



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de BIÓLOGA

AUTORA:

Lino Barberán Karina Mitzuky

TUTOR:

Blga. Cuenca Zambrano Mayra Magali, MSc.

SANTA ELENA- ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de BIÓLOGA

AUTORA:

Lino Barberán Karina Mitzuky

TUTOR:

Blga. Cuenca Zambrano Mayra Magali, MSc.


SANTA ELENA- ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “**Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.**”, elaborado por **Lino Barberán Karina Mitzuky**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, 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



Blga. Cuenca Zambrano Mayra Magali, MSc.

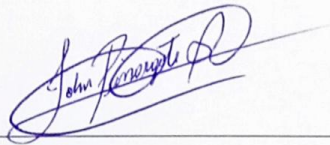
DOCENTE TUTOR

C.I. 1712887767

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.**”, elaborado por **Lino Barberán Karina Mitzuky**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber evaluado el 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 su sustentación.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, reading "John Pinargote Álava", is written over a horizontal line.

Ing. John Pinargote Álava, Mgt.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 1204916884

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la Facultad de Ciencias del mar por brindarme esta oportunidad y las herramientas necesarias para este recorrido académico.

A los docentes de la Facultad, por su apoyo incondicional que me guiaron para ser la persona que soy hoy. De manera especial, a mi tutora Blga. Mayra Cuenca Zambrano, por su guía y apoyo durante el desarrollo de este trabajo, su ayuda fue fundamental para esta investigación. También un agradecimiento especial para el Blgo. Xavier Piguave Preciado, su guía y apoyo aportaron mucho a este proyecto, pero sobre todo me ayudó a mejorar como persona y como la profesional que aspiro a ser algún día.

Agradezco a mis amigas que me apoyaron durante este duro proceso, Génesis, Darleny, Yumey, Kerly, y Ludy, ustedes fueron la causa de mis risas y mi paz durante todo este camino y sin ustedes no lo hubiera logrado jamás.

Por último, quiero agradecer a Masashi Kishimoto, por ser el autor de una frase que me guio durante toda mi carrera universitaria, esa frase me inspiro a nunca rendirme ya que “¡Yo jamás me rindo... y jamás retrocederé a mi palabra... ese es mi camino ninja!”.

DEDICATORIA

A mi madre, Zayda Karina Barberán Quiroz, con todo el amor que esta hija te puede tener.

Gracias por ser la madre que eres, por todo tu amor y paciencia, te dedico este logro, ya que sin ti jamás hubiera sido posible, espero ser digna algún día de ser tu hija y que me acompañes siempre en los demás logros venideros.

También quiero dedicarle este logro a Lulú, gracias por ser mi compañera en el tiempo que estuvimos juntas, eres la base más fuerte en la que me apoye y espero que desde el cielo estés orgullosa de esta mujer que te amó profundamente en el tiempo que te tuvo.

Madre, Lulú, les dedico esto desde lo más profundo y sincero de mi alma, este logro es más suyo que mío. Siempre las amaré.

Karina Lino **Barberán.**

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Lino Barberán Karina Mitzuky**, como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11 de diciembre del 2025. Titulado “**Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.**”



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



Ing. John Pinargote Álava, Mgt.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lic. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas, investigaciones y resultados expuestos en el Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.”**, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma está compartido con la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente,

Karina Lino B.

Lino Barberán Karina Mitzuky

CI: 2450317124

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen

ABSTRACT

CAPITULO I	1
1.Introducción	1
2. Problemática	4
3. Justificación	6
4. Objetivos:	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
4.1.Hipótesis	8
5. Marco Teórico	9
5.1.Generalidades del género <i>Macrobrachium</i>	9
5.2.Distribución geográfica del género <i>Macrobrachium</i>	11
5.3.Generalidades de su reproducción.	12
5.4.Especies de <i>Macrobrachium</i> encontrados en el río Dos Mangas.	13
5.4.1. <i>Macrobrachium americanum</i> :	13
5.4.2. <i>Macrobrachium transandicum</i> (Holthuis, 1950):	16
5.4.3. <i>Macrobrachium carcinus</i> (Linnée, 1758):	17
5.4.4. <i>Macrobrachium olfersii</i> (Wiegmann, 1836)	18
5.5.Parámetros físico-químicos del agua y su influencia en crustáceos.	20
5.5.1.Parámetros físicos	20
5.5.2.Parámetros químicos	22
5.6.1Marco legal nacional de la República del Ecuador.	24
5. Metodología	27
5.1. Área de estudio	27
5.2.Fase de campo	28
5.2.1.Diseño del muestreo	28

5.2.2. Toma de parámetros	29
5.2.3. Medición de profundidad.	30
5.2.6. Nasas.....	32
5.3. Fase de laboratorio	33
5.3.1. Recolección de organismos	33
5.3.2. Identificación taxonómica	34
5.4. Consideraciones éticas y permisos	35
5.5. Control de calidad.	36
5.6. Análisis estadísticos:	36
5.6.1. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE).	36
5.6.2. Test de Shapiro-Wilk	37
5.7. Análisis de Abundancia Relativa	38
5.8. Análisis de Distribución Espacial	40
5.8.1. Índice de Morisita	40
5.9. Correlación entre Parámetros Físico-Químicos y Abundancia	40
5.9.1. Matriz de correlación de Spearman	40
5.9.2. La prueba U de Mann-Whitney	41
6. Resultados	42
6.1. Análisis de parámetros físicos-químicos del agua.	42
6.2 Variación espacial y temporal de parámetros	43
6.2.1. Temperatura por estación	44
6.2.2. Distribución espacial de la profundidad	44
6.2.3. Distribución espacial de pH	45
6.2.4. Variación del oxígeno disuelto.	46
6.2.5. Abundancia de Organismos.	47
6.3. Dinámica temporal y abundancia de <i>Macrobrachium</i>	49
6.4. Abundancia relativa y distribución espacial de <i>Macrobrachium</i>	51
6.4.1. Abundancia relativa (CPUE)	51
6.4.2. Distribución espacial	52
6.4.3. Análisis de diferencia entre estaciones	53
6.4.4. Composición de especies	53
6.5. Correlación entre parámetros físico-químicos y abundancia de <i>Macrobrachium</i>	54
6.5.1. Análisis de normalidad	54
6.5.2. Correlación con la abundancia de <i>Macrobrachium</i>	55
6.5.3. Homogeneidad ambiental entre estaciones.	56

6.5.4.Análisis complementarios de distribución	56
6.5.5.Análisis complementario de presencia/ ausencia	58
6.6.Relación entre el tamaño morfológico y parámetros físicos-químicos.	59
6.6.1.Análisis de correlación.	59
6.6.2.Caracterización de la estructura de tallas poblacional.	60
6.6.3.Composición poblacional por clase de talla	61
DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía de un reproductor macho de <i>Macrobrachium americanum</i> .	10
<hr style="border-top: 1px dotted black;"/>	
Figura 2. Mapa de distribución de <i>M. americanum</i>	11
Figura 3. Ciclo de vida de <i>M. rosenbergii</i> .	13
Figura 4. Estructura morfológica de la quela de un <i>Macrobrachium</i> .	14
Figura 5. <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868	15
Figura 6. <i>Macrobrachium transandicum</i> Holthuis, 1950	17
Figura 7. <i>Macrobrachium carcinus</i> (Linnée, 1758)	18
Figura 8. <i>Macrobrachium olfersii</i> (Wiegmann, 1836)	19
Figura 9. Área de estudio del sendero Piscinas comuna Dos Mangas.	28
Figura 10. Multiparámetro YY-1070 y Medidor de oxígeno disuelto DO9100 29	31
Figura 11. Checker Nitrito (0-150 ppm) de marca HANNA	31
Figura 12. Checker Mini Amoniaco marca HANNA	31
Figura 13. <i>Arte denominado “Jacconta” Especie Orestias spp-Lago Titicaca.</i>	32
<hr style="border-top: 1px dotted black;"/>	
Figura 14. <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868.	33
Figura 15. Características morfológicas de <i>Macrobrachium carcinus</i> .	34
Figura 16. <i>Autorización para la recolección de especímenes emitida por el MAATE.</i>	35
Figura 17. Variación temporal de temperatura	44
Figura 18. Variación temporal de profundidad	45
Figura 19. Distribución de pH por estación.	46
Figura 20. Distribución de Oxígeno Disuelto.	47
Figura 21. Abundancia total de organismos por estación	49
Figura 22. Índice de Morisita para la distribución espacial de <i>Macrobrachium</i> .	52
<hr style="border-top: 1px dotted black;"/>	
Figura 23. Composición de especies del género <i>Macrobrachium</i> en el sendero Piscinas.	54
Figura 24. Correlaciones entre parámetros físico-químicos y abundancia de <i>Macrobrachium</i> .	55
Figura 25. Análisis Varianza: Comparación de parámetros entre estaciones.	56
Figura 26. Distribución y composición porcentual de especies de <i>Macrobrachium</i> por estación de muestreo en el sendero Piscinas.	58
Figura 27. Comparación de oxígeno disuelto (OD) y temperatura entre estaciones con presencia y ausencia de <i>Macrobrachium</i> en el sendero Piscinas.	59
Figura 28. Distribución de tamaños de <i>Macrobrachium</i> sendero Piscinas (n=127)	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas correspondientes a los puntos de muestreo en la comuna Dos Mangas sendero Piscinas.	27
Tabla 2. Resumen de parámetros físico-químicos en el sendero Piscina	43
Tabla 3. Parámetros físicos-químicos y abundancia de <i>Macrobrachium</i> por estación de muestreo.	47
Tabla 4. Parámetros físico-químicos y abundancia de <i>Macrobrachium</i> por estación de muestreo.	50
Tabla 5 Abundancia relativa (CPUE) de <i>Macrobrachium</i> por estación de muestreo en el sendero Piscinas.	51
Tabla 6. Distribución de especies de <i>Macrobrachium</i> por estación de muestreo.	57
Tabla 7. Correlación Spearman entre el tamaño de individuos de <i>Macrobrachium</i> y parámetros ambientales (n= 127).	60
Tabla 8. Distribución porcentual de <i>Macrobrachium</i> según categorías de tallas.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Macribrachium transandicum	80
Anexo 2 Macrobrachium olfersii	81
Anexo 3 Macrobrachium americanum	81
Anexo 4 Macrobrachium carcinus	82
Anexo 5 Primera estación	82
Anexo 6 Segunda estación	83
Anexo 7 Tercera estación	83
Anexo 8 Cuarta estación	84
Anexo 9 Nasas cebadas	84
Anexo 10 Armado de nasas	85
Anexo 11 Toma de parámetros	85
Anexo 12 Colocación de las nasas en las estaciones	86
Anexo 13 Número total de organismos de Macrobrachium capturados en las cuatro estaciones de muestreo	87
Anexo 14 Resultados del test de Shapiro-Wilk para la normalidad de los datos.	87
Anexo 15 Correlaciones de Spearman entre parámetros físico-químicos y abundancia de Macrobrachium (n = 32 registros completos)	87
Anexo 16 Análisis de varianza (ANOVA) de parámetros físico-químicos entre estaciones	88
Anexo 17 Análisis de diferencias en condiciones ambientales entre sitios con y sin Macrobrachium (Prueba U de Mann-Whitney)	88
Anexo 18 Estadísticas descriptivas de la distribución de tallas de Macrobrachium en el sendero Piscinas (n = 127)	88
Anexo 19 Abundancia relativa de Macrobrachium por estación de muestreo .	89

Resumen

Los ríos han sido claves para el desarrollo de la humanidad desde el inicio de las civilizaciones, pero actualmente las actividades humanas han deteriorado sus ecosistemas. Por ende, el género *Macrobrachium* que se encuentra presente en Ecuador, destaca por su valor no solo ecológico sino también como un indicador ambiental. Este estudio realizado en el sendero Piscinas del Bosque Dos Mangas en la parroquia de Manglaralto, tuvo como objetivo analizar como los factores físicos-químicos influye en la distribución y abundancia de estos organismos. Usando un transecto lineal de 1 km, estableciendo cuatro estaciones de muestreo, en cada una se midieron los factores físicos-químicos tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, profundidad, sólidos disueltos, nitrito y amoníaco, con la ayuda de equipos especializados. Para la captura de *Macrobrachium* se contó con la ayuda de nasas cebadas, colocadas en cada una de las estaciones durante un periodo de 12 horas. Cada organismo fue trasladado al laboratorio para ser contado e identificado morfológicamente. La eutanasia fue realizada por medio de un choque térmico siguiendo las normas éticas. Los resultados demostraron que el oxígeno disuelto ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$) y la temperatura ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$), fueron los factores que más influyeron en la distribución del género *Macrobrachium*. Se analizaron 127 individuos pertenecientes a cuatro especies, siendo *M. transandicum* la especie más abundante con un 35.4 % de la población total, seguida por *M. olfersii* con un 32.3%. Las condiciones ambientales del sendero fueron estables con temperaturas promedios de 0.3 ± 1.2 °C, oxígeno disuelto de 7.88 ± 0.91 mL/L, y pH ligeramente alcalino (8.2 ± 0.57). A pesar de que los valores de los nutrientes (nitrito y amoníaco) mostraron una variabilidad de CV >150%, esto no afectó la calidad del agua en general. La estación con mayor abundancia relativa presentó (CPUE= 0.146 org/hora-nasa), esto se puede asociar a su mayor profundidad. Se encontró una correlación positiva entre el pH y el tamaño corporal de los organismos, lo que sugiere que su crecimiento este influenciado por este parámetro.

Palabras claves: *Macrobrachium*, abundancia, oxígeno disuelto, distribución, agua, poblacional.

ABSTRACT

Rivers have been key to human development since the dawn of civilization, but human activities have now damaged their ecosystems. As a result, the *Macrobrachium* genus found in Ecuador is notable not only for its ecological value but also as an environmental indicator. This study, conducted on the Piscinas del Bosque Dos Mangas trail in the parish of Manglaralto, aimed to analyze how physical-chemical factors influence the distribution and abundance of these organisms. Using a 1 km linear transect, four sampling stations were established, and physical-chemical factors such as temperature, pH, dissolved oxygen, depth, dissolved solids, nitrite, and ammonia were measured at each station with the help of specialized equipment. To capture *Macrobrachium*, baited traps were placed at each station for a period of 12 hours. Each organism was transferred to the laboratory to be counted and morphologically identified. Euthanasia was performed by thermal shock in accordance with ethical standards. The results showed that dissolved oxygen ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$) and temperature ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$) were the factors that most influenced the distribution of the genus *Macrobrachium*. A total of 127 individuals belonging to four species were analyzed, with *M. transandicum* being the most abundant species, accounting for 35.4% of the total population, followed by *M. olfersii* with 32.3%. Environmental conditions along the trail were stable, with average temperatures of 0.3 ± 1.2 °C, dissolved oxygen of 7.88 ± 0.91 mL/L, and slightly alkaline pH (8.2 ± 0.57). Although nutrient values (nitrite and ammonia) showed a CV variability of >150%, this did not affect the overall water quality. The station with the highest relative abundance (CPUE = 0.146 org/hour-net) can be associated with its greater depth. A positive correlation was found between pH and body size of the organisms, suggesting that their growth is influenced by this parameter.

Keywords: *Macrobrachium*, abundance, dissolved oxygen, distribution, water, population

CAPITULO I

1. Introducción

Los ríos han sido pilares fundamentales de las civilizaciones a lo largo de la historia, al ser proveedores de recursos esenciales tales como el agua y alimento. A pesar de esto, la presión de las actividades humanas ha provocado que estos cuerpos hídricos se vean afectados, ocasionando alteraciones en su morfología, contaminación en sus aguas y fragmentando ecosistemas. Las represas, canalizaciones y desvíos de los ríos han generado grandes ganancias económicas, pero de la misma manera ocasionan consecuencias negativas sobre los ecosistemas acuáticos (García, 2022).

Desde un punto de vista ecológico, estos sistemas de agua tienen una amplia variabilidad, principalmente por la influencia de los factores físicos- químicos que afectan directamente a los comportamientos de las poblaciones acuáticas (Strayer & Findlay, 2010). El género *Macrobrachium* pertenece a la familia Palaemonidae, que tiene actualmente quince especies registradas en Ecuador, pero en la provincia de Santa Elena solo se han logrado identificar localmente cuatro especies de *Macrobrachium*, tales como *Macrobrachium americanum*, *M. carcinus*, *M. transandicum* y *M. olfersii*.

La importancia de este género recae en su relevancia ecológica, económica y su potencial de ser usados como bioindicadores de calidad ambiental. Su presencia es influenciada por los parámetros físicos-químicos tales como la temperatura, pH, oxígeno disuelto y concentración de nutrientes (Rincón-Bello, 2021).

Según estudios como los de New y Singholka (1984) y Valencia y Campos (2007), los *Macrobrachium* presentan una notable capacidad para la adaptación, pudiéndose adaptar en aguas que tienen una temperatura que oscila entre 16 °C y 32 °C

(Arroyo-Rentería y Magaña-Ríos, 2001). En el caso de *Macrobrachium americanum*, *M. carcinus*, *M. transandicum* y *M. olfersi* se ha reportado que toleran rango de pH entre 6.8 y 8.2, a pesar de esto cada especie tiene un rango específico (Valencia & Campos 2015; Silva et al. 2017; y Anger & Moreira 1998). Este género es omnívora y carroñera, lo que significa que puede consumir algas, restos de animales muertos y pueden presentar conductas depredadoras (García-Guerrero et al., 2013).

En condiciones de cultivo se ha determinado que las condiciones óptimas, se deben controlar estrictamente los niveles de amoníaco y nitrito. Existen diferentes niveles dependiendo de la etapa de desarrollo, en las postlarvas son más susceptible en el caso de amoníaco total no debe no deben superar 2,0 mg/L para postlarvas, 2,5 mg/L para juveniles y 4,0 mg/L para adultos (Motta et al., 2024; Pillai et al. 2022).

El oxígeno disuelto es indispensable para la respiración y la temperatura tiene una influencia directa con su metabolismo y comportamiento. El pH afecta directamente a la disponibilidad de nutrientes y su salud, por ello, esta investigación, no solo esclarecerá datos importantes sobre su distribución y abundancia, si no también aportara datos claves sobre el estado ecológico del ecosistema (Gunther, 2023).

