron medidas promedio de 6,93, indicando condiciones ligeramente neutras a levemente ácidas, las cuales son consideradas adecuadas para el desarrollo fisiológico y reproductivo de *Macrobrachium americano* en ecosistemas fluviales.

Para la medición de conductividad eléctrica se utilizó el multi parámetro YSI el cual fue calibrado y posteriormente se procedió a introducir el electrodo en el agua hasta lograr la estabilización del valor los resultados se expresaron en micro siemens por centímetro, obteniendo un promedio de conductividad de 547,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, las cuales son consideradas Condiciones iónica favorables para el desarrollo reproductivo.

El oxígeno disuelto También registrado con el multiparámetro YSI registrado durante el periodo de estudio presentó un valor promedio de 7.30 mg/L, lo cual indica condiciones adecuadas para la respiración y el desarrollo fisiológico del *M. americanum* estos valores se encuentran por encima del límite mínimo recomendado para organismos acuáticos, sugiriendo un ambiente favorable para los procesos metabólicos y reproductivos de la especie.

8.5. Fase de laboratorio

8.5.1. Medición morfométrica

Para la obtención de las variables morfométricas, cada individuo de *Macrobrachium americanum* fue medido y pesado de forma individual. Se utilizó un calibrador Vernier con una precisión de 0,01 mm para medir la longitud total del camarón (LT), desde el rostro hasta el telson, incluyendo la longitud completa del organismo considerando cefalotórax y abdomen. Durante el proceso de medición, los camarones fueron colocados en posición recta sobre una superficie plana para minimizar errores derivados de curvaturas corporales, ver anexo 2.

El peso total de cada espécimen se registró mediante una balanza digital de precisión, previamente calibrada. Antes de realizar el pesaje, cada organismo fue cuidadosamente secado con papel absorbente para eliminar el exceso de agua superficial adherida al exoesqueleto, con el fin de evitar sobreestimaciones del peso corporal, garantizando la confiabilidad de los datos obtenidos. Esta metodología es ampliamente empleada en estudios morfométricos y reproductivos en crustáceos decápodos de agua dulce (Medina et al., 2019).

8.5.2. Extracción y pesaje de órganos

Más adelante, los diferentes estadios gonadales de madurez fueron fotografiados con una cámara digital, resaltando características como color, tamaño y morfología. Esta documentación visual es importante porque permite identificar los estados de madurez gonadal de *Macrobrachium americanum* (Romero et al., 2021).

Las gónadas y el hepatopáncreas se extrajeron cuidadosamente mediante bisturí y pinzas finas para evitar dañarlos; posterior a esto, se secaron ligeramente con papel absorbente y se pesaron en una balanza de precisión. Medina et al. (2019) afirman que este procedimiento permite calcular los índices gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS), los cuales son importantes para poder evaluar el estado reproductivo del camarón.

8.6. Índices biológicos

8.6.1. Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS) se calculó comparando el peso de las gónadas con el peso total del organismo, utilizando la fórmula establecida por Medina et al., (2019):

$$IGS = \frac{\text{Peso de las gónadas}}{\text{Peso total del camarón}} \times 100$$

8.6.2. Índice hepatosomático (IHS)

El índice hepatosomático (IHS) relaciona el peso de la hepatopáncreas con el peso total del camarón. Se calcula mediante la fórmula establecida por Medina et al. (2019):

$$IHS = \frac{\text{Peso del hepatopáncreas}}{\text{Peso total del camarón}} \times 100$$

8.7. Análisis estadísticos

Para analizar la relación morfométrica entre el peso (W) y la longitud total (LT) de los individuos, se aplicará la fórmula $W=a \times L^b$, la cual permitirá determinar el tipo de correlación bivariada para verificar la relación que existe entre los factores ambientales y el índice gonadosomático (IGS).

Una vez organizado los datos en Microsoft Excel, se emplearon análisis y pruebas estadísticas de normalidad (Shapiro–Wilk). En la cual se aplicaron estadísticos de evaluación de Spearman para datos no paramétricos. Asimismo, se realizaron pruebas de Kruskal–Wallis para comparar los valores de IGS y IHS entre periodos. Cabe destacar, que todos los análisis se ejecutaron empleando el software PAST versión 4.17 y R versión 4.5.2, lo que permitió obtener estimaciones precisas y gráficos de correlación.

9. RESULTADOS

9.1. Estimación del peso y talla de *Macrobrachium americanum*.

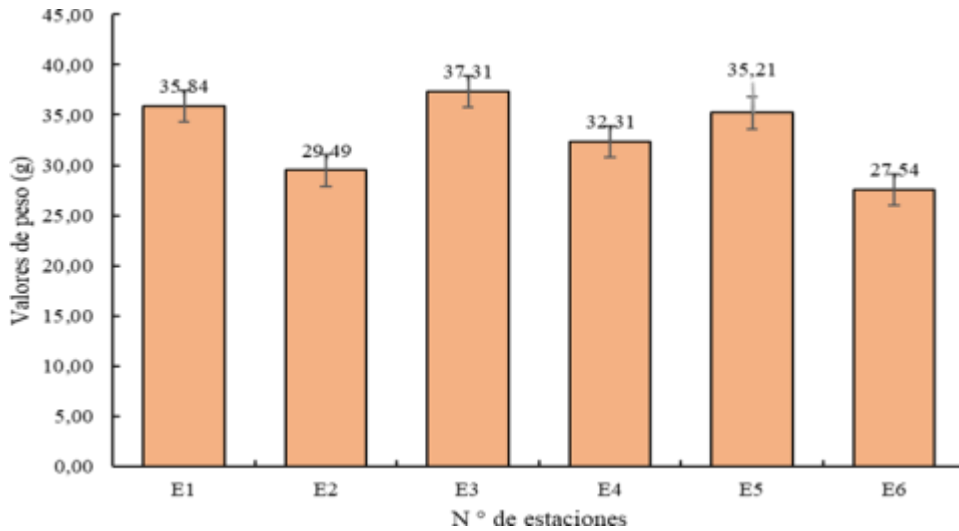
La toma de parámetros morfométricos (peso y talla), análisis del IGS, IHS, y variables físicas-químicas, se realizó en dos periodos de marzo a junio y de agosto hasta octubre en 6 estaciones. Dicha estrategia metodológica integró una representación eficaz y solida de los resultados obtenidos.

Los datos promedio de peso presentaron rangos desde 27.54 g en la estación 5 hasta su mayor masa de 37.31 evidentes en la estación 3. Las demás estaciones mantuvieron un valor intermedio de 35.94 g (E1), 29.49 g (E2) y 32.21 g (E4).

Por otra parte, los resultados de talla evidenciaron un patrón similar, la estación 3 alcanzó el valor mayor de 114.98 mm, a diferencia de la estación 2 que presentó el menor promedio de 105.76 mm. Los valores intermedios se situaban desde 106.76 mm y 110.95 mm.

Figura 4.