En Ecuador ha existido un incremento en los estudios sobre macroinvertebrados en los últimos años, pero aun con esto, los escasos de información disponible sobre *Macrobrachium* es limitada, sobre todo en el cuerpo de agua ubicado en el bosque Dos Mangas, ubicado en la provincia de Santa Elena. (Baquero et al., 2020).

Tomando en cuenta esto, este estudio propone relacionar los parámetros físico-químicos del agua del sendero Piscina del río Dos Mangas con la distribución del género *Macrobrachium*, mediante un muestreo lineal, se seleccionaron cuatro estaciones en un 1 km durante los meses de agosto a octubre del 2025.

Esta investigación busca llenar vacíos de conocimiento sobre las conductas de estas poblaciones, obteniendo así información indispensable para la conservación y desarrollo sostenible de un recurso indispensable para las comunidades locales.

2. Problemática

El género *Macrobrachium* no solo destaca por la diversidad de especies que posee, sino también por su distribución abundante en el mundo y su importancia comercial (Villalobos, 1982). Además, tienen una función ecológica esencial en las redes tróficas y económica en la pesca artesana. A pesar de esto, su presencia y abundancia se encuentran estrechamente relacionada con condiciones físico-químicas del agua, tales como la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH. Según Liew (2022), concentraciones de pH bajas pueden afectar negativamente tanto en su crecimiento como desarrollo.

En países como Ecuador, los estudios que exploran esta relación entre los factores ambientales y la abundancia de este género son escasos, a pesar de que estos cuerpos de agua se encuentran en constante presión por la contaminación ocasionada por las actividades antropogénicas. La falta de esta información limita las estrategias para la conservación y el manejo sostenible de este género.

Esta investigación se enfocó en un transecto de 1 km desde el inicio de las pozas de sendero “Piscina”. Con este transecto se buscará cubrir zonas con diversas profundidades analizando la preferencia de este género en este parámetro.

El objetivo de este estudio es la evaluación de parámetros físicos tales como temperatura y profundidad, químicos como el pH, oxígeno disuelto, salidos disueltos, nitrito y amoníaco con la influencia la distribución y abundancia de *Macrobrachium*. Se utilizaron mediciones in situ y un análisis estadístico de correlación.

Existe una necesidad de identificar los factores que regulan estas poblaciones, las cuales son indispensables para la vida acuática. Su importancia tanto social como

económica es innegable debido a aportación económica que genera en las comunidades locales; entender su distribución y abundancia permitirá promover un manejo más sostenible.

¿Cómo influyen los parámetros físico-químicos del agua en la distribución espacial y abundancia de *Macrobrachium* en el río Dos Mangas?

3. Justificación

El objetivo de esta investigación es aportar nuevos conocimientos sobre la relación de los parámetros físicos-químicos del agua del sendero Piscinas en el bosque Dos Mangas en la distribución del género *Macrobrachium*, debido a la limitada información en Ecuador. Los resultados obtenidos nos ayudaron a comprender los factores ambientales que influyen en el comportamiento de estas poblaciones

La relevancia de esta investigación recae en su potencial para la conservación y manejo sostenible de este recurso biológico. Al identificar parámetros críticos que influyen en la distribución tales como oxígeno disuelto, pH y temperatura, será la base para crear medidas de protección en zonas claves. Estos datos servirán como pilares para el desarrollo de planes de manejo pesquero, sobre todo para la población local que depende del recurso.

Este proyecto tendrá una viabilidad debido a la accesibilidad del área de estudio, un transecto lineal de 1 km en el sendero Pisciana en el bosque Dos Mangas, que brinda condiciones seguras para la realización de los muestreos.

Para la obtención de estos datos se implementaron protocolos estandarizados que contaron con mediciones in situ y la captura de organismos mediante el uso de nasas, pudiendo así garantizar la replicabilidad. Los análisis estadísticos fueron evaluados por técnicas de correlación y análisis descriptivos que fueron viables con el tamaño de la muestra obtenida.

Esta investigación está justificada por su potencial para llenar vacíos en los conocimientos científicos, apoyo para tomar decisiones ambientales y beneficiar a las

comunidades que dependen del río Dos Mangas. Su enfoque metodológico claro y la disponibilidad aseguran su ejecución exitosa.

4. Objetivos:

Objetivo General

Relacionar la influencia de los parámetros físicos-químicos con el género *Macrobrachium* mediante un muestreo lineal y análisis de campo, determinando la abundancia y distribución espacial.

Objetivos Específicos

- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua del sendero Piscina en el bosque de Dos Mangas, mediante pruebas de campo con un equipo multiparámetro.
- Determinar la abundancia relativa y distribución espacial de *Macrobrachium*, utilizando nasas cebadas en las estaciones georreferenciadas durante un periodo de 12 horas.
- Correlacionar los parámetros físicos-químicos en relación a la distribución y abundancia de *Macrobrachium* en el sendero Piscina, mediante métodos estadísticos descriptivos y de correlación.

4.1. Hipótesis

Hi

Los parámetros físico-químicos del agua del río Dos Mangas influyen a la distribución espacial del género *Macrobrachium*.

CAPITULO II

5. Marco Teórico

5.1. Generalidades del género *Macrobrachium*

La familia Palaemonidae resalta por ser una de las más numerosas, el género *Macrobrachium* es el que mayor diversidad posee (De Grave et al., 2008). Este grupo es reconocido por varios nombres tales como, langostinos de río, langostinos o gambas, en este género podemos encontrar alrededor de 238 especies que se encuentran distribuidas en diferentes zonas tropicales (De Grave et al., 2009 en Bauer, 2011a). Se pueden encontrar diferentes tipos de tamaños, morfologías, conductas y preferencias del hábitat (Pileggi y Mantelatto, 2010).

En Baja California hasta Ecuador hay 26 especies de camarones de agua dulce reportados, incluyendo países tales como Brasil y Argentina. En México hay 17 especies identificadas, cinco de estas especies tienen importancia comercial: *M. carcinus*, *M. olfersi*, *M. achantarus*, y *M. tenellum* y *M. americanum* en el Pacífico (Vega-Villasante et al., 2011).

En la actualidad, hay limitadas investigaciones sobre este género en Ecuador, y la mayoría de estos estudios se han concentrado en su identificación taxonómica, registros y distribución, no existen estudios sobre su relación con los parámetros físico-químicos.

La importancia de estos organismos recae en la transferencia de energía, ya que los *Macrobrachium* se alimentan de materia orgánica en descomposición, pequeños crustáceos y larvas de peces (Villalobos, 1982; Collins, 1998; Bowles et al., 2000). También sirven como alimento, en su fase larval son cazados por arácnidos, peces e

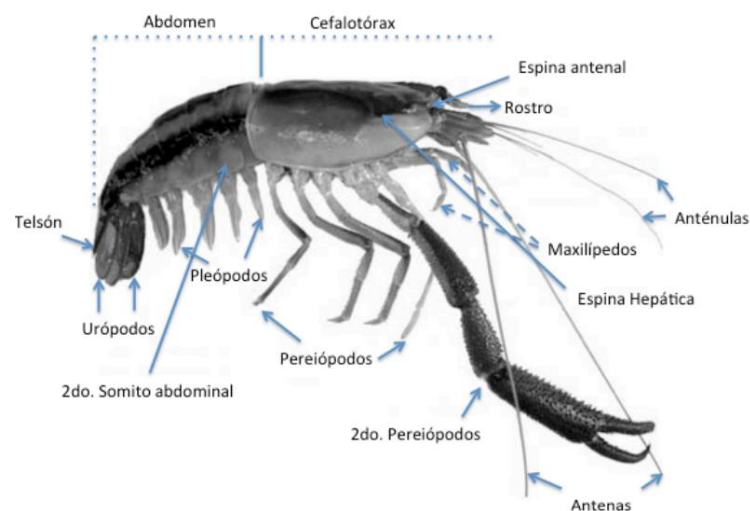
insectos (Villalobos, 1982), y en la fase juvenil y adulta son presas de crustáceos, peces mamíferos y humanos (Ríos, 1989).

Lo que diferencia a este género de otros palemónidos es su cuerpo dividido en tres secciones principales: cabeza, tórax y abdomen (Fig.1). La característica más distintiva de *Macrobrachium* según Holthuis (1952), es que su segundo par de pereiópodos también conocidos como quelas están más desarrollados que los demás apéndices torácicos. Si ambas quelas presentan un mismo tamaño estas se denominan “isoquelas” (Cabrera, 1983), mientras que, si existe una diferencia notable entre una u otra tanto en tamaño o forma, se la conoce como “heteroquelas” (Mossolin & Bueno, 2003).

En este trabajo lo que se busca es obtener conocimiento de cómo influyen los factores físico-químicos en la distribución y abundancia del género *Macrobrachium*.

Figura 1

Anatomía de un reproductor macho de Macrobrachium americanum.



Nota. Modificado de Hernández-Valencia (2010).

5.2. Distribución geográfica del género *Macrobrachium*

Estas especies suelen habitar zonas con climas tropicales y subtropicales, limitadas por temperaturas de 18 °C. Suelen encontrarse en lugares al nivel del mar hasta altitudes máximas de 1500 m, en zonas con temperaturas que oscilan entre los 16 °C y 32 °C (Vega-Villasante et al., 2011).

Especies en particular como el *M. americanum* se puede encontrar en ríos, lagunas y estuarios de la vertiente del Pacífico, su rango geográfico se extiende desde la Península de Baja California hasta el noroeste de Perú (Fig.2) (Hernández et al., 2007).

Figura 2

Mapa de distribución de *M. americanum*



Nota. Tomado de Yamasaki Granados, 2013

5.3. Generalidades de su reproducción.

La dimorfia sexual en este género es evidente, el tamaño de las hembras suele ser menor al de los machos ya que estos poseen un desarrollo mayor en su segundo par de pinzas (Yamasaki-Granados, 2012). En organismos juveniles su identificación se puede hacer observando sus gonoporos. En los organismos hembras, estas estructuras membranosas se observan como aberturas ovales en las coxas del tercer par de pereiópodos, mientras que en los machos los encontramos en las coxas del quinto par (Vega-Villasante et al., 2011).

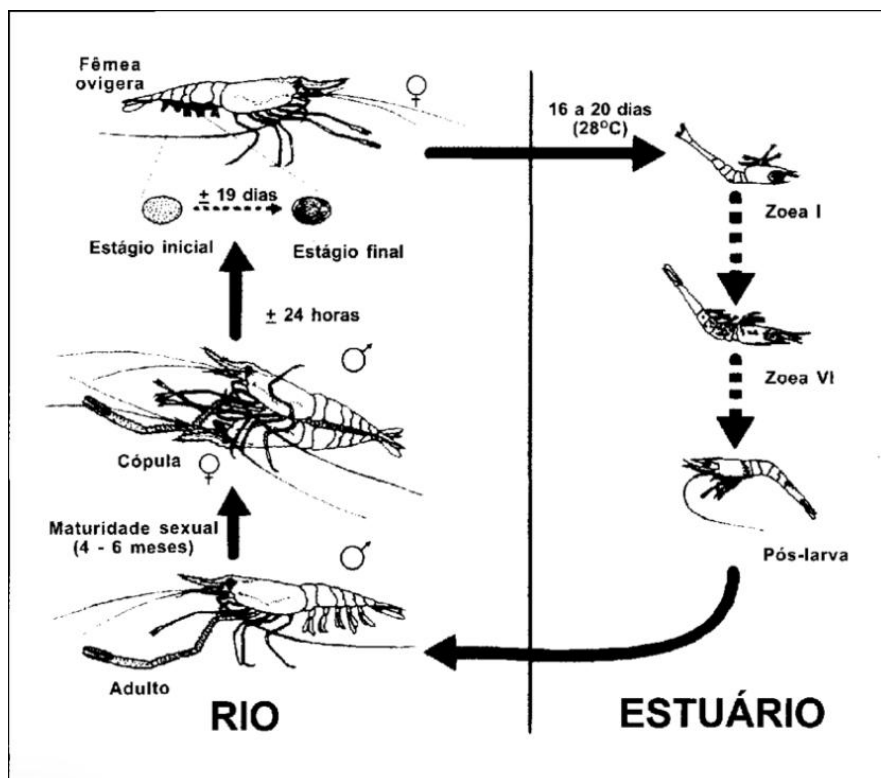
Existen dos estrategias reproductivas utilizadas por este género, en algunas especies se necesitan agua salobre para poder completar su desarrollo larval. Los estadios en los *Macrobrachium* pueden llegar a superar más de doce estadios, de los cuales por lo menos un estadio requiere una condición de salinidad (Yamasaki-Granados, 2012) (Figura 3).

Se asocia su época reproductiva a la época de lluvias (Vega- Villasante et al., 2011). Durante esta temporada estas especies suelen migrar a zonas reproductivas tales como estuarios, en la actualidad estas migraciones se encuentran afectadas por alteraciones en los cuerpos de agua (García-Vázquez, 2008).

El desove de las hembras puede darse varias veces al año y en cada desove producen miles de huevos, esto debido a su alta fecundidad. Los huevos se encuentran incubados en la parte baja de su abdomen, donde permanecerán durante el tiempo que es determinados por la temperatura del agua (Gracia- Guerrero, 2013). Aunque las hembras realizan la mayoría de sus actividades vitales en agua dulce, desovan sus huevos y comienzan sus etapas larvales en agua salina (Bernardi, 2007).

Figura 3

Ciclo de vida de M. rosenbergii.



Nota. Tomado de internet (Fuente: Desconocida)

5.4. Especies de *Macrobrachium* encontrados en el río Dos Mangas.

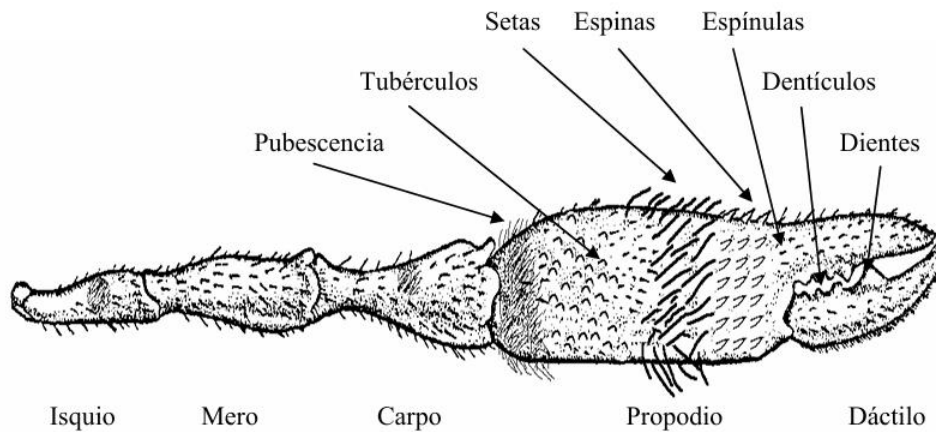
5.4.1. *Macrobrachium americanum*:

También conocido como camarón de río o langostino de río, pertenece a la familia *Palaemonidae* y su característica más resaltante es su extrema ampliación en el segundo par de pereopodos. Tiene un rostro curvado y robusto, se extiende desde el borde de la órbita hasta el extremo del pedúnculo antenular. En el margen superior presenta de 10 a 12 dientes, tres o cuatro se encuentran detrás del borde orbital, los dos o cuatro restantes se observan en el borde ventral (Martin, 2001).

Su segundo par de pereiópodos es simétrico, y muestra espinas en todos sus segmentos. El carpo posee una longitud doble respecto a su altura y su resulta ser más corta que el mero. Su palma es alargada, y los dedos al cerrarse, dejan espacio entre ellos (Fig.4). En el dácilo se puede distinguir un diente prominente en su zona media, mientras que en el dedo fijo se ve otro diente en su primer tercio, junto con entre dos y cuatro denticulos pequeños en la región proximal (Fig. 5) (Mashiko, 2000).

Figura 4

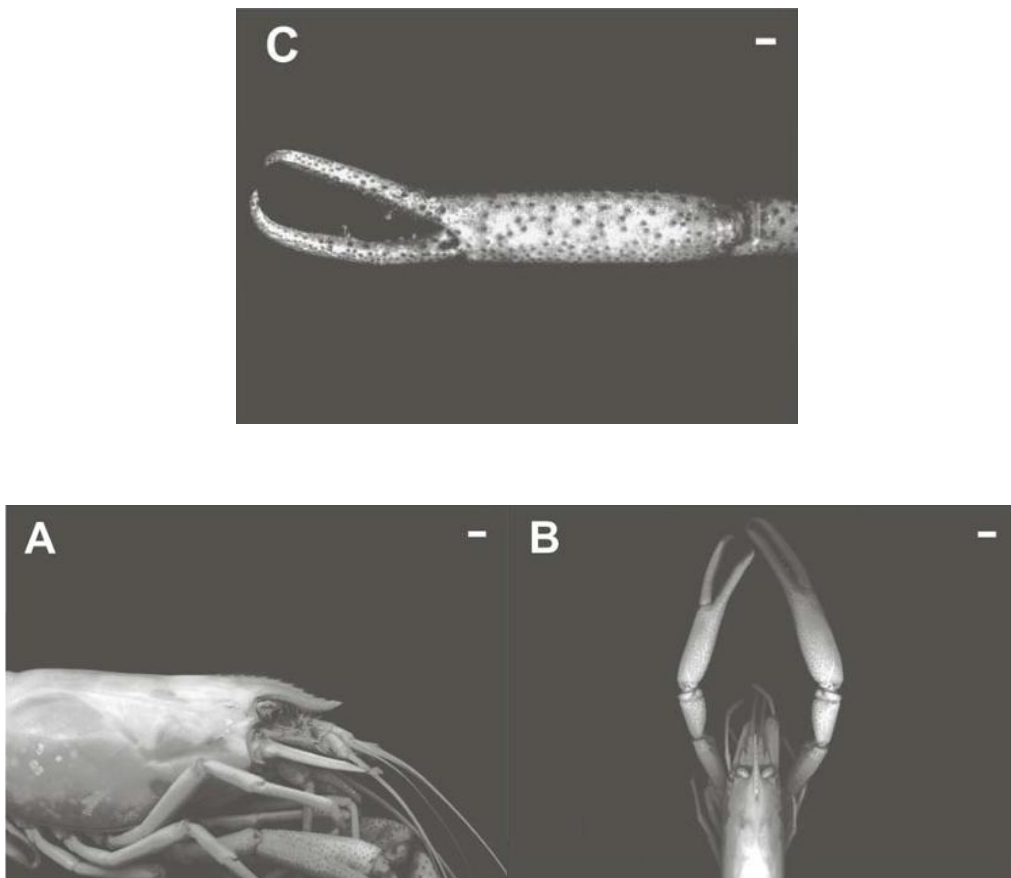
Estructura morfológica de la quela de un Macrobrachium.



Nota. Caracteres diagnósticos que se pueden encontrar en el segundo pereiópodo grande de los *Macrobrachium* (modificada de Holthuis, 1952).

Figura 5

Macrobrachium americanum Bate, 1868



Nota. Proveniente de Los Potreros (CIB 814). A) Vista lateral del caparazón, B) vista dorsal del caparazón y C) detalle de la quela. La barra representa 10 mm en todos los casos.

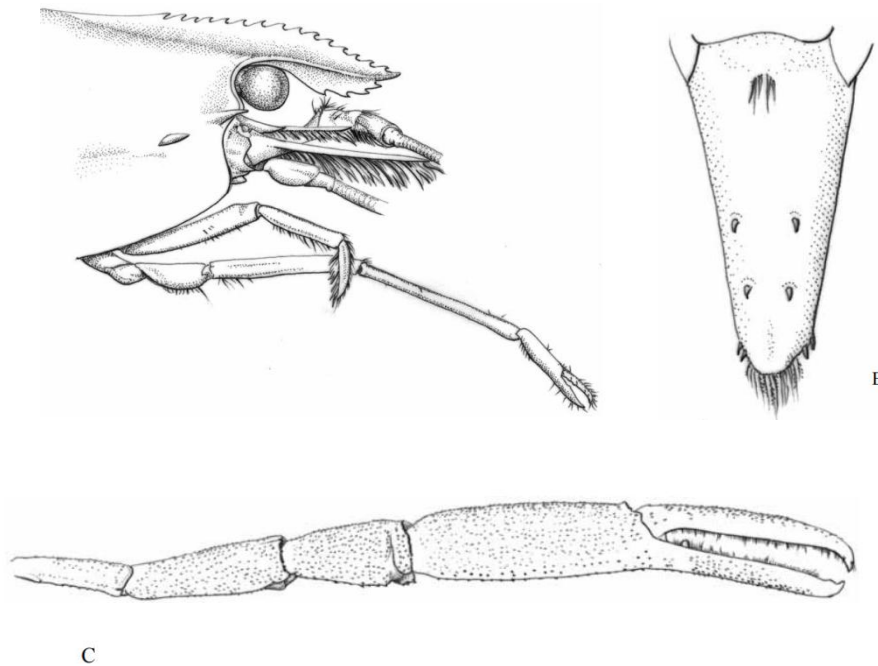
5.4.2. *Macrobrachium transandicum* (Holthuis, 1950):

Su rostro es ligeramente sinuoso, con el ápice curvado hacia afuera (Fig.6). En el margen superior se pueden observar entre 9 a 15 dientes distribuidos de manera continua, también se poseen 6 dientes postorbitales, en su margen cuentan con 2 a 4 dientes (Méndez, 1981). El rostro es corto a comparación del escafocerito y el pedúnculo antenular. Su caparazón es liso igual su abdomen. En el margen posterior del telson tiene una forma redondeada, con espínulas a cada lado que se encuentran separadas por setas (Rodríguez, 1981).

El segundo par de pereiópodos es prominente, tienen una forma similar pero su tamaño es diferente, se encuentran cubiertos de espínulas. La palma es prominente, entre 3 a 4 veces más larga que ancha. Los dedos al cerrarse no forman un espacio entre ellos y sus bordes cortantes son pubescentes. En el dedo fijo se observan 4 denticulos en la porción media, en el dedo móvil se encuentra un diente prominente proximal (Méndez, 1981).

Figura 6

Macrobrachium transandicum Holthuis, 1950



Nota. Macho, ICN-MHN-CR 2714: A, parte anterior del cuerpo, vista lateral; B, telson, vista dorsal; C, segundo pereopodo, vista lateral. Valencia & Campos, 2007.

5.4.3. *Macrobrachium carcinus* (Linnée, 1758):

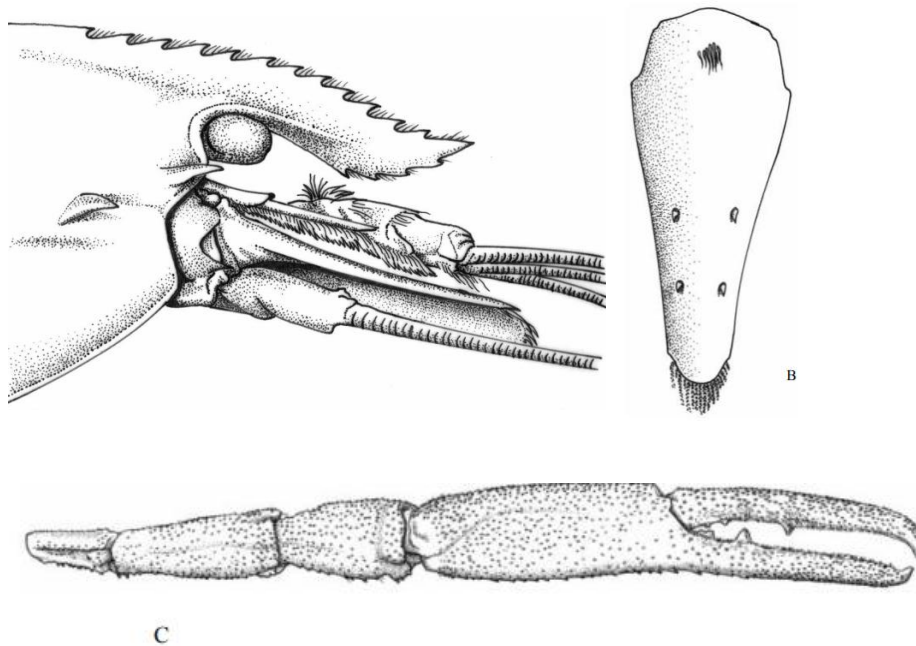
El rostro tiene una forma lanceolada, con el ápice apuntando al exterior (Fig.7). En su margen superior se pueden encontrar de 11 a 14 dientes distribuidos de manera uniforme entre sí, entre 4 a 5 de estos dientes estarán distribuidos detrás de la órbita (Chace, 1972). La longitud de su rostro puede ser igual o ligeramente menor que la del pedúnculo antenular (Escobar, 1979).

En el telson la parte posterior tiene una forma semicircular. Presentará un par de espínulas reducidas a cada lado, se encontrarán separadas por setas plumosas. Las espínulas no sobresalen del margen posterior del telson (Campos, 2010a).

El segundo par de pereiópodos es largo y prominente, la forma y tamaño son similares entre sí, superando el escafoцерito con un tercio del mero (Chace, 1972). Los dedos suelen tener una longitud igual o ligeramente superior que la palma, formando un espacio entre ellos al cerrarse. El borde del dedo fijo presenta 3 a 4 dentículos en la base, lo sigue un diente prominente en la zona media (Williams, 1984).

Figura 7

Macrobrachium carcinus (Linnée, 1758)



Nota. Macho, ICN-MHN-CR 0531: A, parte anterior del cuerpo, vista lateral; B, telson, vista dorsal; C, segundo pereopodo, vista lateral. Reproducido de Zootaxa con autorización de Magnolia Press.

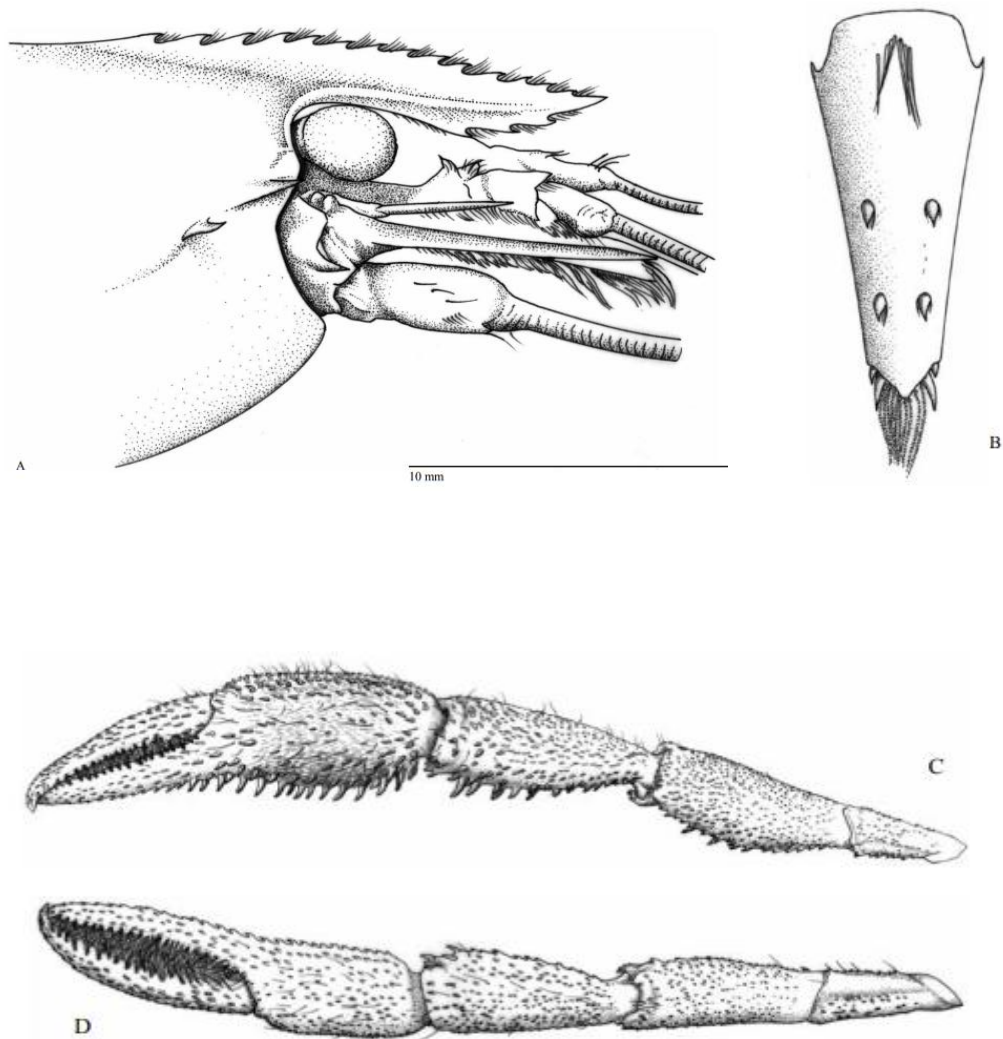
5.4.4. *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836)

El rostro es recto y se proyecta ligeramente hacia abajo, con un margen superior que presenta de 11 a 14 dientes (4-5 de ellos postorbitales) y un margen inferior con 2 a 4 dientes. El caparazón y el abdomen son lisos. El telson termina en una punta semi-

aguda, con un par de espínulas a cada lado y setas largas en su porción media. El primer par de pereópodos sobrepasa el escafocerito con la parte distal del carpo. El segundo par de pereópodos es prominente, asimétrico (diferente en forma y tamaño), y está cubierto de espinas conspicuas y setas largas; el pereópodo mayor sobrepasa el escafocerito con un cuarto del mero. La palma es abultada y prominente, con el margen inferior convexo y superficies con hileras de espinas y setas; los dedos, de bordes cortantes pubescentes, forman un amplio espacio entre ellos al cerrarse.

Figura 8

Macrobrachium olfersii (Wiegmann, 1836)



Nota Macho, ICN-MHN-CR 2381: A, parte anterior del cuerpo, vista lateral; B, telson, vista dorsal; C, segundo pereopodo mayor, vista lateral; D, segundo pereopodo menor, vista lateral. Reproducido de Zootaxa con autorización de Magnolia Press.

5.5. Parámetros físico-químicos del agua y su influencia en crustáceos.

5.5.1. Parámetros físicos

5.5.1.1. Temperatura

La temperatura ambiental suele influir sobre muchos aspectos biológicos que resultan claves en los camarones de agua dulce pertenecientes al género *Macrobrachium*, estos aspectos influyen en su supervivencia, reproducción, crecimiento y susceptibilidad a diversas enfermedades (Manush et al., 2004; Ahmed et al., 2014). Eso se debe a que la temperatura es indispensable para regular procesos metabólicos fundamentales, uno de ellos sería la ingesta de alimento y la eficiencia energética, los cambios bruscos de la temperatura podría inducir un estrés fisiológico (Crisp et al, 2017).

Estudios demostraron que las temperaturas extremas de 15 °C y 30 °C en especies tales como *Macrobrachium borelli* y *Palaemonetes argentinus* llega a reducir significativamente su supervivencia y a la frecuencia de muda (Montagna, 2011). En casos como el *M. rosenbergii*, su crecimiento se maximiza en temperaturas medias de 24 °C hasta 29 °C, pero en temperaturas de 34 °C se puede observar una disminución notable en el desempeño (Habashy y Hassan, 2011).

El género *Macrobrachium* posee una gran tolerancia a las condiciones térmicas, estas pueden variar entre los 13 y 43 °C (Manusha et al., 2004), pero a pesar de eso se ha comprobado que su distribución natural se encuentra asociada a rangos específicos. Como un ejemplo tenemos a las poblaciones de *M. amazonicum* que habitan en el norte de Brasil se encuentran en ecosistemas con temperaturas entre 26 °C y 31 °C (Rocha et al., 2015). Estudios realizados en condiciones controladas demostraron que esta especie se ve afectada en temperaturas superiores a 28 °C debido a que reducen su supervivencia, su crecimiento corporal se ve afectado y su consumo de alimento, a la par de estos efectos la demanda del oxígeno y alimento incrementa (Bastos et al., 2008).

Cuando existe un aumento de temperatura el metabolismo se acelera, lo que significa que su consumo de alimento y oxígeno aumenta (Niue et al., 2003). Si la temperatura excede los umbrales óptimos, estos organismos empiezan a destinar más energía a procesos de homeostasis que al crecimiento, lo que afecta su desarrollo y fisiología.

5.5.1.2. Profundidad

Se ha demostrado que la profundidad de un cuerpo de agua puede llegar a ser un factor determinante en la distribución de las poblaciones del género *Macrobrachium*. Existe una preferencia notable entre las larvas que prefieren zonas someras, mientras que los organismos adultos habitualmente se encuentran en sectores con más profundidad.

En ambientes lagunares costeros, se han podido observar organismos juveniles de *Macrobrachium* cuales prefieren áreas con una profundidad de aproximadamente 1.75 m, pero en cambio los organismos adultos (sin distinción de sexo) se encuentran en

sectores más profundos, con una profundidad entre 2.25 y 2.3 m (Guzmán-Arroyo, 1987). Estos tipos de patrones se han repetido en zonas tales como el Golfo de California, donde se registraron que los ejemplares que eran significativamente de mayor tamaño preferían zonas, entre 3 y 5 m (Schiff & Hendrickx, 1997).

5.5.2. Parámetros químicos

5.5.2.1. pH

El pH o también conocido como potencial de hidrógenos es la escala que se utiliza para determinar la acidez o alcalinidad del agua. Esta puede llegar a variar entre 0 a 14 y se encuentra estrechamente relacionada con los iones de hidrógenos, el agua puede ser ácida con un pH <7,0; neutro con un pH = 7,0; o alcalino con un pH >7,0 (Global Seafood Alliance, 2025).

Los *Macrobrachium* tales como *M. rosenbergii* o *M. amazonicum* han demostrado ser sensibles a los cambios bruscos de pH. Su rango óptimo suele encontrarse entre 6.5 y 8.5 lo que se considera un pH neutro en los medios acuáticos de agua dulce (Tucker y D'Abramo, 2008).

5.5.2.2. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros claves para mantener un nivel ideal para mantener la supervivencia, crecimiento y la reproducción del género *Macrobrachium*, la concentración total de oxígeno disuelto debe ser superior a 2 mg/L, medidas inferiores a estas pueden generar estrés o mortalidad (Echeverría, 2012).

5.5.2.3. Sólidos disueltos totales (TDS)

Este parámetro químico es fundamental para la evaluación de la calidad de agua, a pesar de que los TDS no se encuentran dentro de la clasificación de contaminantes primarios, son uno de los indicadores principales de la calidad de agua (Adjovu, 2023). Se originan por varias razones, como en los retornos de riego, fuentes naturales, escorrentías naturales, productos químicos para el tratamiento del agua (Dey et al., 2023).

Una cantidad elevada de TDS puede tener consecuencias significativas, en el contexto de concentraciones altas en ríos y lagos estos deterioran la calidad de este recurso, provocando así que este no cumpla con sus funciones esenciales, tales como sustentar la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, el riego, etc (Schliemann et al., 2021).

5.5.2.4. Nitrito (NO_2^-)

El nitrito es un compuesto químico que se produce en intermedio en el ciclo del nitrógeno que se forma durante la oxidación de amoníaco, su origen proviene de la materia orgánica. Si bien es parte fundamental para la conservación del nitrito el cual es un nutriente importante para las plantas, se ha demostrado que la presencia del nitrito en cantidades tóxicas puede afectar la resistencia contra enfermedades de *Macrobrachium* y otros crustáceos orden *Decapoda* (Cheng y Chen, 2000).

Se reportó que nitrito en cantidades de 1.59 mg/l reduce la actividad fagocítica de *M. rosenbergii*, pero aumenta el estallido respiratorio (Cheng et al., 2002).

5.5.2.5. Amoniac (NH₃)

Este es uno de los componentes más tóxicos para la vida acuática y puede ser clave para la identificación de contaminación por desechos orgánicos, aguas residuales, residuos agroindustriales o fertilizantes, sobre todo en altas concentraciones. Las concentraciones elevadas de amoniac pueden ocasionar, alcalinización de la hemolinfa debido al aumento interno de amonio (Mugnier y Justou, 2004), inhibición respiratoria (Malassen y Valenti, 2005), reducción en su capacidad para la osmorregulación y la reducción de la supervivencia (Liao et al., 2011).

La sensibilidad a este compuesto es mayor durante las primeras etapas en el desarrollo con animales con branquias, esto se debe a la relación que existe entre la superficie branquial y el peso corporal el cual es mayor, también es debido a que los mecanismos de desintoxicación aún son muy inmaduros (Rand y Petrocelli, 1985).