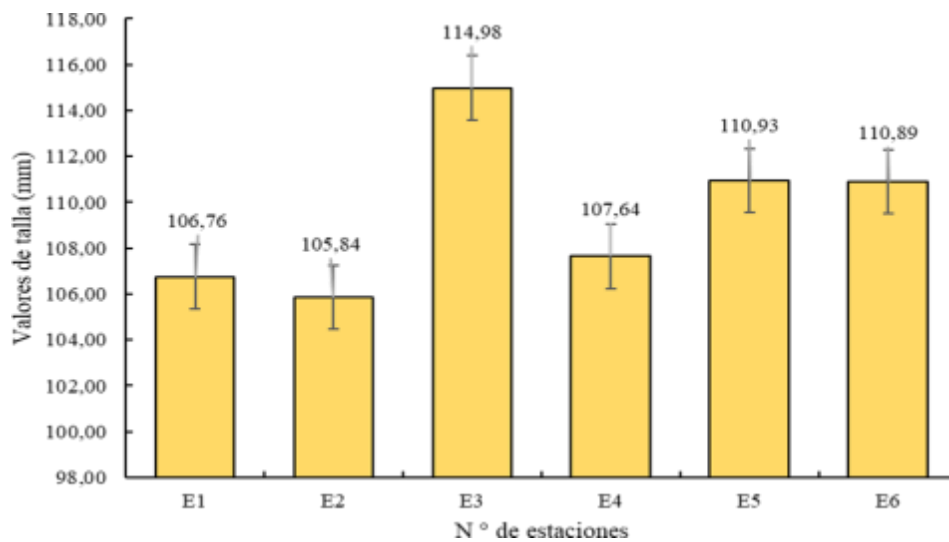
Promedio de peso (g) de Macrobrachium americanum en las diferentes estaciones de muestreo.



Nota. Promedio del peso (g) de *Macrobrachium americanum* registrado en cada estación de muestreo.

Figura 5.

Promedio de talla (mm) de Macrobrachium americanum en las diferentes estaciones de muestreo.



Nota. Relación entre peso estimado y longitud total en la población analizada.

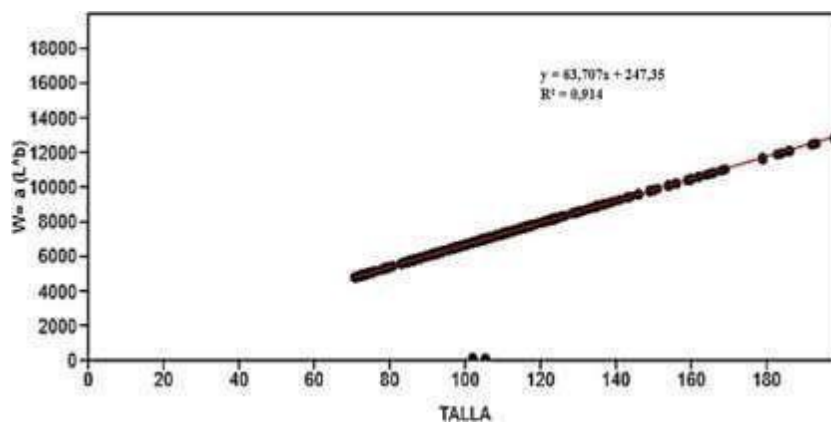
9.1.1. Relación entre talla y peso de *Macrobrachium americanum*.

En el presente estudio fueron recolectados un total de 360 individuos, divididos en 28 machos (7.78%) y 332 hembras (92.22%) durante el muestreo en los meses de marzo a junio y agosto a octubre.

La relación del peso y la longitud estimada arrojó un ajuste lineal positivo, cuya ecuación fue de $y = 63.707x + 247.35$. así mismo el coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0.914$. dicho valor evidenció que el 91.4% de la dispersión del peso se atribuye a la longitud. Siendo así, el incremento de peso fue proporcional a la fluidez y aumento de la talla.

Figura 6.

Relación entre peso estimado y longitud total en la población analizada.



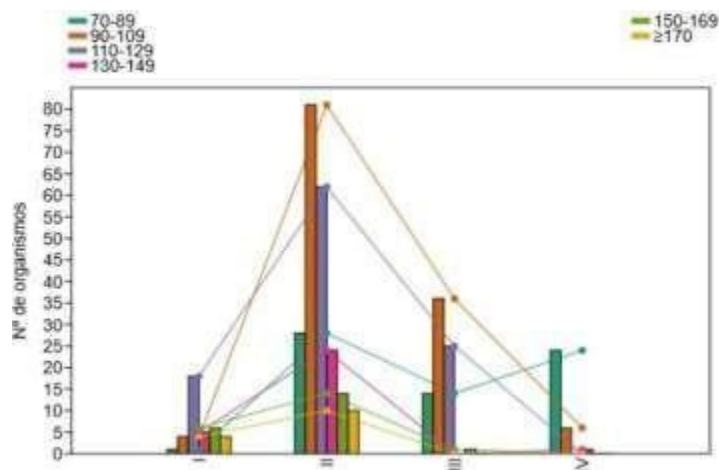
Nota. La ecuación de ajuste lineal fue $y = 63.707x + 247.35$, con $R^2 = 0.914$, indicando una correlación positiva fuerte entre peso y talla.

9.1.2. Talla y estados de madurez gonadal

La distribución de los estados de madurez gonadal en relación con la longitud muestra un comportamiento claramente diferenciado entre las clases evaluadas. De tal manera que el estado I (inmaduro) se registra con más frecuencia en los individuos de menor talla, disminuyendo de forma continua a medida que aumenta el tamaño corporal. Mientras que el estado II (en desarrollo), concentra la mayor proporción de organismos dentro del muestreo, alcanzando sus valores más altos en las tallas intermedias y mostrando luego un descenso progresivo hacia las clases de mayor longitud

Figura 7.

Distribución de los estados de madurez gonadal según la talla.



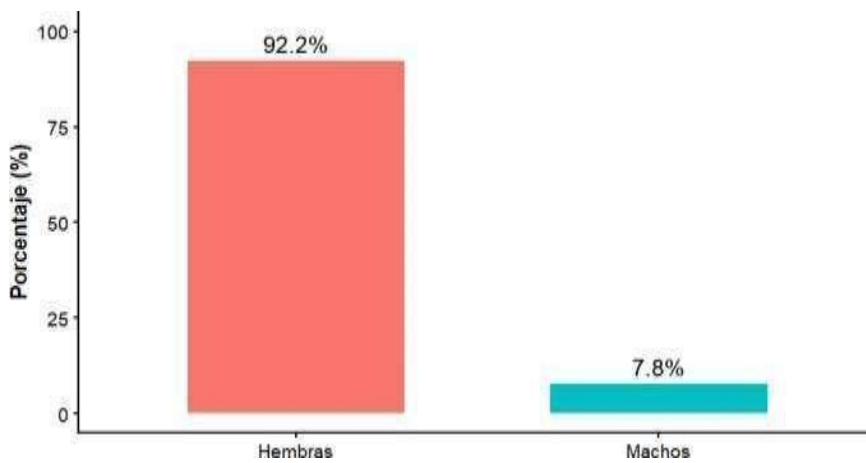
Nota. Los estados I a IV corresponden a inmaduro, en maduración, maduro y postdesove/desovante, respectivamente (N° = 360 organismos).

9.1.3. Proporción sexual

evidenció un predominio considerable de hembras a diferencia de los machos, estadísticamente mediante la prueba de chi cuadrado (RStudio), el resultado arrojó un estimado de 92.2 % de los 360 organismos evaluados, a diferencia de los machos que representaron un valor de 7.8 %. Derivado de ello, la proporción sexual alcanzó un estimado de 11.9:1 (Hembra:Macho), poniendo en manifiesto una marcada asimetría en la distribución de sexos durante el periodo de muestreo.

Figura 8.

Proporción sexual de Macrobrachium americano.



Nota. Proporción sexual (H:M) de la población evaluada durante los muestreos.

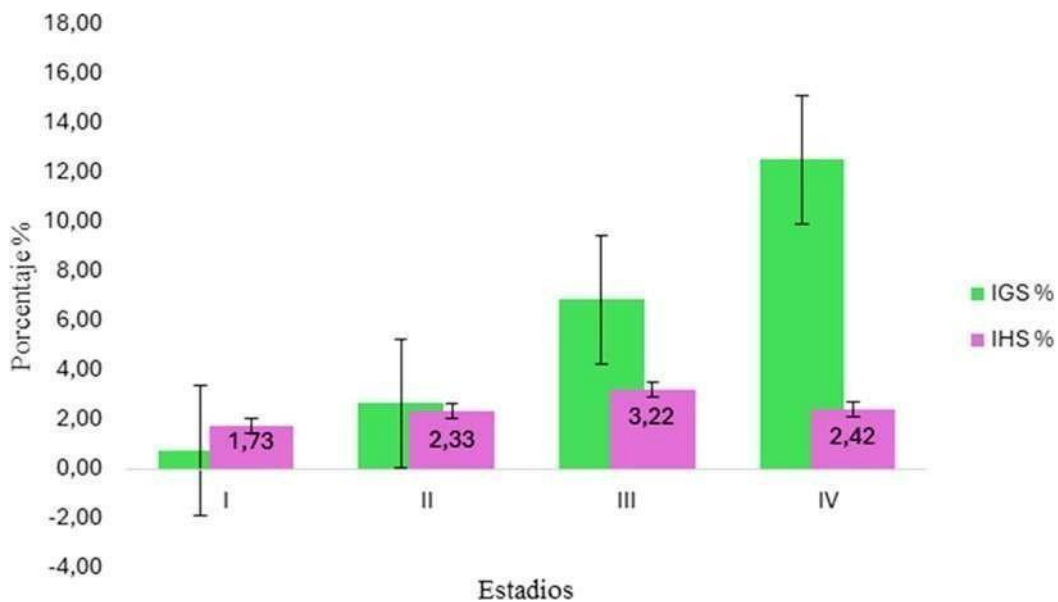
9.2. Índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS)

9.2.1. Índice gonadosomático y hepatosomático

El comportamiento del índice gonadosomático (IGS) y del índice hepatosomático (IHS) mostró una progresión definida a lo largo de los diferentes estadios de madurez de *Macrobrachium americanum*. En el estadio I, los organismos registraron un IGS de 0.75 % y un IHS de 1.73 %, valores que corresponden a la fase inicial del desarrollo reproductivo.

Figura 9.

Índice gonadosomático (IGS) e índice hepatosomático (IHS) en los diferentes estadios de maduración.



Nota. En el estadio I, el IGS fue bajo (0,75 %) mientras que el IHS fue mayor (1,73 %), indicando que las reservas se concentran en el hepatopáncreas. Esto muestra que aún no inicia un desarrollo gonadal significativo, pues la energía no se ha transferido a las gónadas.





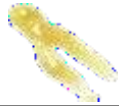



Por otra parte, en el estadio II, ambos índices presentaron un aumento notorio. El IGS alcanzó 2.65 %, mientras que el IHS se elevó a 2.33 %. Este incremento reflejó un cambio cuantitativo entre las primeras fases de maduración y la transición hacia etapas más avanzadas.

9.2.2. Estadios de madurez sexual

El examen de las gónadas permitió identificar cuatro estadios de madurez en la población evaluada. En el estadio I (inmaduro), las gónadas fueron delgadas y translúcidas. En el estadio II (en desarrollo), se observaron estructuras más gruesas, con forma tubular y color blanco amarfilado. El estadio III (maduro) se caracterizó por gónadas voluminosas que ocupaban gran parte del cefalotórax, con tonalidad amarilla intensa y presencia visible de huevos. Finalmente, en el estadio IV (postdesove), las gónadas aparecieron reducidas, flácidas y con restos de ovocitos, propias de una fase posterior al desove.

Tabla 3.

Estadio de madurez gonadal de Macrobrachium americanum.

Hembras		
Estado	Morfología externa	Imagen
I (maduración incipiente)	Ovario ligeramente desarrollado, color crema o amarillado claro, sobresale del corazón. Lóbulos visibles a contraluz; predominan ovocitos II y aparecen los primeros III.	
II (maduración intermedia)	Ovario anaranjado intenso, desarrollado hasta ¾ del cefalotórax. Lóbulos laterales bien engrosados; ovocitos III ocupan la mayor parte del ovario.	
III (máxima madurez)	Ovario rojo brillante que ocupa casi todo el cefalotórax hasta el rostrum. Lóbulos basales y terminales engrosados; ovocitos IV listos para la ovulación.	
IV (post-desovantes)	Ovario muy reducido, flácido, blanco cremoso, con lóbulos poco definidos. Presencia de espacios vacíos y ovocitos residuales; zona de proliferación desorganizada.	
Machos		
Estado	Morfología externa	Imagen
I (inmaduro)	El testículo es pequeño pero consistente y bien formado, de color blanquecino; los gonoductos delgados de color blanquecino.	
II (en maduración)	Testículo medianamente desarrollado, lechoso; espermiductos visibles, alargados y con enrollamiento incipiente.	
III (maduro)	Testículo muy desarrollado, blanco-lechoso y sobresaliente; espermiductos gruesos, largos y fuertemente enrollados.	
IV (post expulsante)	Testículo muy pequeño, flácido y transparente; espermiductos delgados, vacíos y difíciles de visualizar.	

Nota. Los estadios de madurez gonadal se presentan con sus características morfológicas y ejemplos visuales. Adaptado de Clasificación de la madurez sexual en crustáceos por Moreno (2012), modificado por Campuzano (2025).

9.3. Parámetros fisicoquímicos

9.3.1. Relación de parámetros fisicoquímicos en los dos periodos

Se empleó el método de Kruskal-Wallis debido a que no todos los datos presentaron una distribución normal en la prueba evaluada de Shapiro-Wilk en el programa Rstudio versión 4.5.2.

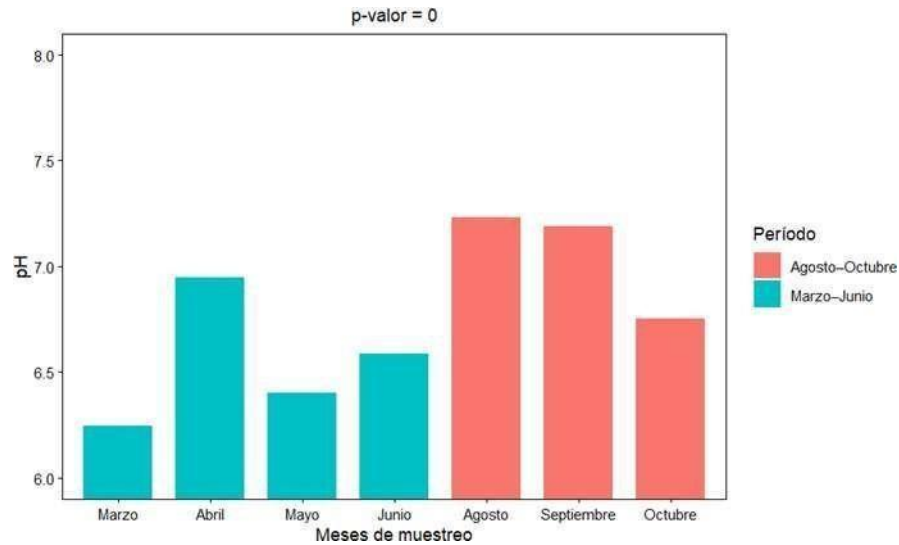
Parámetros químicos

pH

Esta medida presentó variación significativa entre los meses analizados. La prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis indicó diferencias estadísticas marcadas entre los periodos de muestreo ($p = 0$). Entre marzo junio, los valores se mantuvieron entre ligeramente ácidos y cercanos a la neutralidad, registrándose un mínimo de 6.2 en marzo y un máximo de 7,0 en abril. En el periodo agosto–octubre, los valores fueron más elevados, con máximos de 7.2 en agosto y septiembre, seguidos de un descenso a 6.8 en octubre.