5.6. Marco legal

5.6.1 Marco legal nacional de la República del Ecuador.

A continuación, se va a detallar los artículos que respaldan este estudio según la constitución de la República del Ecuador:

La Carta Magna de Ecuador primera a nivel mundial en reconocer a la naturaleza como objeto de derecho a nivel constitucional en 2008, estableciendo un marco fundamental para la conservación ambiental.

Derechos al Buen vivir:

Artículo 12.- En este artículo se reconoce el acceso al agua como un derecho prioritario e irrenunciable para el ser humano.

En este contexto se respalda la importancia de investigar y monitorear la calidad del agua de ecosistemas acuáticos como en el caso del Bosque Dos Mangas, confirmando así que este recurso vital mantenga las condiciones para sustentar la vida.

Artículo 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Este se justifica debido a la importancia de evaluar los parámetros físico-químicos del agua y la salud poblacional del género *Macrobrachium*, diagnosticando así la salud del ecosistema.

Artículo 71.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Artículo 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.

Se reconoce a la naturaleza como sujeto de derecho, incluyendo el derecho a restaurarse a sus ciclos vitales. Esta investigación genera conocimiento científico sobre las condiciones óptimas para la conservación de especies nativas como *Macrobrachium*, que son organismos vitales para los ciclos tróficos acuáticos.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014)

Esta ley establece que es obligación del Estado regular y controlar constantemente la calidad del agua, dándole prioridad a la sostenibilidad, con esta investigación será una herramienta de control al evaluar parámetros tales como el oxígeno disuelto, temperatura, nutrientes y otros factores ambientales, otorgando así datos científicos actualizados que pueden ser utilizados por las autoridades.

Ley para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad

Artículo 91.- El Estado, a través del Ministerio del Ambiente y en coordinación con las universidades, entidades públicas y privadas involucradas, definirá las prioridades de investigación científica para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca (2020)

Aprovechamiento Sostenible: Promueve y regula el aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos, incluyendo crustáceos.

El género *Macrobrachium* tiene un gran potencial para la pesca artesanal y la acuicultura. En este estudio se genera una base científica para comprender la dinámica de estas poblaciones en su hábitat natural, lo que es necesario para cualquier plan de manejo o aprovechamiento en la zona, permitiendo así que estas especies tendían una preservación a largo plazo.

CAPITULO II

5. Metodología

5.1. Área de estudio

Este estudio fue realizado en la Comuna Dos Mangas, ubicada en la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena. Se empleó una metodología de transecto lineal, que es ampliamente utilizada en estudios ecológicos para la estimar la distribución y abundancia de organismo (Buckland et al., 2001). Este método permitió recorrer un transecto definido y registrar información en estaciones distribuidas, reduciendo así posibilidades de sesgos.

El transecto fue de una longitud de 1 km siguiendo el cauce, en el cual se ubicaron cuatro estaciones. Cada estación tuvo un área de 200 m² (20 m de largo × 10 m de ancho), estas dimensiones garantizaron una cobertura adecuada sin crear sobrecarga de datos (Figura 8).

En cada una de las estaciones se evaluaron parámetros físico-químicos del agua, distribución y abundancia del género *Macrobrachium*.

Tabla 1

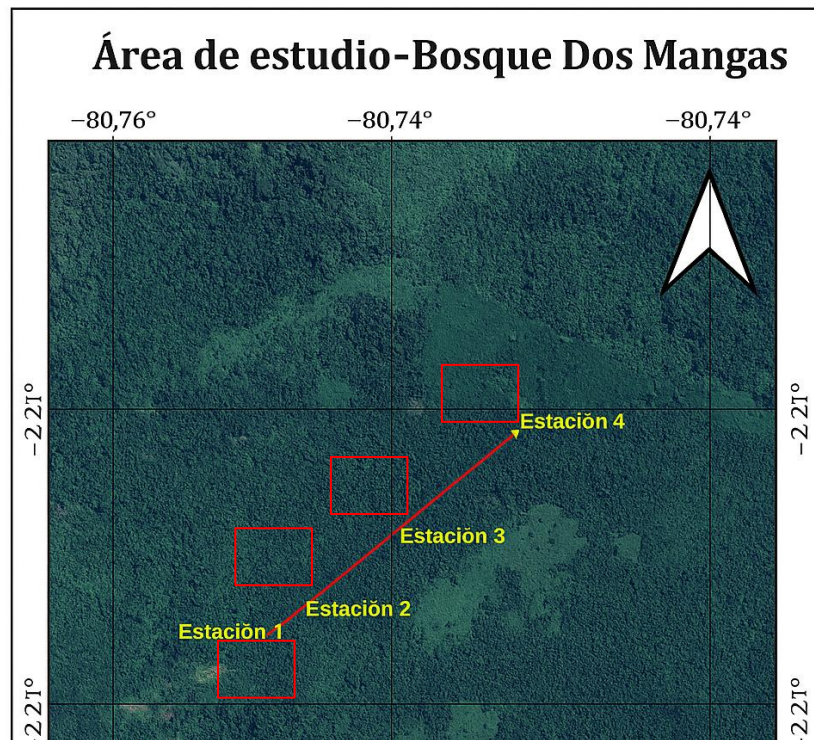
Coordenadas correspondientes a los puntos de muestreo en la comuna Dos Mangas sendero Piscinas.

<i>Estación</i>	<i>Coordenadas</i>
<i>1</i>	<i>1°48'53"S, 80°39'24"W</i>
<i>2</i>	<i>1°48'51"S, 80°39'18"W</i>
<i>3</i>	<i>1°48'45"S, 80°39'09"W</i>

Nota. Elaborado por: Karina Lino.

Figura 9

Área de estudio del sendero Piscinas comuna Dos Mangas.



Nota. Mapa de Q-gis. Elaborado: Karina Lino

5.2. Fase de campo

5.2.1. Diseño del muestreo

Los muestreos fueron realizados durante un periodo de tres meses (agosto a octubre). A lo largo de los meses de agosto a septiembre se hicieron dos muestreos por mes, mientras que en el mes de octubre se efectuaron 4 muestreos, con el objetivo de aumentar la representatividad de los datos en esta última fase.

5.2.2. Toma de parámetros

Para la medición de la temperatura, pH, sólidos disueltos y salinidad se empleó el uso de un multiparámetro YY-1070 (Figura 10 a). El valor que se registró fue anotado con dos decimales. Este procedimiento se repitió en tres puntos diferentes de la estación de muestreo. La medición de oxígeno disuelto fue realizada con un Medidor de oxígeno disuelto DO9100, en la que se realizó el mismo procedimiento (Figura 10 b).

Al finalizar la medición, el sensor fue limpiado con agua destilada antes de seguir con la siguiente estación, para así poder evitar que el multiparámetro registre datos incorrectos.

Figura 10

Multiparámetro YY-1070 y Medidor de oxígeno disuelto DO9100



A

5.2.3. Medición de profundidad.

La medición de profundidad de cada estación se realizó mediante el uso de una barra de madera de aproximadamente 2 m, la cual tenía una cinta métrica. Se tomaron medidas en 4 puntos estratégicos distribuidos uniformemente a lo largo de la estación, con intervalos de 1 m según el ancho del río.

En cada uno de los puntos seleccionados se descendió la barra verticalmente hasta tocar el fondo. Este procedimiento se realizó tres veces por punto para garantizar la precisión, tomando el valor promedio.

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente, calculando:

- Profundidad promedio de la estación
- Profundidad máxima y mínima
- Desviación estándar como indicador de variabilidad

Este protocolo sigue las recomendaciones para estudios limnológicos básicos (Wetzel & Likens, 2000) y permite la comparabilidad temporal y espacial de los datos.

5.2.4. Medición de Nitrito

La medición de este parámetro se realizó usando utilizó el colorímetro Checker Nitrito (0-150 ppm) de marca HANNA (Figura 11). Se realizó la recolección de la muestra de cada una de las estaciones en un recipiente esterilizado. Se colocó 10 ml de la muestra en la celda de vidrio, se agregó el sobre del reactivo según lo indicado por el fabricante, y se agito suavemente hasta que no quedaran residuos.

Se procuró que el vial con estuviera limpio y después se procedió a colocar dentro del Colorímetro Checker, la lectura fue inmediata. Este proceso se deberá repetir tres veces por estación.

Figura 11

Checker Nitrito (0-150 ppm) de marca HANNA



5.2.5. Medición de Amoníaco

Con el Checker Mini Amoníaco marca HANNA (Figura 6), se tomó una muestra de agua en un vial. Se colocó un sobre del reactivo respectivo, se insertó el vial en el colorímetro y se registró la lectura inmediata tal como se indica en la ficha técnica. Este procedimiento se realizó en tres puntos de la estación, utilizando muestras frescas cada vez.

Figura 12

Checker Mini Amoníaco marca HANNA



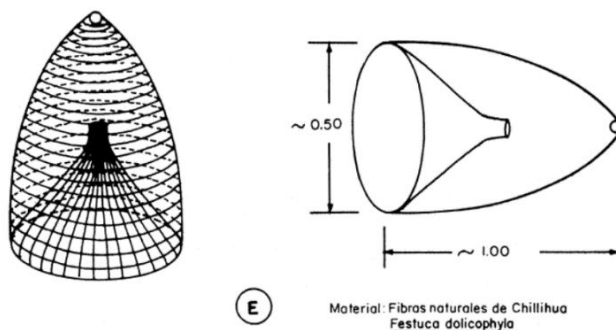
5.2.6. Nasas

En la captura de organismo se utilizó el método de nasas, el cual es uno de los métodos más pasivos para la captura de crustáceos. Las nasas fueron construidas con mayas de platicos con un ojo de malla de 3 mm, de 30 cm de largo y 25 cm de diámetro, con una entrada cónica que facilita la entrada de organismos, pero dificulta la salida (Figura 13). Las trampas fueron cebadas con alrededor de 55 g de carnada frsca como hígado de pollo o pescado.

Fueron ubicadas en las estaciones determinadas, en cada una se pusieron 3 nasas espaciadas entre sí, fueron ancladas al sustrato con piedras que evitaron que las nasas fueran desplazadas por la corriente, se colocó una boya en cada nasa para poder facilitar su recolección. Permanecieron por un periodo 12 horas sumergidas desde las 18:00 h hasta las 06:00 h debido a que estos organismos tiene su pico de actividad durante la noche. Se realizaron revisiones constantes cada 6 horas para retirar organismos competidores.

Figura 13

Arte denominado “Jacconta” Especie *Orestias spp*-Lago Titicaca.



Nota. Fuente: Hanek (1982).

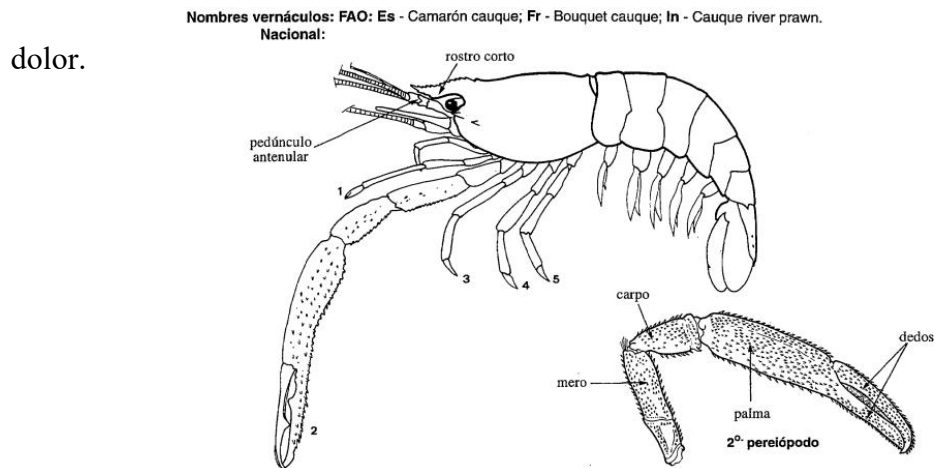
5.3. Fase de laboratorio

5.3.1. Recolección de organismos

Después de la recolección de las nasas se procedió a realizar la contabilización de número de individuos para su posterior traslado al laboratorio donde se realizó su identificación taxonómica y se procedió a identificar sus medidas morfométricas tales como longitud total, longitud sin quelas, longitud del cefalotórax, longitud del abdomen, peso y sexo.

La muerte de los organismos fue dada por medio de choque térmico, evitando así su

Figura 14 *Macrobrachium americanum* Bate, 1868.



Nota. Fuente: Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, 1995.

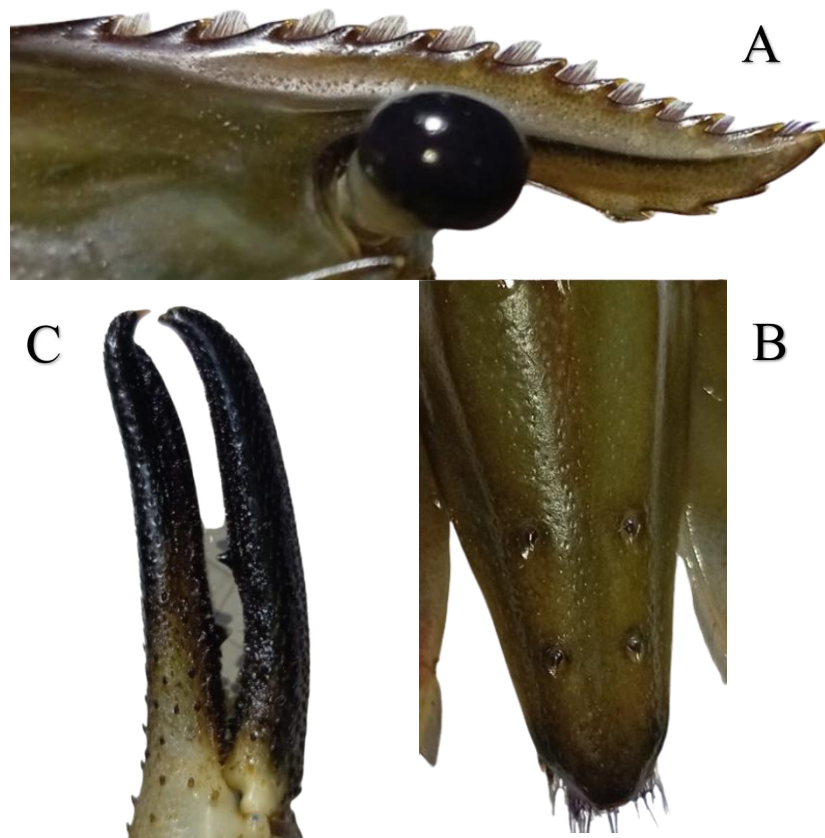
5.3.2. Identificación taxonómica

Para su identificación taxonómica se utilizó la guía “Crustáceos decápodos de agua dulce de Colombia” de Campos (2010), la cual posee una referencia fundamental para la determinación de especies del género *Macrobrachium*.

La documentación fotográfica de los individuos se realizó mediante un teléfono HONOR X8b, se acopló en el ocular de un estereoscopio (Figura 15). Se estandarizaron los parámetros de captura, las fotografías se utilizaron para capturar las características morfológicas y un registro de los ejemplares identificados.

Figura 15

Características morfológicas de Macrobrachium carcinus.



Nota. A: Rostro lanceolado ápice curvado doce dientes superiores cuatro inferiores. **B:** Telson semicircular espínulas reducidas entre setas plumosas. **C:** Segundo par de pereópodos largos sobrepasan escafocerito dedos con dentículos y diente prominente en bordes fijo y móvil. Elaborado: Karina Lino.

5.4. Consideraciones éticas y permisos

Este estudio contó con el permiso otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) bajo el registro No. MAATE-ARSFC-2025-0734 (Figura 16). Durante el proceso del desarrollo de esta investigación esta institución cambio de nombre a Ministerio de Ambiente y Energía.

Todos los procesos de manipulación y eutanasia de los organismos siguieron las guías internacionales (AVMA, 2020), se realizó mediante inmersión en agua fría, con el objetivo de minimizar el sufrimiento.

Figura 16

Autorización para la recolección de especímenes emitida por el MAATE.



**AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD
BIOLÓGICA No. 734**

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

**1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD
BIOLÓGICA**

2.- CÓDIGO
MAATE-ARSFC-2025-0734

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2025-09-07	2026-03-07

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

**5.- INVESTIGADORES / TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE
RECOLECCIÓN**

Nº de C.Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO BENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1712887787	CIENCIA ZAMBRANO MAYRA INGAJAL	Ecuatoriana	1006.2016-1740716	Docente	Malacostraca

**6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA
DIVERSIDAD BIOLÓGICA:**

Nombre del Proyecto: Relación entre parámetros físico-químicos del agua con la distribución y abundancia de Macrobrachium en el sendero Piscina del bosque Dos Mangas.

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCIÓN CON EL PROPOSITO DE:

Nota. Autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica No. 734 (Código MAATE-ARSFC-2025-0734). Quito, Ecuador.

5.5. Control de calidad.

Se realizaron réplicas técnicas, calibración de equipos antes de cada salida de campo, y controles negativos evitando así que los resultados sean incorrectos. La identificación taxonómica fue verificada por el Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

5.6. Análisis estadísticos:

A continuación, los análisis estadísticos que fueron necesarios para este estudio:

5.6.1. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE).

La fórmula que se utilizó para calcular la abundancia relativa fue el método de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE).

$$CPUE = \frac{C}{E}$$

Donde:

C: Número total de individuos de captura

E: Esfuerzo de captura aplicado

En este caso específico la fórmula se adaptaría así:

$$CPUE = \frac{N^{\circ} \text{ de } \textit{Macrobrachium} \text{ capturados por nasa}}{3 \text{ nasa} \times 12 \text{ horas}}$$

Explicación:

C (Captura): Suma de todos los individuos capturados en las 3 nasas de una misma estación.

E (Esfuerzo):

- 3 nasas (unidad de esfuerzo por estación).
- 12 horas (tiempo estándar de exposición).

Se realizaron las mediciones de los registros ambientales, tomadas in situ al momento de colocar las trampas.

Este índice permitió comparar la abundancia entre las cuatro estaciones por analizar, independiente del esfuerzo de muestreo.

Para poder determinar las diferencias significativas entre las estaciones, se usó:

5.6.2. Test de Shapiro-Wilk

Se utilizó el Test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la distribución de los datos para cada variable fisicoquímicas, se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Donde $p > 0.05$, se considera normal y $p \leq 0.05$, serán los datos anormales.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

X_i : Valor de la muestra ordenado de menor a mayor.

a_i : Coeficiente tabulados derivadas de la distribución normal.