Figura 10.

Variación mensual del pH (Kruskal-Wallis).



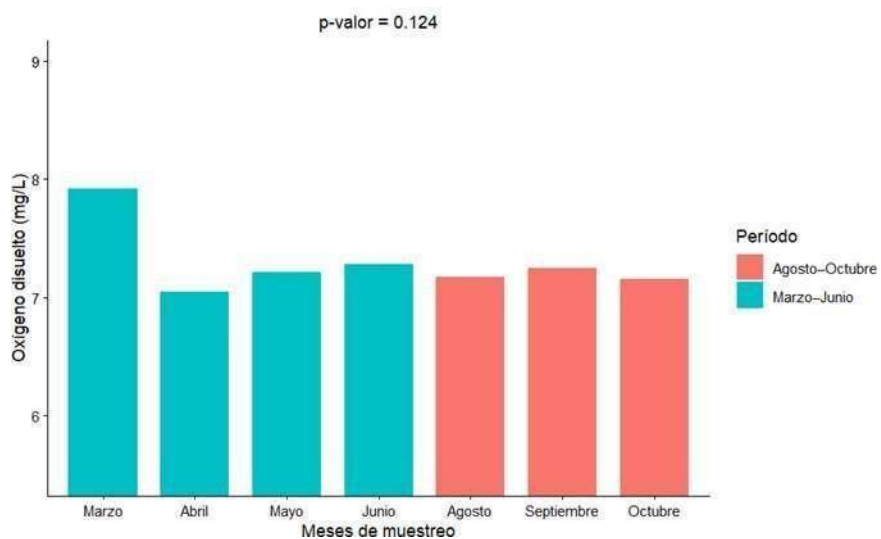
Nota. La figura presenta líneas o puntos marcados en tonos verdes y celestes, reflejando los cambios mensuales del pH con claridad mediante contrastes suaves.

Oxígeno disuelto

Este parámetro, no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los periodos analizados. La prueba de Kruskal–Wallis registró un valor de $p = 0.124$, distinguiendo que la distribución de las concentraciones durante los meses de muestreo no presentó variaciones considerables. A su vez, entre marzo y junio, los valores se situaron aproximadamente entre 7.0 y 8.0 mg/L, con el máximo en marzo.

Figura 11.

Variación mensual de oxígeno disuelto (Kruskal-Wallis).



Nota. Los valores se representan con una línea o puntos en tonos azules intensos, resaltando las variaciones del oxígeno a lo largo del tiempo.

Parámetros físicos

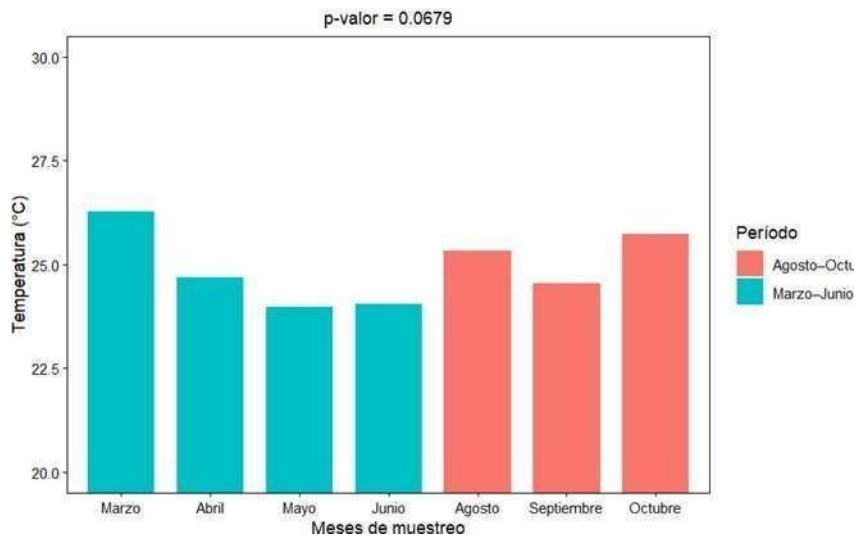
Temperatura

De igual manera, este parámetro no mostró diferencias estadísticas significativas entre los meses evaluados, de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis ($p = 0.0679$). En el periodo marzo-junio, los valores fluctuaron entre 24.0 y 26.2 °C, observándose un descenso gradual desde marzo hacia mayo y

una posterior estabilización en junio. Durante agosto–octubre, las temperaturas se mantuvieron entre 24.5 y 25.8 °C, registrándose el valor máximo en octubre.

Figura 12.

Variación mensual de la temperatura (Kruskal-Wallis).



Nota. La figura muestra la temperatura mensual mediante una línea en color rojo o naranja, representando visualmente el patrón térmico del río.

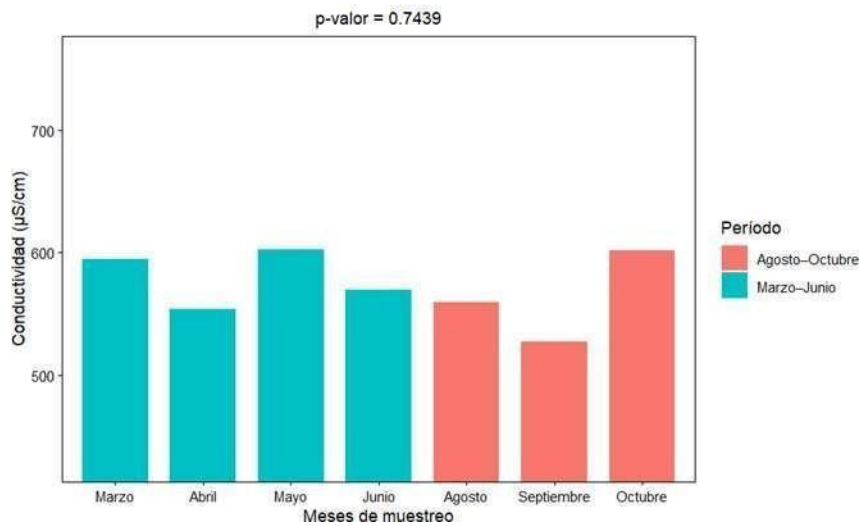
Conductividad

Consiguientemente, este parámetro tampoco presentó diferencias estadísticas significativas entre los meses analizados, según la prueba de Kruskal–Wallis ($p =$

0.7439). Durante el periodo marzo–junio, los valores se situaron aproximadamente entre 555 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, registrándose el máximo en mayo y valores menores en abril y junio. En el periodo agosto–octubre, la conductividad osciló entre 530 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un mínimo en septiembre y el valor más alto en octubre.

Figura 13.

Variación mensual de la conductividad (Kruskal-Wallis).