\bar{X} : Media de la muestra.

n : Tamaño de la muestra.

5.7. Análisis de Abundancia Relativa

5.7.1. Prueba de Kruskal-Wallis

Es una prueba no paramétrica desarrollada en el año 1952 por William Kruskal y Allen Wallis. Esto permite analizar tres o más grupos para poder determinar si existen diferencias significativas en sus medias.

En este proyecto se utilizó para analizar la abundancia relativa de *Macrobrachium* entre las diferentes estaciones de muestreo. Fue utilizada ya que no requiere que los datos sigan una distribución normal.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Donde:

N : Total de observaciones.

R_i : Sumas de rangos del grupo i .

n_i : Tamaño del grupo i .

5.7.2. ANOVA

El análisis de la Varianza mejor conocido como ANOVA fue desarrollado en el año 1925 por Ronald A. Fisher. Esta prueba es estadísticamente paramétrica y permite las mediciones de tres o más grupos indiferentemente si existe alguna diferencia entre ellos.

En este proyecto, el ANOVA se consideró como la mejor opción para analizar si existen diferencias significativas en la abundancia relativa de *Macrobrachium* entre las distintas estaciones de muestreo. Los datos en cada grupo tuvieron una distribución normal, analizados por el Test de Shapiro-Wilk.

$$F = \frac{\textit{Varianza entre grupos}}{\textit{Varianza dentro de grupos}}$$

Donde:

$p < 0.05 \rightarrow$ Diferencia significativas de grupos

5.8. Análisis de Distribución Espacial

5.8.1. Índice de Morisita

Este índice fue desarrollado por el japonés Masatoshi Morisita en el año 1959, sirve para cuantificar la distribución espacial de organismos dentro de un área de estudio. Se basa en la abundancia de organismo dentro de unidades de muestreo.

El Índice de Morisita es una herramienta fundamental para describir el patrón de distribución espacial de *Macrobrachium*, permitiendo evaluar si se encuentran agrupados en ciertas estaciones, lo cual puede relacionarse posteriormente con las condiciones físico-químicas del hábitat. Su robustez y aplicabilidad en estudios ecológicos justifican su elección en este trabajo.

$$I_{\delta} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i(x_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

x_i : Número de individuos en la unidad de muestreo i .

N : Total de individuos.

n : Número de unidades de muestro.

5.9. Correlación entre Parámetros Físico-Químicos y Abundancia

5.9.1. Matriz de correlación de Spearman

Es una prueba no paramétrica que mide la fuerza y dirección de una relación no monótona entre dos variables. Fue introducido por Charles Spearman en 1904. Se pudo

determinar si se presentó un aumento o disminución en la abundancia del género se asocia a alguna variación con los parámetros físicos-químicos.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

d_i : Diferencias entre rangos de las variables.

n : Número de observaciones.

5.9.2. La prueba U de Mann-Whitney

Es una prueba no paramétrica alternativa a la prueba t de muestras independientes (una prueba de hipótesis estadística utilizada para determinar si una media poblacional desconocida es diferente de un valor específico).

La prueba U de Mann-Whitney se utilizó para comparar dos medias muestrales que provienen de la misma población, así como para probar si dos medias muestrales son iguales o no.

$$U_1 = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 * n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

Donde:

n_1 : Tamaño de la muestra del Grupo 1.

n_2 : Tamaño de la muestra del Grupo 2.

R_1 : Suma de rangos del Grupo

Los análisis estadísticos fueron realizados en el software estadístico Python 3.14.0.

CAPITULO III

6. Resultados

6.1. Análisis de parámetros físicos-químicos del agua.

A lo largo de este período de estudio (agosto- octubre), se monitorearon los parámetros físicos-químicos de cuatro estaciones en el sendero Piscinas, como se observa en Tabla 2 las condiciones ambientales fueron variables. La temperatura

presentó un rango de 18.8 a 23.3 °C, con un promedio de 20.3 ± 1.2 °C, mostrando una tendencia ascender hacia el mes de octubre. El pH varió ente condiciones neutras a ligeramente alcalinas (7.0-8.55), mientras que los resultados en el oxígeno disuelto mostro valores de 6.7 mg/L hasta los 8.85 mg/L, con una mejoría notable en el mes de octubre En el caso de los nutrientes como nitrito y amoniaco presentaron variaciones altas, con un coeficiente de variación que superan el 150%, indicando así posibles puntos de contaminación en puntos esporádicos del sendero. La profundidad del agua mostró un rango de 0.45 a 2.5 m, con un coeficiente de variación de 47 % sin embargo esta variabilidad, esta variabilidad no afectó significativamente los demás parámetros ambientales.

Tabla 2.

Resumen de parámetros físico-químicos en el sendero Piscina

<i>Parámetro</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Coef. Variación (%)</i>
Temp (°C)	18.8	23.30	20.3 ± 1.2	6.0
pH	7.0	8.55	8.02 ± 0.57	7.2
OD (mg/L)	6.7	8.85	7.88 ± 0.91	11.5
TDS (ppm)	202.0	288.00	249 ± 20	8.2
Nitrito	0.0	35	2.9 ± 7.3	255.3
Amoniaco	0.0	4.40	0.6 ± 0.9	151.3
Profundidad	0.45	2.50	1.49 ± 0.70	47.0

Nota. Oxígeno disuelto [OD] y sólidos disueltos totales [TDS]. **Elaborado:** Karina Lino.

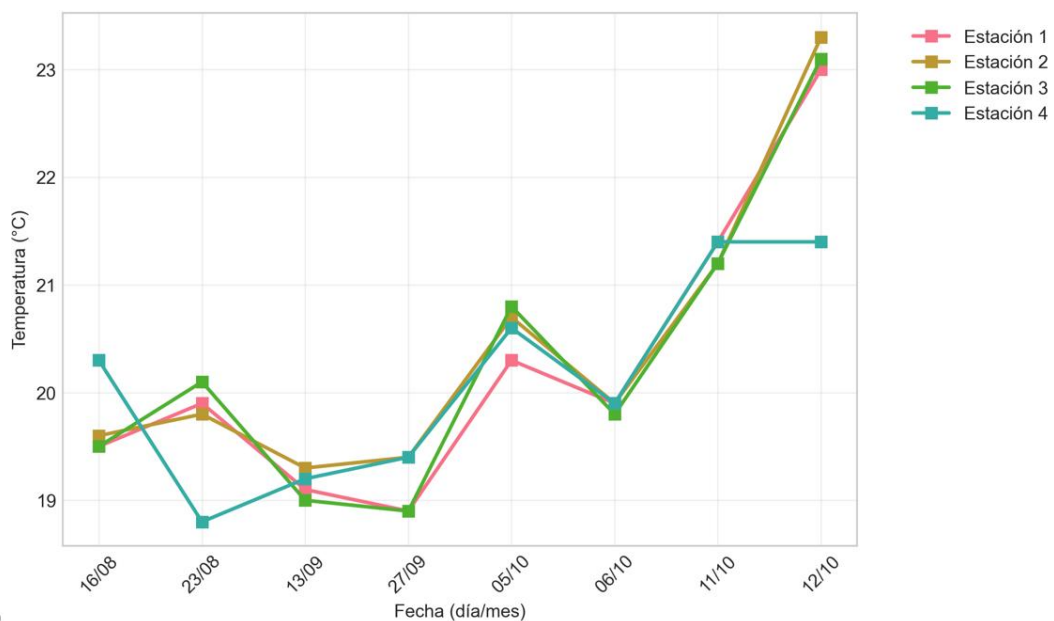
6.2 Variación espacial y temporal de parámetros

6.2.1. Temperatura por estación

Durante los tres meses de estudio (agosto- octubre) la temperatura presentó una variación significativa, pero siguió un patrón parecido en todas las cuatro estaciones (Figura 17). Los valores térmicos mostraron variaciones características de los meses evaluados, con una distribución homogénea en la columna de agua, lo que indica que

Figura 17

Variación temporal de temperatura



Nota. Variación temporal de la temperatura superficial del agua (°C) en cuatro estaciones durante el periodo de estudio. **Elaborado:** Karina Lino.

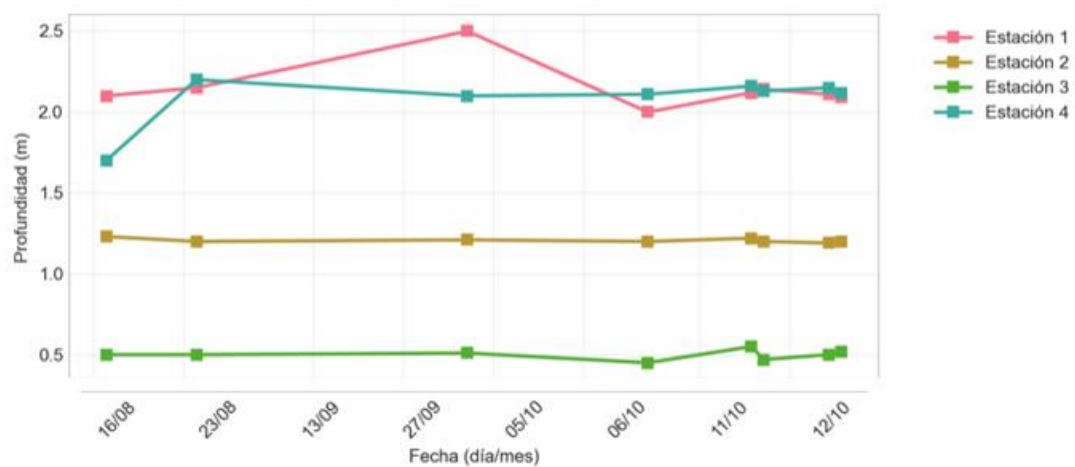
6.2.2. Distribución espacial de la profundidad

En el parámetro ambiente de profundidad las variaciones entre las estaciones fueron más marcadas, con diferencias significativas ($p=0.000$). Como se puede observar en la Tabla 3, la estación 3 es la estación más somera (0.50 ± 0.03 m), y las estaciones 1 y 4 representaron las áreas más profundas del sistema (2.15 ± 0.15 m y 2.08 ± 0.16 m). En la estación 2 se mostró una profundidad intermedia (1.21 ± 0.01 m). A pesar de que

existe Heterogeneidad espacial entre las estaciones, el análisis de correlación mostró que la profundidad no influyó significativamente en otros parámetros ambientales como la temperatura ($p= 0.922$), ni en la abundancia de los organismos ($p= 0.366$), lo que indica que este parámetro no afecta directamente la distribución de *Macrobrachium* (Figura 18).

Figura 18

Variación temporal de profundidad



Nota. Variación temporal de la profundidad en las estaciones de muestreo del sendero Piscinas. Se observa cierta heterogeneidad espacial en los valores de profundidad.

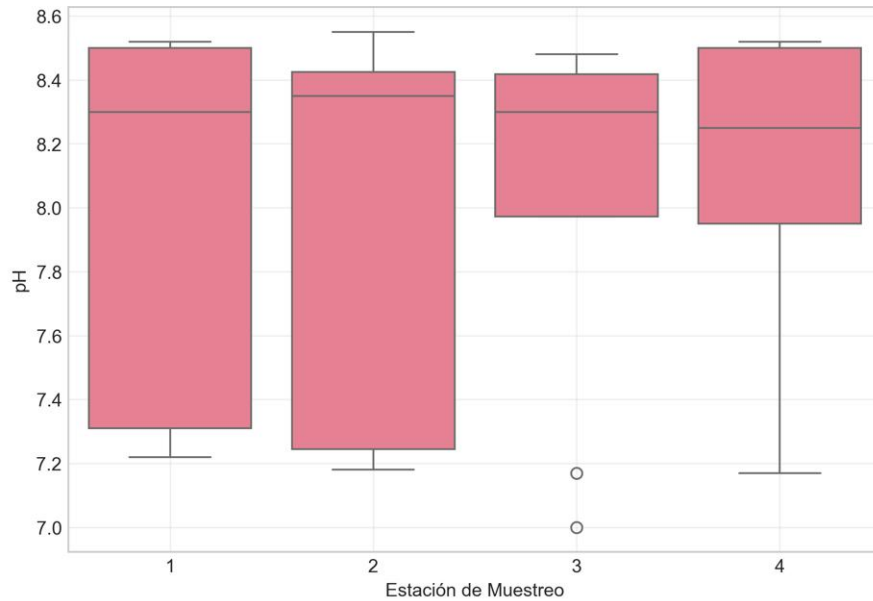
Elaborado: Karina Lino.

6.2.3. Distribución espacial de pH

La distribución del pH fue homogénea entre las estaciones de muestreo, sin variaciones significativas en los valores obtenidos (Figura 19). Esto indica que el sistema tiene una capacidad buena para mantener el pH estable y dentro de los rangos adecuados para la vida acuática.

Figura 19

Distribución de pH por estación.



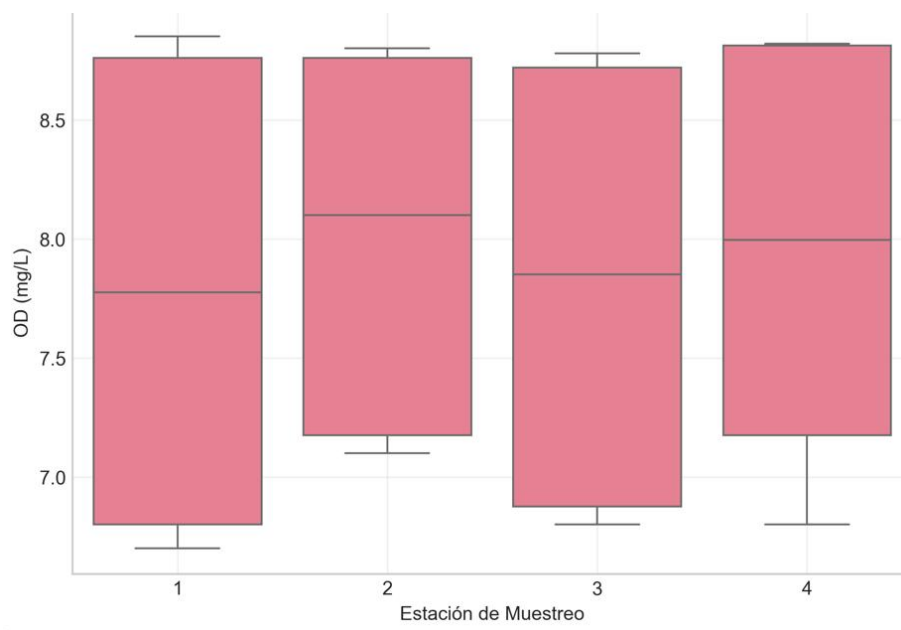
Nota. Distribución del pH en las cuatro estaciones de muestreo. Se observa una tendencia homogénea entre las estaciones, sin diferencia significativa. **Elaborado:** Karina Lino.

6.2.4. Variación del oxígeno disuelto.

En este parámetro se mostró una mayor variabilidad en la estación 1 (Figura 20), esto se puede asociar a factores locales que influyen en la solubilidad y dinámica del oxígeno disuelto en esta zona. En las estaciones 2, 3 y 4 el oxígeno presentó más estabilidad durante los meses de muestreo.

Figura 20

Distribución de Oxígeno Disuelto.



Nota. Se observa mayor variabilidad en la estación 1 en comparación con las demás estaciones. **Elaborado:** Karina Lino.

6.2.5. Abundancia de Organismos.

La abundancia de organismos del género *Macrobrachium* presento variaciones notables en las cuatro estaciones (Tabla 3), donde la estación 4 presento un registro de 42 organismos (Figura 21). Esta estación en general presento 1.7 veces más organismos que el promedio de las demás estaciones, lo que sugiere que existen condiciones particulares que favorecen la presencia de este género en específico.

Tabla 3

Parámetros físicos-químicos y abundancia de Macrobrachium por estación de muestreo.

<i>E</i>	<i>Prof.</i>	<i>Temp</i> (°C)	<i>pH</i>	<i>OD (mg/L)</i>	<i>TDS</i> (ppm)	<i>Org.</i> <i>totales</i>	<i>Org.</i> <i>Prome</i>
----------	--------------	---------------------	-----------	------------------	---------------------	-------------------------------	-----------------------------

1	2.15 ± 0.15	20.2 ± 1.4	7.99±0.61	8.07±0.56	251± 24	32	4.0
2	1.21 ± 0.01	20.4 ± 1.3	7.97±0.63	7.99±0.83	251± 21	25	3.1
3	0.50 ± 0.03	20.3 ± 1.4	8.05±0.60	7.81±1.00	245± 18	28	3.5
4	2.08 ± 0.16	20.1 ± 1.0	8.07±0.56	7.94± .91	247± 22	42	5.2

Nota. Parámetros físico-químicos (profundidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto [OD] y sólidos disueltos totales [TDS]) y abundancia del género *Macrobrachium* en las cuatro estaciones de muestreo durante el período de estudio. Los valores se presentan como promedio ± desviación estándar. **Elaborado:** Karina Lino.

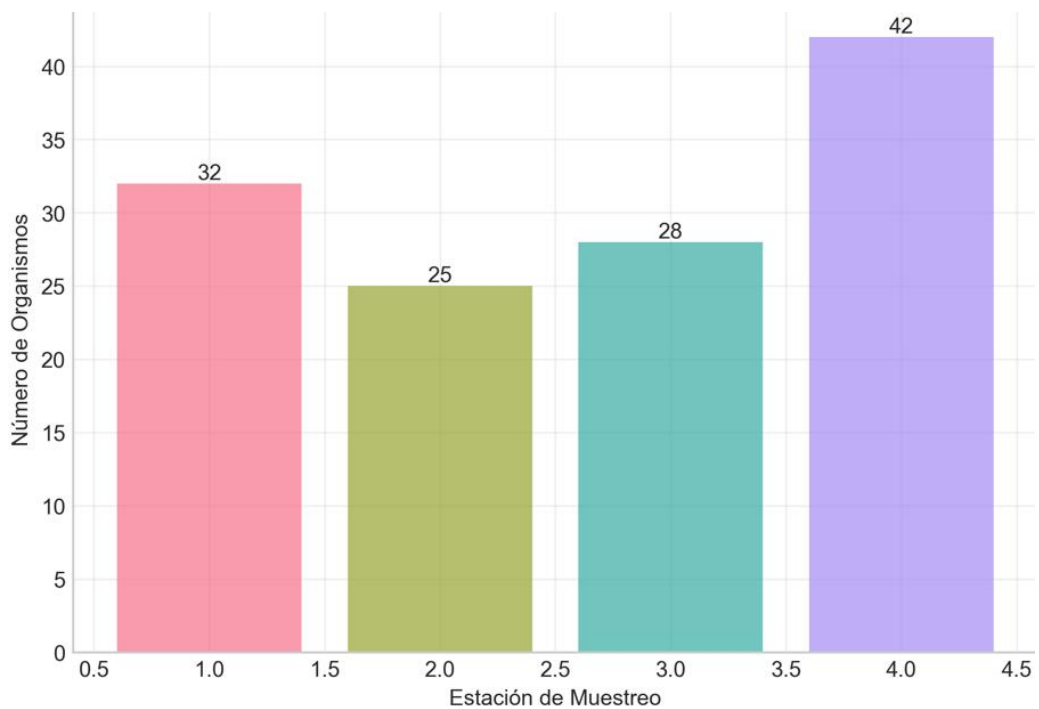
El análisis de estos parámetros en cada una de las estaciones reveló que existen condiciones ambientales similares en cuanto temperatura, pH, OD y TDS. Si bien, la profundidad fue el parámetro que mayor diversidad en sus datos tuvo, variando desde aguas someras de 0.50± 0.03 (estación 3) a más profundas como las estaciones 1 y 4 (2.15 ± 0.15 m y 2.08 ± 0.16 m). En la estación 4 la temperatura se mantuvo en un rango entre 20.1 ± 1.0 y de 20.4 ± 1.3 °C en la estación 2, lo que revela una distribución uniforme en el cuerpo de agua. De la misma manera, el pH se mantuvo en un rango alcalino (7.97 ± 0.63 a 8.07 ± 0.56), mientras que el oxígeno disuelto se mantuvo en rangos óptimos para la vida acuática (7.78 ± 1.05 a 7.99 ± 0.83 mg/L). los sólidos disueltos (TDS) se mantuvieron constantes, entre 245 ± 18 y 251 ± 24 ppm, mostrando una composición iónica similar en todas las estaciones.

A pesar de esta similitud entre los parámetros ambientales entre las cuatro estaciones, se puede diferenciar abundancias variables de *Macrobrachium*. La estación 4 destacó por su presencia más abundante con 42 organismos y un promedio de 5.2 por

muestreo. Este contraste es particularmente interesante, teniendo en cuenta que la estación 4 presento temperaturas ligeramente más bajas ($20.1 \pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$) pero una mayor profundidad comparada con las demás estaciones ($2.08 \pm 0.16 \text{ m}$), lo que podría ofrecer un hábitat más estable con mayor disponibilidad de refugios para estos organismos.

Figura 21

Abundancia total de organismos por estación



Nota. Se observa una mayor cantidad de organismos en la estación 4 (42 individuos), lo que representa 1.7 veces más que las demás estaciones. **Elaborado:** Karina Lino.

6.3. Dinámica temporal y abundancia de *Macrobrachium*

El análisis temporal (Tabla 4) evidencio que, a medida que la temperatura aumentó, la abundancia de *Macrobrachium* también lo hizo. La profundidad se mantuvo relativamente estable durante la duración de este estudio (1.44-1.51 m), no se mostró una tendencia temporal marcada. Durante el mes de octubre se registraron más capturas, coincidiendo con temperaturas que superaban los $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y con niveles de OD mayores

de 8.7 mg/L, con condiciones de profundidad similares en los meses antes analizados. La abundancia de organismos incremento de 8 organismos en el mes de agosto a 26 organismos en el mes de octubre, lo que evidencia un incremento. Este comportamiento sugiere que la población de *Macrobrachium* puede estar influenciada por una estacionalidad, debido a que se encuentra más favorecida por la presencia de meses cálidos y mayor disponibilidad de oxígeno disuelto, más que por parámetros físicos tales como la profundidad de los cuerpos de agua.

Tabla 4

Parámetros físico-químicos y abundancia de Macrobrachium por estación de muestreo.

<i>Fecha</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Temperatura</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i>	<i>Org. Totales</i>
16/08	1.49± 0.79	19.73 ± 0.39	22.7 ± 0.88	6.85 ± 0.17	8
23/08	1.48± 0.77	19.65 ± 0.58	8.35 ± 0.13	7.05 ± 0.33	10
13/09	1.48± 0.81	19.15 ± 0.13	7.16 ± 0.11	7.08 ± 0.15	12
27/09	1.44± 0.77	19.15 ± 0.29	7.18 ± 0.02	7.02 ± 0.22	16
05/10	1.51± 0.77	20.6 ± 0.22	7.89 ± 0.69	8.76 ± 0.05	16
06/10	1.48± 0.81	19.88 ± 0.05	8.52 ± 0.03	8.77 ± 0.08	24
11/10	1.49± 0.79	21.3 ± 0.12	8.48 ± 0.05	8.79 ± 0.03	15
12/10	1.48± 0.77	22.7 ± 0.88	8.35 ± 0.06	8.73 ± 0.07	26

Nota. Los valores representan el promedio ± desviación estándar de mediciones realizadas en cuatro estaciones de muestreo. OD: Oxígeno Disuelto (mg/L), Org. Totales: Número total de organismos del género *Macrobrachium* contabilizados en todas las estaciones. Temperatura en °C. **Elaborado:** Karina Lino.

6.4. Abundancia relativa y distribución espacial de *Macrobrachium*

6.4.1. Abundancia relativa (CPUE)

A pesar de que la profundidad mostró diferencias significativas entre las estaciones ($p= 0.000$) este parámetro no determinó ningún patrón de abundancia relativa de *Macrobrachium*. El análisis de la CPUE mostró que la existe una diferencia entre la abundancia relativa de *Macrobrachium* en las cuatro estaciones de muestreo (Tabla 5). La estación 4 fue la que más abundancia relativa presento con un CPUE de 0.146 org/hora-nasa, lo que representa un 1.32 veces del valor promedio del área de estudio. Es destacable que esta estación y la estación 1, tuvieron mayor profundidad (2.08 ± 0.16 m y 2.15 ± 0.15 m) y también las mayores CPUE, sin embargo, la correlación estadística entre profundidad y abundancia no fue significativa. En segundo lugar, se encontró a la estación 1 con 0.111 org/hora-nasa, seguida de la estación 3 con 0.097 org/hora-nasa para finalizar con la estación 2 con 0.087 org/hora-nasa. El número total de organismos capturados fue de 127 durante el periodo de 3 meses, con un esfuerzo total de muestreo de 1.152 horas-nasa (Anexo 19).

Tabla 5

Abundancia relativa (CPUE) de Macrobrachium por estación de muestreo en el sendero Piscinas.

<i>Estación</i>	<i>Organismos Totales</i>	<i>Esfuerzo (horas-nasa)</i>	<i>CPU (org/hora-nasa)</i>	<i>CPUE relativo</i>
1	32	288	0.11	1.008
2	25	288	0.087	0.787

3	28	288	0.097	0.882
4	42	288	0.146	1.323
Total	127	1.152	0.110	1.000

Nota. CPUE = Número total de organismos / (3 nasas × 12 horas × 8 muestreos).

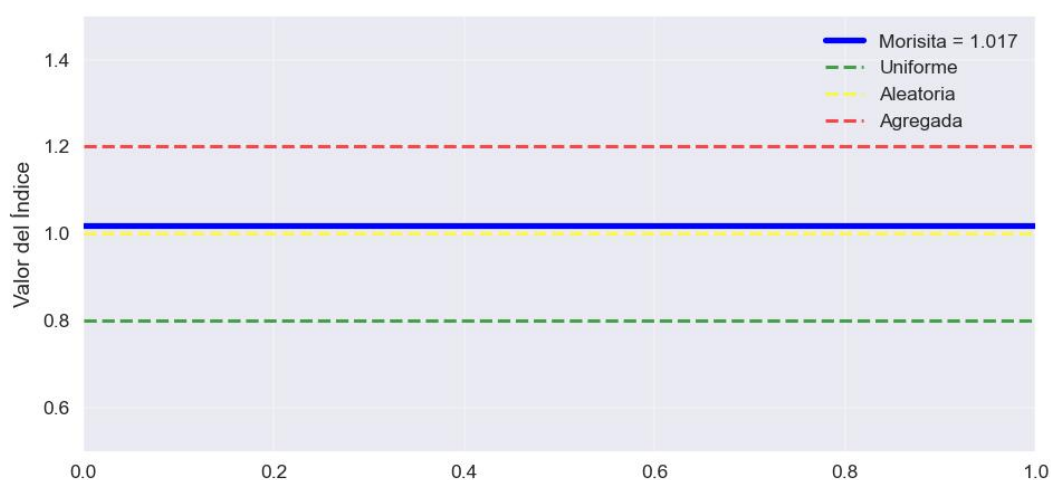
Elaborado: Karina Lino.

6.4.2. Distribución espacial

El patrón de la distribución espacial del género *Macrobrachium* fue analizado por medio del Índice de Morisita, el cual arrojó un valor de 1.017 (Figura 22). Conforme a los criterios de interpretación establecidos, este resultado nos indica que la distribución de la población de *Macrobrachium* es aleatoria, es decir, este género no se agrupa ni se reparten de manera uniforme en el Sendero Piscinas. Esto nos sugiere que estos organismos no tienen una tendencia particular hacia la uniformidad en su distribución en el área de estudio, esto se puede atribuir a la disponibilidad homogénea de recursos y condiciones ambientales apropiadas.

Figura 22

Índice de Morisita para la distribución espacial de Macrobrachium.



Nota. El valor de 1.017 indica un patrón de distribución aleatorio según los criterios establecidos (Morisita, 1959). **Elaborado:** Karina Lino.

6.4.3. Análisis de diferencia entre estaciones

El análisis fue realizado por medio de la prueba estadística Kruskal-Wallis, los resultados obtenidos ($H=4.010$; $p=0.260$) indican la ausencia de diferencia significativas en la densidad poblacional entre las estaciones.

A pesar de que existe una diferencia numérica entre las estaciones, revelando que la estación 4 registro una mayor captura (42 capturas) en comparación con las demás estaciones del área de estudio (32, 25 y 28 organismos respectivamente), esta diferencia no alcanza una significancia estadística cuando se analiza tomando en cuenta la variabilidad de los datos naturales. Basándose en la perspectiva estadística, la probabilidad de que las diferencia entre los datos obtenidos se deban únicamente al azar es el 26% ($p=0.260$).

Estos resultados refuerzan la distribución aleatoria identificado por el Índice de Morisita ($I\delta = 1.017$), la interpretación de que las poblaciones de *Macrobrachium* se distribuye de manera homogénea a lo largo del sendero Piscinas.

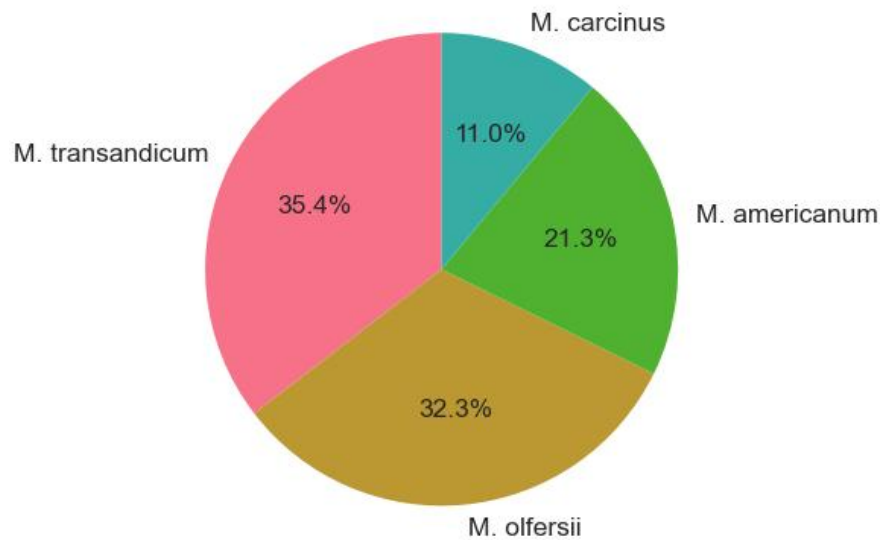
6.4.4. Composición de especies

En el área de estudio se pudo comprobar la presencia de cuatro especies del género *Macrobrachium* (Figura 23). La especie más abundante fue *M. transandicum* con 45 organismos capturados (35.4 % del total), seguida por *M. olfersii* con 41 organismos (32.3 %), *M. americanum* con 27 organismos (21.3 %) y *M. carcinus* con 14 organismos (11 %). Esto demuestra que existe una dominancia por parte de *M.*

transandicum y *M. olfersii* en este sendero, representando un 67.7 % de la comunidad registrada (Anexo 13).

Figura 23

Composición de especies del género Macrobrachium en el sendero Piscinas.



Nota. Distribución porcentual de las cuatro especies identificadas en el período de estudio (agosto-octubre 2025). **Elaborado:** Karina Lino.

6.5. Correlación entre parámetros físico-químicos y abundancia de *Macrobrachium*

6.5.1. Análisis de normalidad

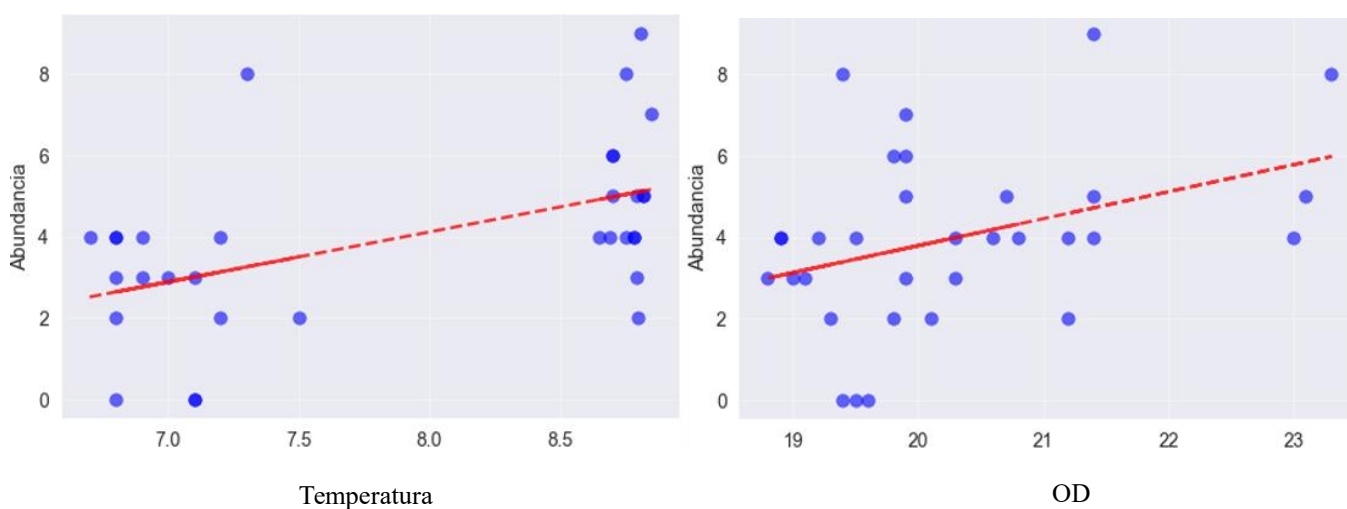
Preliminarmente antes de realizar la correlación se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Anexo), esta prueba reveló que la mayoría de los datos no seguían una distribución normal ($p < 0.05$). Debido a la falta de normalidad en los datos se debieron usar pruebas estadísticas no paramétricas para los análisis de correlación (Anexo 14).

6.5.2. Correlación con la abundancia de *Macrobrachium*

Mediante el análisis de correlación de Spearman que se aplicó a los 32 registros completos de los muestreos (incluyendo los 3 registros donde no se registraron organismos), se analizó la relación entre los parámetros ambientales y la distribución espacial de *Macrobrachium*. Los resultados (Anexo 15) demostraron que existen dos correlaciones positivas que tienen una significancia estadística: el oxígeno disuelto ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$) mostró ser la correlación más fuerte, seguido por la temperatura ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$) aunque menor aun así muestra una significancia en esta correlación (Figura 24).

Figura 24

Correlaciones entre parámetros físico-químicos y abundancia de Macrobrachium.



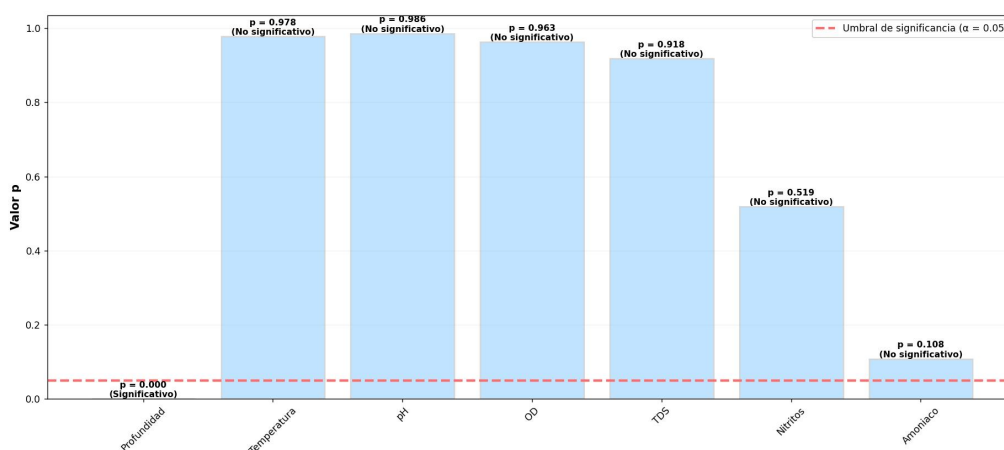
Nota. A: Relación entre la temperatura del agua y la abundancia de *Macrobrachium*. Se observa una correlación positiva moderada ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$). B: Relación entre el oxígeno disuelto (OD) y la abundancia de *Macrobrachium*. Presenta la correlación más fuerte ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$). **Elaborado:** Karina Lino.