Nota. Los valores de conductividad se ilustran mediante líneas o barras en tonos grises o verdes, diferenciando claramente los meses evaluados.

9.4. Correlación

Asociación entre las variables de IGS, IHS y clases de talla

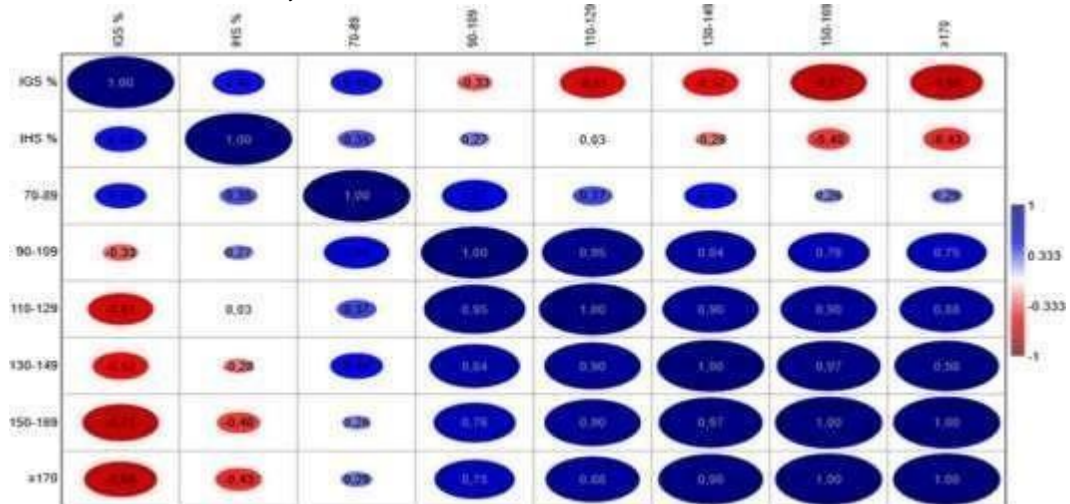
Las estadísticas de correlación mostraron fluctuaciones claras entre los índices biológicos y las clases de talla. Siendo así, el IGS % presentó una correlación positiva moderada con la clase de 70–89 mm con intervalo de confiabilidad $r = 0.48$, indicando que esta variable intermedia fue el que mostró superior asociación con el peso gonadal relativo. Sin embargo, al continuar hacia las tallas superiores, las relaciones estadísticas se volvieron negativas con una mayor magnitud. En este caso, las clases 110–129 mm y ≥ 170 mm registraron coeficientes que variaron de -0.52 y -0.71 , lo que indica una trayectoria opuesta al modelo observado en tamaños intermedios. De manera similar, el IHS % reveló una correlación positiva moderada con la clase 70–89 mm con un estimado de confiabilidad de $r = 0.35$, pero a partir de las tallas de 130–149 mm y superiores, los valores fueron negativos, con rangos entre -0.28 y -0.43 .

En última instancia, al examinar las relaciones entre las clases de talla, se observó que los grupos intermedios y grandes (90–109 mm hasta ≥ 170 mm) evidenciaron correlaciones positivas altas entre sí. En distintos pares, los coeficientes superaron

$r = 0.90$ e incluso alcanzaron 1.00, lo que reflejó una sólida consistencia estructural entre las tallas superiores del conjunto analizado.

Figura 14.

Correlación entre IGS, IHS y clases de talla.



Nota. Se empleó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar asociaciones.

Parámetros fisicoquímicos entre estados de madurez gonadal

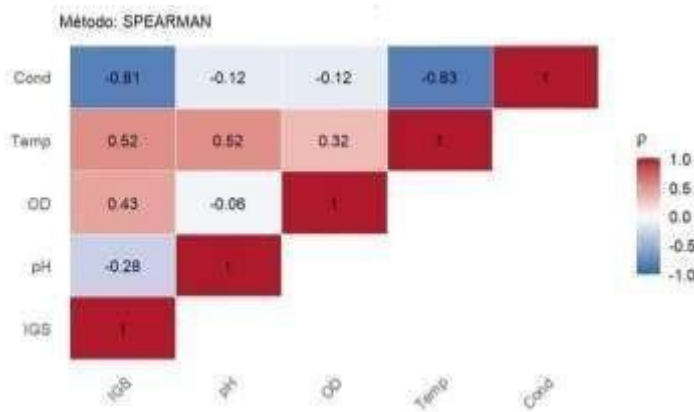
Se aplicó la correlación de Spearman debido a que no todas las variables tuvieron una normalidad de datos desarrollada en la prueba de Shapiro–Wilk. Bajo este criterio, se evaluaron asociaciones monotónicas entre el IGS y los parámetros fisicoquímicos.

Con respecto a las asociaciones, la temperatura mostró la correlación positiva de mayor magnitud con el IGS ($\rho = 0.52$). Asimismo, el oxígeno disuelto presentó una correlación positiva moderada ($\rho = 0.43$). A diferencia del pH que mostró una correlación negativa débil ($\rho = -0.28$).

Por otro lado, la conductividad registró una correlación negativa alta ($\rho = -0.81$), mientras que el IGS se relacionó principalmente con temperatura y conductividad, y a su vez el pH y oxígeno disuelto mostraron asociaciones de menor magnitud.

Figura 15.

Correlación entre el índice gonadosomático y parámetros fisicoquímicos.



Nota. La figura muestra un diagrama de dispersión con puntos de colores diferenciados para cada parámetro (temperatura, oxígeno, pH, conductividad), indicando relaciones positivas y negativas mediante tonalidades contrastantes.

10. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron que la maduración gonadal de *Macrobrachium americanum* estuvo estrechamente influenciada por las condiciones ambientales registradas en el río Dos Mangas, lo cual coincide con lo mencionado en estudios previos sobre especies del mismo género (Pincay-Reyes, 2022). El análisis del índice gonadosomático (IGS) mostró un incremento progresivo desde el estadio I hasta el estadio IV, alcanzando valores de 0,75 %, 2,65 %, 6,87 % y 12,54 %, respectivamente. Este aumento es consistente con el desarrollo ovocitario descrito para crustáceos decápodos de agua dulce, donde la fase final presenta la mayor acumulación de reservas y desarrollo morfológico de las gónadas (Medina et al., 2019).

De igual manera, el índice hepatosomático (IHS) alcanzó sus valores más altos durante los estadios intermedios (1,73 % en estadio I, 2,33 % en estadio II y 3,22 % en estadio III), seguido de una disminución en el estadio IV (2,42 %). Esta dinámica confirma que la hepatopáncreas actúa como un órgano de almacenamiento energético cuya función principal es suministrar reservas hacia las gónadas durante la maduración, fenómeno ampliamente documentado en especies del género *Macrobrachium* (Meireles et al., 2013).

La reducción del IHS en el estadio IV coincide con la etapa pre-desove, donde la mayor parte de las reservas ya han sido transferidas para completar la gametogénesis (Ferreira et al., 2012).

La correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los índices biológicos permitió identificar la influencia directa del ambiente sobre la reproducción de la especie. La temperatura presentó una correlación positiva moderada con el IGS, lo que indica que valores entre 24 °C y 26 °C favorecieron el desarrollo reproductivo, concordando con lo propuesto por, quienes señalan que el rango térmico óptimo para especies tropicales del género *Macrobrachium* se sitúa entre 26–28 °C. El oxígeno disuelto también mostró asociación positiva con el IGS, reflejando que niveles superiores a 7 mg/L promueven procesos metabólicos eficientes necesarios para la síntesis de lípidos y proteínas reproductivas, como se ha reportado en otros estudios similares (Barreto Altamirano, 2012).

Por el contrario, la conductividad exhibió una correlación negativa alta con el IGS, indicando que incrementos en las sales disueltas afectan la asignación energética hacia la maduración gonadal. Estos resultados son coherentes con lo señalado (Cruz Suárez et al., 2019), quienes afirman que valores elevados de conductividad pueden inducir estrés osmótico, alterando la homeostasis interna de los organismos y

reduciendo la inversión energética reproductiva. El comportamiento del pH, aunque mostró diferencias entre periodos, presentó una correlación negativa débil; sin embargo, valores próximos a la neutralidad durante el segundo muestreo podrían relacionarse con la estabilización post-reproductiva descrita para la especie (Romero et al., 2021).

En cuanto a la estructura poblacional, la marcada predominancia de hembras (92,2 %) observada en este estudio coincide con investigaciones previas donde se reporta que las hembras tienden a permanecer en áreas de mayor estabilidad ambiental, mientras los machos presentan mayor movilidad, lo que disminuye su probabilidad de captura (Medina et al., 2019). Esto también podría estar influenciado por las necesidades reproductivas de la especie, ya que las hembras requieren áreas más protegidas durante la maduración y el transporte de huevos.

La fuerte relación entre talla y peso ($R^2 = 0.914$) demuestra un crecimiento somático estable y proporcional en la población estudiada, similar a lo reportado para *M. americanum* en otras regiones. La presencia de individuos en todos los estados de madurez confirma que la especie mantiene actividad reproductiva continua, un patrón ya observado en poblaciones tropicales donde la disponibilidad ambiental permite ciclos reproductivos extendidos (Ferreira et al., 2012; Meireles et al., 2013).

Finalmente, aunque el análisis macroscópico permitió determinar de manera adecuada los estados de madurez, diversos autores recomiendan complementar este tipo de estudios con análisis histológicos para mejorar la precisión en la identificación de fases tempranas y tardías del desarrollo ovocitario (Nieto Duque, 2011). No obstante, la información obtenida en esta investigación aporta evidencia clara sobre la influencia de los factores ambientales y la condición fisiológica en la reproducción de *Macrobrachium americanum* en el ecosistema fluvial de Dos Mangas.

11. CONCLUSIONES

Las hembras presentaron los valores más altos de peso y talla en la estación E3 (37,31 g y 114,98 mm), lo que indica condiciones ambientales favorables para el crecimiento somático y reproductivo. La relación entre peso y talla mostró un ajuste lineal positivo ($R^2 = 0.914$), evidenciando que el incremento del peso fue proporcional al aumento de la talla, confirmando un patrón de crecimiento estable durante el ciclo reproductivo.

Los índices gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) mostraron un patrón biológico compatible con un ciclo reproductivo activo y continuo. El IGS aumentó progresivamente desde 0.75 % en estadio I hasta 12.54 % en estadio IV, evidenciando un desarrollo gonadal completo. El IHS alcanzó su máximo en el estadio III (3.22 %) y disminuyó en el estadio IV (2.42 %), indicando que las reservas hepáticas fueron movilizadas hacia las gónadas para completar la maduración.

Los parámetros fisicoquímicos influyeron significativamente en la maduración gonadal, aceptándose la hipótesis planteada. La temperatura y el oxígeno disuelto mostraron correlaciones positivas moderadas con el IGS ($\rho = 0.52$ y $\rho = 0.43$),

indicando que condiciones más cálidas y con mayor disponibilidad de oxígeno favorecen la reproducción. En contraste, la conductividad presentó una correlación negativa alta ($\rho = -0.81$), lo que sugiere que concentraciones elevadas de sales limitan la maduración gonadal, mientras que el pH mostró una asociación negativa débil ($\rho = -0.28$). Estos hallazgos confirman que la calidad del agua es esencial para el desarrollo reproductivo de la especie.

12. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos del río Dos Mangas, especialmente pH, temperatura y oxígeno disuelto, con el fin de establecer ciclos reproductivos más precisos y detectar cambios que puedan afectar la madurez gonadal de la especie.

Se sugiere complementar futuros estudios con análisis histológicos, ya que permitirían confirmar con mayor precisión cada estadio de madurez gonadal y fortalecer las conclusiones obtenidas a partir de la evaluación macroscópica.

Fomentar la educación ambiental en la comunidad de Dos Mangas, enfocada en la importancia de conservar la calidad del agua y evitar actividades que aumenten la carga orgánica o alteren la conductividad del río, como vertidos domésticos o extracción inadecuada de material del cauce.

13. Bibliografía

- Barreto Altamirano, A. (2012). Consumo de oxígeno disuelto como indicador del metabolismo intermediario de los camarones juveniles *Litopenaeus vannamei* alimentados con dos tipos de dietas comerciales. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5410/1/220822.pdf>
- Benítez, E., López, G., & Torres, M. (2013). *Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* en las costas de Jalisco, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 2(84), 458-468.*
- Chu, T. J., Sheng, Q., Wang, S., Huang, M., & Wu, J. (2013). *Population dynamics and secondary production of crabs in a Chinese salt marsh.* https://brill.com/view/journals/cr/86/3/article-p278_3.xml
- Cortés, R., Méndez, E., & García, F. (2017). *Biología reproductiva (calidad espermática y en la regeneración del espermátforo) del langostino de río *Macrobrachium americanum* alimentado con diferentes dietas.* Interdisciplinario de Ciencias Marinas: https://www.Biologia_reproductiva_calidad_espermatologica_y_en_la_regeneracion_del_espermatoforo_del_langostino_de_rio_Macrobrachium_americanum_alimentado_con_diferentes_dietas

Cruz Suárez, L., Denis Ricque , Salazar, M., Nieto López, M., Villarreal Cavazosavid, Delgado, J., & Martha Gabriela, g. (2019). REVISIONES EN NUTRICIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS. <http://www.fcb.uanl.mx/nw/images/revistas/sina/LibroXVSINA-ISBN.pdf>

Da Silva, R., Sampaio, C., & Santos, J. (2004). *Fecundity and fertility of Macrobrachium amazonicum (Crustacea, Palaemonidae)*. *Braz J Biol*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15622846/>

Díaz-Monge, F., Díaz-Montt, P., & Rodríguez Ruíz, L. G. (2001). "*Producción larval de camarón de río nativo Macrobrachium americanum, en laboratorio*". <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2001-082.pdf>

Espinosa-Chaurand, L. D., Vargas-Ceballos, M. A., Guzmán-Arroyo, M., Nolasco-Soria, H., Carrillo-Farnés, O., Chong-Carrillo, O., & Vega-Villasante, F. (2011). *Biología y cultivo de Macrobrachium tenellum: estado del arte*. *Hidrobiológica*, 21(2), 98-117. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972011000200001&script=sci_abstract&tlng=pt

Espinoza, L., Ramos, J., & Viteri, P. (2020). *Reproducción y cultivo de camarón de río en el Neotrópico*. *Revista de Acuicultura Latinoamericana*, 3(25), 75- 89.