6.5.3. Homogeneidad ambiental entre estaciones.

El análisis de varianza ANOVA mostró que la profundidad si presentó una diferencia significativa entre las estaciones ($F= 410.372$; $p<0.001$), mientras que los demás parámetros físico-químicos (Anexo 16) no presento diferencias significativas entre las cuatro especies encontradas en sendero Piscinas ($p > 0.05$ en todos los casos). Esta uniformidad ambiental confirma que los parámetros se mantienen estables a lo largo del área de estudio a pesar de que hay diferentes batimetrías entre ellas, lo que concuerda con el patrón de distribución aleatorio identificado anteriormente (Figura 25).

Figura 25

Análisis Varianza: Comparación de parámetros entre estaciones.



Nota. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros físico-químicos entre las estaciones de muestreo. Las barras azules representan el estadístico F y las barras rojas el valor p para cada parámetro. La línea roja discontinua indica el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). **Elaborado:** Karina Lino.

6.5.4. Análisis complementarios de distribución

Para que el análisis de correlación fuera más completo, se realizó un análisis de la relación entre la temperatura y el oxígeno disuelto, dando como resultado que entre

ambos existe una correlación positiva moderada ($\rho = 0.485$; $p = 0.005$), esto indica que en este sistema ambos parámetros varían de forma conjunta.

La estación 4 fue la estación que más densidad de organismos presento, con 42 individuos en total (33.1%), seguida por la estación 1 con 32 individuos (25.2%). La profundidad de las estaciones mostró patrones consistentes: la estación 1 con (2.15 ± 0.15 m) y estación 4 (2.08 ± 0.18 m) fueron las más profundas, mientras la estación 3 (0.50 ± 0.04 m) fue la más somera (Tabla 6).

En lo que respecta a la composición de las especies, *M. transandicum* fue la especie dominante en la estación 1 (46.9%), mientras que *M. olfersii* fue la más abundante en la estación 2 (40%) y 4 (38.1%). En el caso de *M. americanum* mostró una distribución uniforme, mientras que *M. carcinus* presentó los valores más bajo en general. Esta distribución sugiere que existe una preferencia de microhábitat específica en las especies de este género, sin dependencia de las condiciones físico-químicas uniformes (Figura 26).

Tabla 6

Distribución de especies de Macrobrachium por estación de muestreo.

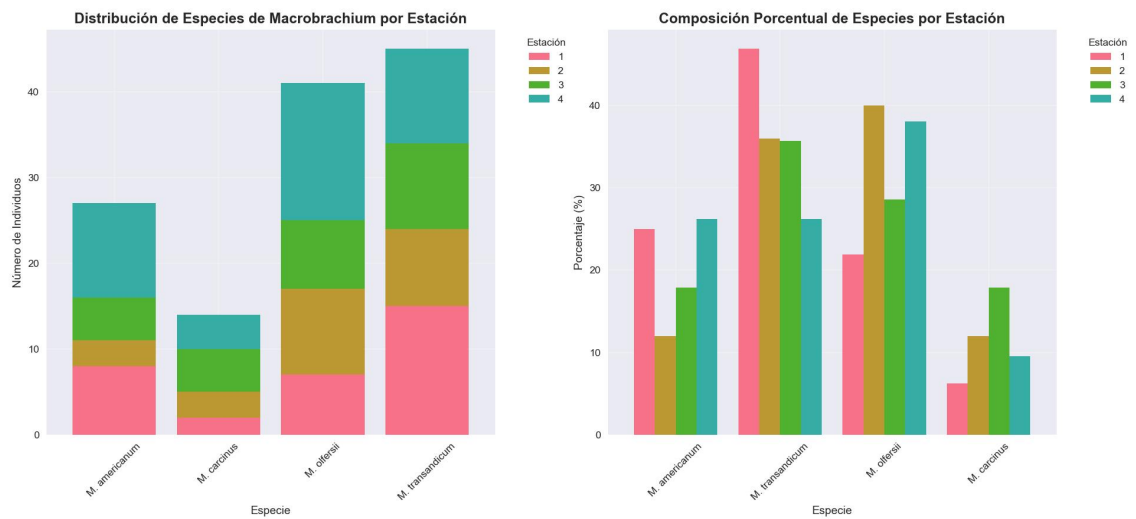
<i>Especie</i>	<i>Estación 1</i>	<i>Estación 2</i>	<i>Estación 3</i>	<i>Estación 4</i>	<i>Total</i>
<i>M. americanum</i>	8 (25%)	3 (12%)	5 (17.9%)	11 (26.6%)	27
<i>M. Transandicum</i>	15 (46.9%)	9 (36%)	10 (35.7%)	11 (26.2%)	45
<i>M. olfersii</i>	7 (21.9%)	10 (40%)	8 (28.6%)	16 (38.1%)	41
<i>M. carcinus</i>	2 (7%)	3 (12%)	5 (17.9%)	4 (9.5%)	14
<i>Total</i>	32	25	28	42	127

Nota. Valores expresados como número de individuos (porcentaje por estación).

Elaborado: Karina Lino.

Figura 26

Distribución y composición porcentual de especies de Macrobrachium por estación de muestreo en el sendero Piscinas.



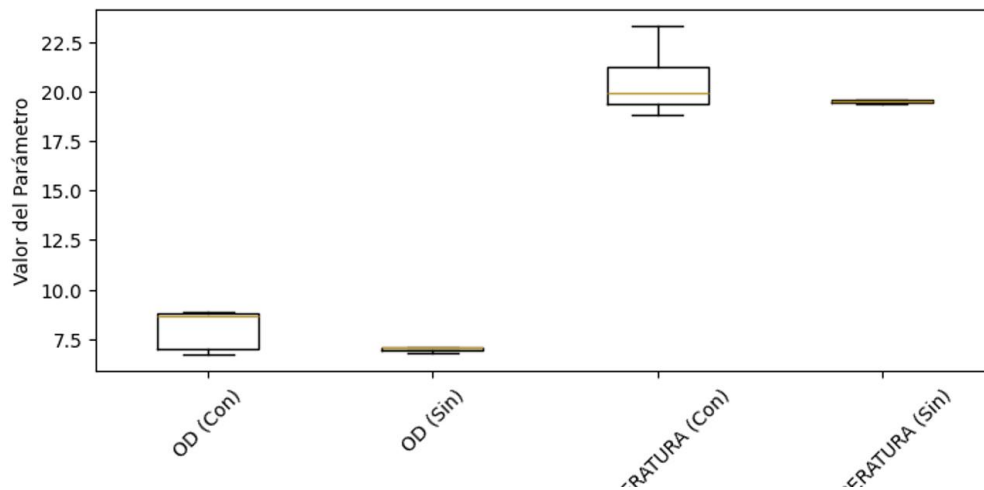
Nota. Los gráficos muestran que *M. transandicum* y *M. olfersii* son las especies más abundantes. Además, *M. transandicum* predomina en la estación 1, mientras que *M. olfersii* es más común en las estaciones 2 y 4. Esto indica que cada especie tiene preferencias de microhábitat, aunque las condiciones del agua son similares en todo el sendero. **Elaborado:** Karina Lino.

6.5.5. Análisis complementario de presencia/ ausencia

En el caso de este análisis complementario utilizado para evaluar la distribución espacial, se realizó mediante la prueba de U de Mann-Whitney, ayudo a comparar las condiciones ambientales entre una estación sin organismos con otra con organismos. Los resultados sugieren que no existen ninguna diferencia significativa entre las condiciones ambientales de las estaciones con y sin organismos ($p > 0.05$ para todos los parámetros) (Figura 27). Este resultado refuerza la interpretación anterior de la distribución aleatoria, determinando que no existe una relación entre la ausencia puntuales con condiciones ambientales adversas (Anexo 17).

Figura 27

*Comparación de oxígeno disuelto (OD) y temperatura entre estaciones con presencia y ausencia de *Macrobrachium* en el sendero Piscinas.*



Nota. Los diagramas de caja muestran que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en las condiciones ambientales, lo que respalda la interpretación de una distribución aleatoria de los organismos. **Elaborado:** Karina Lino.

6.6. Relación entre el tamaño morfológico y parámetros físicos-químicos.

6.6.1. Análisis de correlación.

El análisis de correlación de Spearman, identificó que de la muestra de 127 individuos de *Macrobrachium*, tres de los parámetros físicos-químicos analizados mostraron una significancia estadística con tamaño corporal de los mismos. El pH comprobó poseer la variable más robusta ($\rho = 0.363$; $p < 0.001$), seguido por el oxígeno disuelto y amoníaco ($\rho = 0.206$; $p = 0.020$), ambos con el mismo coeficiente de correlación positiva (Tabla 7).

Tabla 7.

Correlación Spearman entre el tamaño de individuos de Macrobrachium y parámetros ambientales (n= 127).

<i>Parámetro</i>	<i>Coefficiente ρ</i>	<i>Valor p</i>	<i>Significancia</i>	<i>Magnitud</i>
Ph	0.363	<0.001	Significativa	Moderada
OD	0.206	0.020	Significativa	Débil
Amoniaco	0.206	0.020	Significativa	Débil
Temperatura	0.168	0.059	No Significativa	-
Profundidad	-0.124	0.164	No Significativa	-
Nitrito	-0.080	0.373	No Significativa	-
TDS	0.028	0.754	No Significativa	-

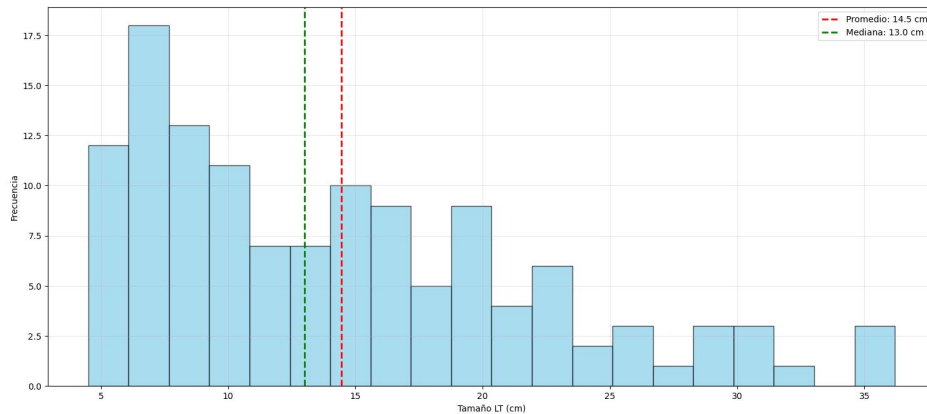
Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. OD = Oxígeno Disuelto; TDS = Sólidos Disueltos Totales. **Elaborado:** Karina Lino.

6.6.2. Caracterización de la estructura de tallas poblacional.

La distribución de tallas de la población que fue muestreada en el sendero Piscinas (n=127) presenta una amplitud de datos considerable, con valores de 4.5 cm como mínimo y de 36.2 cm máximos, lo que da como resultado una amplitud de rango de 31.7 cm. Dando como resultado una talla promedio de la población de 14.5 cm, con una desviación estándar de ± 7.8 cm (Figura 28).

Figura 28

Distribución de tamaños de Macrobrachium sendero Piscinas (n=127)



Nota. Distribución de tallas de *Macrobrachium* en el sendero Piscinas (n = 127). Se observa una alta variabilidad en los tamaños, con predominio de individuos pequeños y medianos, y algunos ejemplares grandes que generan un sesgo positivo. Las líneas punteadas indican la media (14.5 cm, en rojo) y la mediana (13 cm, en verde).

Elaborado: Karina Lino.

La distribución de tallas resulta asimétrica dado que la mediana (13 cm) es ligeramente inferior a la media, lo que resulta en un sesgo positivo. Lo que significa que la mayoría de la población de individuos es de talla pequeña a mediana, pero existe un número menor de organismos de gran tamaño que aumenta el promedio. Esto se ve respaldado por el alto coeficiente de variación de 53.7%, el cual sugiere una gran dispersión en las tallas de los individuos dentro de esta población (Anexo 18).

6.6.3. Composición poblacional por clase de talla

En el sendero Piscinas, la población de *Macrobrachium* esta categorizada por cuatro clases de talla, revelando así que la distribución heterogénea se encuentra dominada por individuos en etapas intermedias de desarrollo. Los adultos jóvenes

constituyen el número más grande de la población con un 34.6% (n=44) estos individuos tienen tallas de 8- 15 cm, lo que indica una alta tasa de reclutamiento.

Los adultos ocupan el segundo lugar con un 29.1 % (n=37) con tallas de 15 a 25 cm, lo que indica presencia de una cohorte reproductiva estable. En el caso de los juveniles que tienen medidas morfométricas <8 cm conforman la cuarta parte de la población (25.2%, n=32), sugiriendo una reproducción continua con incorporación de nuevos individuos constantemente (Tabla 8).

El hallazgo más significativo es la presencia de una clase de macro-adultos (>25 cm), aunque son un grupo menor de solo el 11% (n=14), es sumamente importante ya que la talla de estos organismos sugiere condiciones ambientales favorables que permiten que estos organismos tengan una supervivencia a largo plazo que favorece su crecimiento hasta tallas máximas, estos ejemplares pueden ser ejemplares como reproductores clave que pueden contribuir al acervo genético de la población.

Tabla 8.

Distribución porcentual de Macrobrachium según categorías de tallas.

<i>Categoría de talla</i>	<i>Intervalo (cm)</i>	<i>Frecuencia (n)</i>	<i>Composición (%)</i>
Juveniles	<8	32	25.2
Adultos jóvenes	8-15	44	34.6
Adultos	15-25	37	29.1
Macro-adultos	>25	14	11
Población total		127	100

Nota. Categorización establecida según intervalos naturales en la distribución de frecuencias de tallas. **Elaborado:** Karina Lino.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación demuestran de manera evidente que los parámetros físico-químicos, especialmente el oxígeno disuelto y la temperatura, son factores determinantes para distribución y abundancia del género *Macrobrachium* en el sendero Piscinas del bosque Dos Mangas. Esta conclusión se respalda con la literatura científica que sugiere que estos parámetros son factores reguladores críticos en los procesos metabólicos, distribución y supervivencia de los crustáceos decápodos (Manush et al., 2004; Ahmed et al., 2014; Tucker y D'Abramo, 2008).

El oxígeno disuelto y la abundancia de *Macrobrachium* fue la correlación positiva más fuerte que se encontró ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$). Este resultado evidencia el papel fundamental del OD como un factor limitante. Echeverría, (2012) señala que concentraciones de OD por debajo de 2 mg/L causan estrés y mortalidad, mientras que en nuestro estudio se encontraron rangos óptimos (7.88 ± 0.91 mg/L) generando un ambiente favorable para estos organismos. El pico de abundancia de *Macrobrachium* se dieron en los meses de octubre lo que coincide con picos de OD >8.7 mg/L, esto propone que la disponibilidad de este recurso es un conductor clave para la actividad y supervivencia de estas especies.

En el caso de la temperatura a pesar de mostrar una influencia moderada aun así fue significativa estadísticamente ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$). El aumento de la temperatura, en el mes de agosto con 19.73 °C a 22.7 °C en octubre, se vio relacionado a un aumento en la abundancia de organismos (8 a 24 individuos). Esto respalda que la temperatura es un factor importante para la regulación del metabolismo, la ingesta de alimento y la eficiencia energética (Crisp et al., 2017). También la afirmación de Manush et al (2004), que asegura que las especies de *Macrobrachium* son tolerantes a un amplio rango de 13-

43 °C. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el rango de 20.3 ± 1.2 °C obtenidos en el sendero Piscinas es adecuado para el desarrollo estas especies, similar a los rangos repostados por Rocha et al. (2015) para *M. amazonicum*.

El patrón de distribución, evidenciado por el Índice de Morisita (1.017) comprobó que este género presenta una distribución aleatoria lo que es un hallazgo importante. Este resultado sumado a la ausencia de diferencia en las condiciones ambientales de las estaciones con y sin organismos (Prueba U de Mann-Whitney, $p > 0.05$), evidencia que la distribución del género *Macrobrachium* no se ve relacionado a con variaciones ambientales marcadas, sino más bien responde a la homogeneidad del sistema.

Esto sugiere que en los ambientes con condiciones ambientales estables y favorables, las especies de *Macrobrachium* se distribuyen de manera aleatoria, probablemente en relación a factores que no fueron analizados en este estudio, tales como la disponibilidad de refugios, competencia intraespecífica o la disponibilidad de alimento (Villalobos, 1982).

A pesar de que la profundidad fue el parámetro con mayor variabilidad espacialmente (CV=47%, de 0.45 a 2.5 m), no demostró tener una correlación significativa con la abundancia ($p = 0.366$). Aun así, la estación con mayor abundancia (42 individuos) y CPU (0.146 org/hora-nasa) fue la estación 4 que también fue la que mayor profundidad tuvo (2.08 ± 0.16 m), sugiriendo así una correlación directa. Guzmán-Arroyo (1987), postula que los organismos adultos de *Macrobrachium* prefieren hábitats con mayor profundidad ya que ofrecen más disponibilidad de refugios contra depredadores.

La población estudiada demostró tener una estructura de tallas equilibrada, con una amplitud desde los 4.5 a 36.2 cm y la presencia de clases de edad desde juveniles (25.2%), adultos jóvenes (34.6%), adultos (29.1%) y macro-adultos (11%). Estos resultados nos sugieren que la población se encuentra saludable, se evidencia un proceso de reclutamiento continuo, lo cual concuerda con Jaurégui-Velázquez y Bárcenas-Gutiérrez (2017), quienes reportaron la presencia simultánea de múltiples estadios a lo largo de un año, sobre todo en los meses de mayor temperatura.

La presencia de estos macro-adultos, tiene una importancia significativa, no solo porque demuestra que existe una alta supervivencia, sino que también el sendero cuenta con las condiciones óptimas para alcanzar tallas máximas. Esta correlación positiva entre pH y el tamaño corporal ($\rho = 0.363$; $p < 0.001$) respalda la idea de que un pH ligeramente alcalino (8.2 ± 0.57) puede favorecer el crecimiento fisiológico según Vega-Villasante et al. (2011), quienes señalaron que el pH y la temperatura pueden influir directamente en la muda y crecimiento de *Macrobrachium*.