- Ferreira, M., R. B., Lima, M., Santos, S., & Rocha, R. (2012). *La etapa de desarrollo ovárico afecta la expresión orgánica de la vitelogenina, así como la morfometría y la ultraestructura de las células germinales en el camarón de agua dulce Macrobrachium amazonicum (Heller, 1862)*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22920594/>
- Holthuis, L. (1952). *Los Palaemonidae recolectados por las expediciones Siboga y Snellius con observaciones sobre otras especies. Monografías SibogaExpedite*.
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management (2nd ed.)*. Wiley-Blackwell.
- Martín-Manzo, M. V., Morelos-Castro, R. M., Munguia-Vega, A., Soberanes-Yepiz, M. L., & Cortés-Jacinto, E. (2024). *Transcriptome analysis of reproductive tract tissues of male river prawn Macrobrachium americanum*. *Molecular Biology Reports*, *51(1)*, 259. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11033-023-09125-6>
- Medina, Espinoza, & Reyes. (2019). *Índices gonadosomático y hepatosomático en relación con la maduración y muda del camarón Cryphiops caementarius del río Pativilca (Perú)*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *30(3)*, 1018-1029.

- Meireles, A., Souto, R., & Silva, C. (2013). *Variabilidad reproductiva del camarón amazónico, Macrobrachium amazonicum (Caridea, Palaemonidae): influencia del ciclo de vida en la producción de huevos. Revista latinoamericana de investigaciones acuáticas, 41(4), 718-731.*
- Moreno, C. A., Graziani, C. A., & Orta, T. J. (2000). *Reproducción natural y artificial del camarón de río Macrobrachium carcinus (L.). Interciencia, 25(5), 249-253.* <https://www.redalyc.org/pdf/339/33904705.pdf>
- Moreno, C. A., Graziani, C. A., Barrios, A. J., Villarroel, E. J., & Marcano, N. J. (2012). *Estructura poblacional del camarón exótico Macrobrachium rosenbergii de Man, 1879 (Crustacea: Palaemonidae) en el río Morocoto, estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Tropical, 30(3), 237-250.* https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692012000300003&script=sci_arttext
- New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D'Abramo, L. R., & Kutty, M. N. (2009). *Freshwater prawns: biology and farming. John Wiley & Sons.* https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=z-7Xjy2ANvQC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Freshwater+Prawns:+Biology+and+Farming.+John+Wiley+%26+Sons.+&ots=gYoKxakA2j&sig=eIMMlssmAFmnQt6Q_Xxw0HXjRN4

Nieto Duque, C. (2011). Evaluación de la influencia del periodo estral de o al de oviductos ovinos. *Facultad de ciencias agropecuarias*.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/9342407f-40c8-4be0-9599-504ae26c1e24/content>

Nogueira, C. S., Perroca, J. F., Batista, A. C., & Costa, R. C. (2020). *Reproductive traits of the freshwater prawn Macrobrachium amazonicum (Decapoda: Palaemonidae) in an isolated water reservoir. Revista mexicana de biodiversidad*, 91, e913387.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532020000100327

Padilla Bustos, A. J. (2014). *Supervivencia de larvas de macrobrachium acanthurus y macrobrachium carcinus alimentadas con nauplios de artemia sp. enriquecidos con metionina y vitamina c.*

<https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/d94b4e0e-4456-4dbe-8134-62b86ebda371/download>

Palafox, J. T., & Mandujano, M. A. (2012). *Biología, Ecología E Investigación Sobre El Langostino De Río Macrobrachium Carcinus. Linnaeus, 1758.*

Palibrio. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=I6e-SGFZYcIC&oi=fnd&pg=PA2&dq=+Macrobrachium+americanum+en+la>

+costa+Pac%C3%ADfica+de+M%C3%A9xico.+En+Biolog%C3%ADa+
y+ecolog%C3%ADa+de+camarones+de+r%C3%ADo+en+M%C3%A9xi
co.+Universidad+Nacional+Aut%C3%B3noma+de+M%

Pandian, T. J. (2016). *Reproduction and development in Crustacea*. CRC Press.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LML1CwAAQBAJ&oi=fnd
&pg=PP1&dq=Environmental+factors+affecting+gonadal+development+i
n+freshwater+crustaceans.+Journal+of+Crustacean+Biology,+41\(3\),+ruab
012&ots=-zWHxCjh0&sig=TBede5_i1lgRyEC35w9Hy1TYEiY](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LML1CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Environmental+factors+affecting+gonadal+development+i+n+freshwater+crustaceans.+Journal+of+Crustacean+Biology,+41(3),+ruab012&ots=-zWHxCjh0&sig=TBede5_i1lgRyEC35w9Hy1TYEiY)

Pantaleao, J. A., Carvalho-Batista, A., Teodoro, S. S., & Costa, R. C. (2018).
*Influence of environmental variables on reproductive traits of freshwater
prawns (Macrobrachium spp.)*. *Journal of Crustacean Biology*, 29(9), 527-
534.
<https://www.scielo.br/j/aabc/a/DgvpW4dnXwCvHG5Lmh6tDgx/?lang=en>

Paredes, F., Gómez, A., & Torres, P. (2019). *Evaluación del crecimiento de
Macrobrachium americanum con alimentación a tres niveles de
profundidad*. Universidad Nacional de Colombia::
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77101/2024>

Pincay-Reyes, J. C. (2022). *REPRODUCCIÓN DE CAMARÓN DE RÍO,
CHICAMA (MACROBRACHIUM AMERICANUM) EN CAUTIVERIO*.

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/94db5659-4026-478c-8c39-ef274a1638b0/content>

Ren, X., Wang, Q., Shao, H., Xu, Y., Liu, P., & Li, J. (2021). *Effects of low temperature on shrimp and crab physiology, behavior, and growth: a review. Frontiers in Marine Science, 8, 746177.*
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.746177/full>

Reyes-Avalos, W., Medina Morillo, M., & Vásquez Mori, J. (2023). *Desarrollo morfológico del apéndice masculino del camarón de agua dulce Macrobrachium caementarius (Molina, 1782). Gayana (Concepción), 87(2), 158-167.*
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382023000200158&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Rodríguez-Alegría, D. C. (2024). *Estrategias para el manejo y uso sostenible del camarón de agua dulce "Macrobrachium americanum" en el municipio de Timbiquí-Costa Pacífica Caucana.*
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/3a145cfe-993b-48c6-b585-3b886a5a67b6/content>

Romero, R. D., Vega-Villasante, F., Cortes-Jacinto, E., & García-Guerrero, M. (2021). *The culture potential and management problems of freshwater prawns (Macrobrachium americanum and Macrobrachium tenellum) in*

their native areas: the case for Mexico. Latin american journal of aquatic research, 49(3), 376-390. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2021000300376&script=sci_arttext&tlng=pt

Vega-Villasante, F., García-Guerrero, M. U., Cortés-Jacinto, E., Yamasaki-Granados, S., Montoya-Martínez, C. E., Vargas-Ceballos, M. A., & Nolasco-Soria, H. G. (2014). *Los camarones de agua dulce del género Macrobrachium: biología, ecología y explotación. Temas sobre investigaciones costeras. Universidad de Guadalajara, Jalisco, 273-315. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Cornejo-Ortega-2/publication/271205104_Implicaciones_en_la_observacion_de_la_ballena_a_jorobada/links/54c143450cf2d03405c511f1/Implicaciones-en-la-observacion-de-la-ballena-jorobada.pdf#page=274*

Wasiw, J., & Yépez, V. (2017). *Evolución de la condición poblacional del camarón Cryphiops caementarius en el Río Cañete (2000-2015). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, RIVEP, 28(1), 13-32. <https://www.redalyc.org/pdf/3718/371850995002.pdf>*

14. ANEXOS

Anexo 1. *Fotografías de campo.*



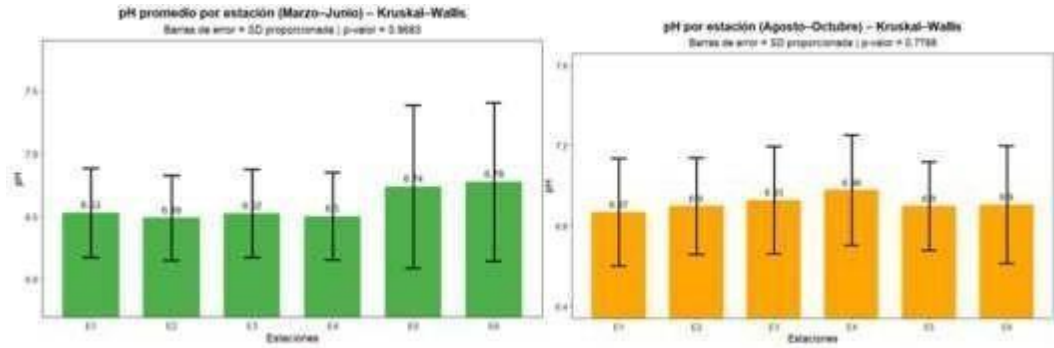
Nota. Este anexo muestra el registro fotográfico realizado durante la fase de campo en el río Dos Mangas. Incluye imágenes del entorno natural donde habita *Macrobrachium americanum*, evidenciando las condiciones fluviales, vegetación ribereña y características físicas del hábitat. También se observan fotografías del proceso de captura utilizando redes, trampas cebadas y chayos, así como la manipulación inicial de los organismos en el sitio de muestreo. Estas imágenes permiten contextualizar el escenario ecológico y describir las técnicas de recolección aplicadas en el estudio.

Anexo 2. Fotografía de laboratorio.



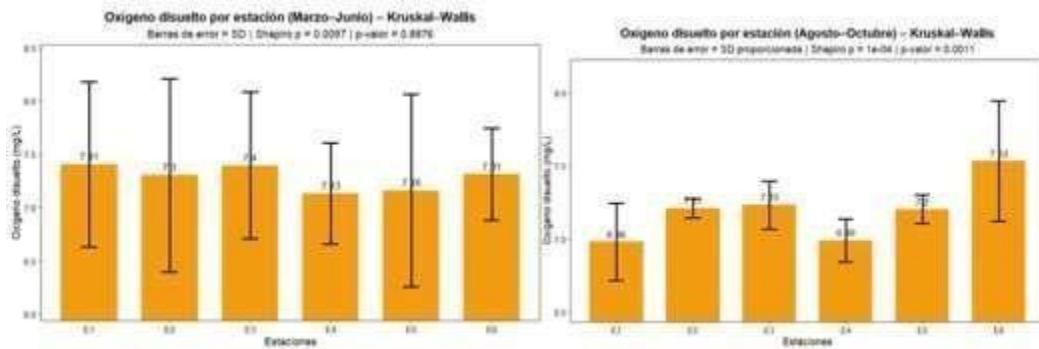
Nota. Este anexo presenta el registro visual de las actividades realizadas en laboratorio. Incluye imágenes del proceso de medición morfométrica (longitud total y peso) utilizando calibrador Vernier y balanza digital. Además, se observan fotografías del procedimiento de disección, extracción de gónadas y hepatopáncreas, así como la disposición de los órganos para su pesaje. Este conjunto fotográfico evidencia el manejo metodológico de los especímenes y los criterios empleados para el cálculo de IGS e IHS.

Anexo 3. pH.



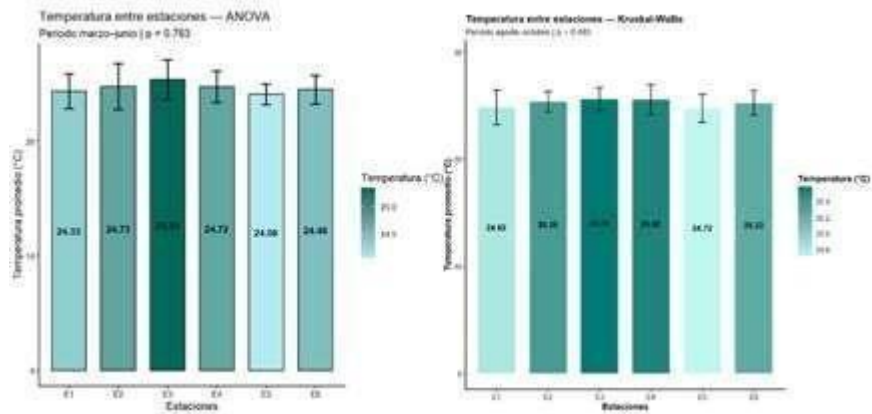
Nota. Contiene imágenes de la medición del pH del agua empleando el multiparámetro YSI. Se muestran los valores registrados en pantalla y el proceso de inmersión del electrodo en puntos representativos del río. Este anexo documenta las fluctuaciones mensuales del pH y demuestra la correcta calibración y aplicación del equipo durante cada jornada de muestreo.

Anexo 4. OXÍGENO DISUELTO



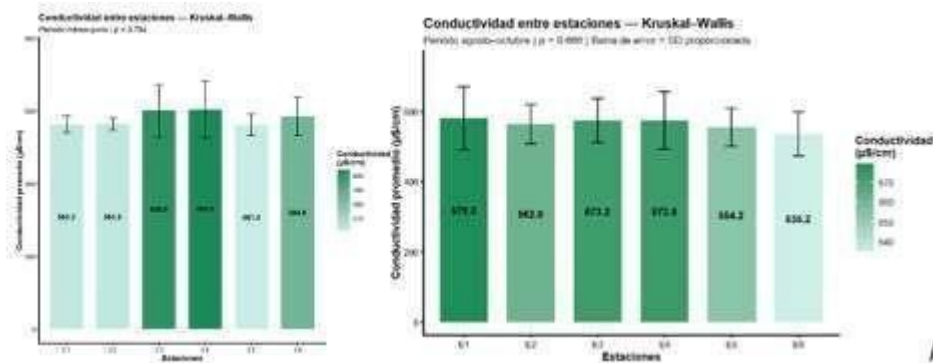
Nota. Este anexo recopila fotografías del procedimiento utilizado para la medición del oxígeno disuelto en el agua. Incluye lecturas obtenidas en el equipo multiparámetro YSI, así como imágenes tomadas en diferentes estaciones del río. Los registros permiten visualizar las variaciones de oxígeno durante el estudio y respaldan los resultados estadísticos obtenidos.

Anexo 5. TEMPERATURA.



Nota. Muestra imágenes del proceso de medición de la temperatura utilizando el multiparámetro YSI. Se evidencian lecturas en grados Celsius tomadas directamente en el río a profundidades controladas. Estas fotografías refuerzan los valores presentados en el análisis y permiten observar las condiciones térmicas predominantes en cada mes del estudio.

Anexo 6. CONDUCTIVIDAD.



Nota. Recoge imágenes del procedimiento de medición de conductividad eléctrica del agua. Incluye lecturas del equipo, momentos de calibración y registros tomados en distintas estaciones del río. Las fotografías corroboran los valores utilizados en el análisis estadístico y muestran la estabilidad o variación de la mineralización del agua durante el periodo de estudio.