En el caso de la dominancia conjunta de *M. transandicum* (35.4 % de la población total) y *M. olfersii* (32.3%) evidencia una estructura poblacional influida por factores ecológicos que no fueron medidos por este estudio. La distribución diferenciada de *M. transandicum* en la estación 1 y de *M. olfersii* en la estación 2 y 4, sugiere una preferencia de estas especies por microhábitats específicos tal vez relacionados con barimetría, recursos tróficos o tipo de sustrato. Estudios como el de Ribeiro et al. (2023) demuestra que *M. olfersii* tiene una migración anfídroma, además una reproducción continua y su capacidad para completar su ciclo reproductivo le otorga ventajas adaptativas. Por otra parte, *M. transandicum* podría estar regido por condiciones más específicas, como se ha logrado observar en otras especies de este género (González-

Alemán & Mairena-Valdivia, 2018), donde la distribución de estas especies no están relacionadas con las condiciones variables físico-químicas, si no más a estructuras del hábitat.

Los parámetros de nutrientes analizados (Nitrito y amoníaco) demostraron tener una alta variabilidad ($CV > 150\%$), indicando así aportes esporádicos de materia orgánica. Sin embargo, estas variaciones no afectaron la calidad general del agua ni la abundancia de *Macrobrachium*, debido a que sus promedios se mantuvieron bajas (Amoníaco: 0.6 ± 0.9 mg/L).

El análisis de todos estos resultados nos indica que el ecosistema acuático se encuentra en equilibrio, donde la homogeneidad de las condiciones ambientales (sobre todo de OD y temperatura) facilita el desarrollo de una población diversa y distribución aleatoria de las poblaciones de *Macrobrachium*. Esta investigación es una base fundamental para futuras investigaciones que puedan explorar nuevos parámetros como disponibilidad de alimento, interacción depredador presa, sustrato o flujo de agua que pueden llegar a modular la distribución espacial en un sistema homogéneo.

CONCLUSIONES

Este estudio corrobora que los parámetros físicos-químicos, sobre todo el oxígeno disuelto y la temperatura, si tienen una influencia significativa en la distribución y abundancia del género *Macrobrachium* en el sendero Piscinas del bosque Dos Mangas. Se demostró una relación directa entre estas condiciones ambientales y la presencia de estas especies, con un patrón de distribución aleatorio que evidencia la capacidad de estas especies para adaptarse en condiciones homogéneas de un sistema. La población estudiada demostró un equilibrio en su estructura, representada por las todas las tallas, sugiriendo así que las condiciones ambientales de esta zona son favorables para el desarrollo de este género.

Lo que respecta a las condiciones ambientales del sendero Piscinas, se estableció que estos parámetros tienen condiciones estables para el desarrollo de la vida acuática, manteniendo rangos de temperatura promedios de 20.3 ± 1.2 °C, oxígeno disuelto dentro de los rangos óptimos (7.88 ± 0.91 mL) y pH ligeramente alcalino entre 8.2 ± 0.57 . En el caso de los nutrientes (nitritos y amoníaco) tuvieron muchas variabilidades (CV > 150%), proponiendo así que existen posibles aportes puntuales de materia orgánica, pero esto no llega a afectar la calidad general del agua de la zona. En el caso de la profundidad, esta fue el parámetro con más variabilidad espacialmente (CV=47%) con rangos de 0.45 a 2.5 m, creando diversidad de hábitats sin alterar los demás factores.

La abundancia total de organismos fue de 127 individuos, se identificaron 4 especies, donde *M. transandicum* fue el más dominante representado por 35.4 % de la población, seguido por *M. olfersii* con un 32.3%. La estación 4 presentó la mayor abundancia relativa la cual fue de 1.32 promedio del área de estudio (CPUE=0.146 org/hora-nasa), posiblemente por la mayor disponibilidad de refugios otorgados por la

profundidad de la estación. La distribución espacial fue aleatorio definida por el índice de Morisita= 1.017, sugiriendo que estas poblaciones no se distribuyen de manera uniforme, sino que se relacionan a la homogeneidad ambiental del sistema.

El oxígeno disuelto demostró ser la correlación más fuerte con la abundancia de *Macrobrachium* ($\rho = 0.518$; $p = 0.002$), asegurando así su papel como un factor limitante clave. La temperatura tiene una influencia más moderada significativamente ($\rho = 0.385$; $p = 0.030$), asociando el incremento de la abundancia con el aumento de térmico en los meses más cálidos.

Se comprobó que no existe una diferencia significativa en las condiciones ambientales de las estaciones con organismos de las que no tenían organismos ($p > 0.05$ en todos los parámetros), confirmando así la interpretación del que los *Macrobrachium* tienen una distribución aleatoria. El pH fue un parámetro que se correlaciona con el tamaño corporal de los organismos ($\rho = 0.363$; $p < 0.001$), sugiriendo que tiene una influencia positiva en los procesos de crecimiento y desarrollo de este género.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evitar actividades que alteren los parámetros específicamente de oxígeno disuelto y temperatura debido a que son factores críticos para estos organismos, actividades como desforestación deben ser evitadas ya que pueden incrementar la insolación y la temperatura del agua, o vertimiento de materia orgánica que pueda consumir oxígeno durante su descomposición.

Monitorear las fuentes de nutrientes debido a su alta variabilidad (CV=150%), para poder identificar los puntos de posible contaminación orgánica.

Se debe investigar el papel de la disponibilidad de alimento, interacciones depredador-presa, sustrato, microhábitat de refugio, factores que podrían estar influyendo en la distribución aleatoria observada.

Realizar análisis genéticos que permitan evaluar la diversidad y estructura de las poblaciones de *Macrobrachium* en el bosque Dos Mangas. Esto es importante para poder conocer el estado de vulnerabilidad, flujo genético y potencial adaptación a los cambios ambientales.

Un hallazgo relevante en este estudio es que la captura fue exclusivamente de individuos machos. Se recomienda investigar la razón de esta segregación sexual, es crucial determinar si las hembras están habitando zonas que no fueron monitoreadas, si puede existir algún comportamiento migratorio que las alejen del área de estudio, o si existen presiones ambientales o antropogénicas que ocasionen esto.

BIBLIOGRAFÍA

Adjovu, G. E.; Stephen, H.; Ahmad, S. Dinámica espacial y temporal de parámetros clave de la calidad del agua en un ecosistema lacustre estratificado térmicamente: El caso del lago Mead. *Earth* (2023)4, 461–502.

Ahmed, N., Bunting, S. W., Rahman, S., & Garforth, C. J. (2014). Community based climate change adaptation strategies for integrated prawn-fish-rice farming in Bangladesh to promote social-ecological resilience. *Reviews in Aquaculture*, 6, 20–35. <https://doi.org/10.1111/raq.12022>

American Veterinary Medical Association [AVMA]. (2020). AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Panel on Euthanasia. <https://www.avma.org/sites/default/files/2020-02/Guidelines-on-Euthanasia-2020.pdf>

Anger, K., & Moreira, G. (1998). Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *Journal of Crustacean Biology*, 18(4), 823–838. <https://doi.org/10.2307/1549151>

Baquero, J. C. C., Serrano, V. L. C., Hugo, J. M. C., Palaquibay, L. F. L., & López, D. C. C. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9378914>

Bastos, A. M., Lima, J. F., & Tavares-Dias, M. (2018). Effect of increase in temperature on the survival and growth of *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) in the Amazon. *Aquatic Living Resources*, 31, 21.

Bernardi, G., Ruiz-Campos, G., & Camarena-Rosales, F. (2007). Genetic isolation and evolutionary history of oases populations of the Baja California killifish, *Fundulus lima*. *Conservation Genetics*, 8, 547–554.

Bowles, D. E., Aziz, K., & Knight, C. L. (2000). *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. *Journal of Crustacean Biology*, 20, 158-171.

Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., & Thomas, L. (2001). *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press.

Cabrera, P. J. (1983). Carácter práctico para diferenciación de sexos en *Macrobrachium tenellum* (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Revista de Biología Tropical*, 31(1), 159-160.

Campos, M. R. (2010). Crustáceos. En: *Colombia Diversidad Biótica IX. Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad, Ecología y Manejo Ambiental*. (J. O. Rangel-Ch., Ed.). Universidad Nacional de Colombia, 491-497.

Chace, F. A. (1972). The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean Expeditions with a Summary of the West Indian shallow-water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 98, 1-179.

Cheng, W., & Chen, J. (2000). Effects of pH, temperature and salinity on immune parameters of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 10(4), 387–391. <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0264>

Cheng, W., & Chen, J. (2002). The virulence of *Enterococcus* to freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and its immune resistance under ammonia stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 12(2), 97–109. <https://doi.org/10.1006/fsim.2001.0363>

Collins, P. (1998). Laboratory evaluation of the freshwater prawn, *Macrobrachium borellii*, as a predator of mosquito larvae. *Aquatic Sciences*, 60, 22-27.

Crisp, J. A., Partridge, G. J., D'Souza, F. M. L., Tweedley, J. R., & Moheimani, N. R. (2017). Effects of temperature and salinity on larval survival and development of the western school prawn *Metapenaeus dalli*. *International Aquatic Research*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40071-016-0151-0>

Dey, J., & Vijay, R (2021). Una revisión crítica e intensiva sobre la evaluación de parámetros de calidad del agua mediante técnicas geoespaciales. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41612–41626.

Días, P., & Rodríguez, L. (2001). Producción larval de camarón de río nativo, *Macrobrachium americanum*, en laboratorio. Universidad De San Carlos De Guatemala, 88. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2001-082.pdf>

Echeverría, P. (2012). Evaluación de reproducción y desarrollo larval de camarón de río *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868) en condiciones de laboratorio. Buenaventura, Valle del Cauca. Universidad del Valle. Trabajo de Grado presentado como Requisito para optar al Título de Bióloga con Mención en Marina.

Escobar, J. G. (1979). Carideos (Palaemonidae y Atyidae) en los ríos de la región de Santa Marta. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín*, 11, 97-133.

García, G., Pascual, R., Cadiach, O., Balart, A., Solé, J., & Manzano, M. (2022). Metaecosistemas y metarestauración: el LIFE ALNUS, una experiencia de diagnóstico y restauración de sistemas fluvio-aluviales a escala regional. En: Camprodon, J., Guardis, P., Ordeix, M. (eds.). Manual técnico de conservación y restauración de ríos y riberas. LIFE ALNUS. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. Programa Life Naturaleza y Biodiversidad de la Unión Europea.

García, M., Orduña, J., & Cortes, E. (2011). Oxygen consumption of the prawn *Macrobrachium americanum* over the temperature range of its native environment and in relation to its weight. *North American Journal of Aquaculture*, 73(3), 320-326. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.601982>

García-Guerrero, M. U., Becerril-Morales, F., Vega-Villasante, F., & Espinosa-Chaurand, L. D. (2013). 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*, 41, 651-675. <https://doi.org/10.3856/vol41-issue4-fulltext-4>

García-Vázquez, E. (2008). Identification of highly prized commercial fish using a PCR-based methodology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34, 121-124.

Global Seafood Alliance. (2025). El parámetro de calidad del agua a menudo ignorado: pH - Responsible Seafood Advocate. <https://www.globalseafood.org/advocate/el-parametro-de-calidad-del-agua-a-menudo-ignorado-ph/>

González-Alemán, N., & Mairena-Valdivia, Á. (2018). Estudio biométrico y ecológico del camarón de río (género *Macrobrachium*) en la parte baja de la cuenca del río Kukra. *Revista del Caribe Nicaragüense*, No. 74, pp. 41–57. Bluefields Indian & Caribbean University. e-ISSN 2308-7862.

Gunther, T. (2023). El Oxígeno disuelto y la calidad del agua. LG Sonic. <https://www.lgsonic.com/es/el-oxigeno-disuelto/>

Guzmán-Arroyo, M. (1987). Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. D.F., México. 319 p.

Habashy, M. M., & Hassan, M. M. S. (2011). Effects of temperature and salinity on growth and reproduction of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea- Decapoda) in Egypt. *International Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, 83–90.

Hernandez, L., Murugan, G., Ruiz-Campos, G., & Maeda-Martinez, A. M. (2007). Freshwater Shrimp of the Genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) From the Baja California Peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology*, 27, 351-369.

Holthuis, L. B. (1952). A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock Foundation Publications, Occasional Paper, 12, 1-396.

Jáuregui-Velázquez, E. E., & Bárcenas-Gutiérrez, S. Q. (2017). Estructura de tallas de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae) en el Estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 10(37), 656-671. <http://www.iztacala.unam.mx/biocyt>

Liao, Y. Y., Wang, H. H., & Lin, Z. G. (2011). Effect of ammonia and nitrite on vigour, survival rate, moulting rate of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* zoea. *Aquaculture International*, 19, 339-350.

Liew, H. J., Rahmah, S., Tang, P. W., Waiho, K., Fazhan, H., Rasdi, N. W., Hamin, S. I. A., Mazelan, S., Muda, S., Lim, L., Chen, Y., Chang, Y. M., Liang, L. Q., & Ghaffar, M. A. (2022). Low water pH depressed growth and early development of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* larvae. *Heliyon*, 8(7), e09989. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09989>

Mallasen, M., & Valenti, W. C. (2005). Larval development of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* at different ammonia concentrations and pH values. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36, 32-41.

Manush, S. M., Pal, A. K., Chatterjee, N., Das, T., & Mukherjee, S. C. (2004). Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 29, 15–19.

Martin, J. W., & Davis, G. E. (2001). An update classification of the recent Crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series*, 39, 1-124.

Mashiko, K., & Numachi, K. (2000). Derivation of populations with different-sized eggs in the palaemonid prawn *Macrobrachium nipponense*. *Journal of Crustacean Biology*, 20(1), 118-127.

Mejías, A. V., & Moya, J. V. (2018). Determinación de la causa de mortalidad en un vivero del langostino gigante de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* en Costa Rica: análisis de caso. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 666–675. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.14522>

Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, Callao, 5, 1-170.

Montagna, M. C. (2011). Effect of temperature on the survival and growth of freshwater prawns *Macrobrachium borellii* and *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palaemonidae). *Iheringia, Série Zoologia*, 101, 233–238. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212011000200011>

Mossolin, E. C., & Bueno, S. L. S. (2002). Reproductive biology of *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae) in São Sebastião, Brazil. *Journal of Crustacean Biology*, 22, 367-376.

Motta, J. H. S., Santos, L. C., Dutra, F. M., Souza, A. B., Polese, M. F., Glória, L. S., Oliveira, A. P., & Ballester, E. L. C. (2024). Acute toxicity of total ammonia to *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae at different salinity levels. *Brazilian Journal of Biology*, 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.276323>

Mugnier, C., & Justou, C. (2004). Combined effect of external ammonia and molt stage on the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* physiological response. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 309, 35-46.

New, M. S., & Singholka, S. (1984). Manual para el cultivo de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. FAO.

Niu, C., Lee, D., Goshima, S., & Nakao, S. (2003). Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) postlarvae. *Aquaculture Research*, 34, 501–506.

Pillai, B. R., Ponzoni, R. W., Mahapatra, K. D., & Panda, D. (2022). Genetic improvement of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: A review of global status. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1285–1299. <https://doi.org/10.1111/raq.12650>

Rand, G. M., & Petrocelli, S. R. (1985). *Fundamentals of aquatic toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation.

Ribeiro, C. C., Braga, A. A., Miranda, E. K. S., & Bertini, G. (2023). Evaluation of population dynamics of *Macrobrachium olfersii* (Palaemonidae) along ~150 km extension of the Lower Ribeira de Iguape River, São Paulo, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 18(1), 18–34. <https://doi.org/10.54451/PanamJAS.18.1.18>

Rincón-Bello, M. T. (2021). Aquatic macroinvertebrates as water quality bioindicators in Chicú river, Cundinamarca, Colombia. *Hidrobiológica*, 30(3), 17–29. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2021v31n1/rincon>

Rocha, S. S., Silva, R. L. S., Santos, J. L., & Oliveira, G. (2015). Length–weight relationship and condition factor of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) from a reservoir in Bahia, Brazil. *Nauplius*, 23, 146–158. <https://doi.org/10.1590/S0104-64972015002308>

Rodríguez, G. (1981). Decapoda. In: Hurlbert, S. H., Rodríguez, G., & Santos, N. D. (Eds.). *Aquatic Biota of Tropical South America, Part I: Arthropoda*. San Diego State University, San Diego, California, 41-51.

Schiff, H., & Hendrickx, M. E. (1997). An introductory survey of ecology and sensory receptors of tropical eastern pacific crustaceans. *Italian Journal of Zoology*, 64(1), 13–30.

Schliemann, S. A., Grevstad, N., & Brazeau, R. H (2021). Calidad del agua y puntos críticos espacio-temporales en un río urbano dominado por efluentes. *Hydrological Processes*, 35, e14001. <https://doi.org/10.1002/hyp.14001>

Silva, R. C., Jacobucci, G. B., & Mossolin, E. C. (2017). Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais State, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(4), 776-786. <https://doi.org/10.3856/vol45-issue4-fulltext-12>

Strayer, D. L., & Findlay, S. E. G. (2010). Ecology of freshwater shore zones. *Aquatic Sciences*, 72(2), 127–163. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0128-9>

Tucker, C., & D’Abramo, L. (2008). Managing high pH in freshwater ponds. <https://freshwater-aquaculture.extension.org/wp-content/uploads/2019/08/ManagingHighpHInFreshwaterPonds.pdf>

Valencia, D., & Campos, M. (2015). Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa*, 1456(1), 1-44. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1456.1.1>

Vega-Villasante, F., Martínez-López, E. A., Espinosa-Chaurand, L. D., Cortés-Lara, M. C., & Nolasco-Soria, H. (2011). Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 581-588.

Villalobos, F. A. (1982). Decápoda. En: S. Hurlbert & A. Villalobos-Figueroa (Eds.). Aquatic biota of Mexico, Central America and west Indies (pp. 215-239). San Diego State University - Universidad Autónoma Metropolitana.

Wetzel, R. G., & Likens, G. E. (2000). Limnological analyses (3rd ed.). Springer. Chapter: Nitrogen, phosphorus, and other nutrients, 85-113. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-3250-4>

Yamasaki-Granados, S., García-Guerrero, M., Vega-Villasante, F., Castellanos-León, F., Cavalli, R. O., & Cortés-Jacinto, E. (2013). Experimental culture of the river prawn *Macrobrachium americanum* larvae (Bate, 1868), with emphasis on feeding and stocking density effect on survival. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41, 793–800.

ANEXOS

Anexo 1

Macribrachium transandicum



Anexo 2

Macrobrachium olfersii



Anexo 3

Macrobrachium americanum



Anexo 4

Macrobrachium carcinus



Anexo 5

Primera estación



Anexo 6

Segunda estación



Anexo 7

Tercera estación



Anexo 8

Cuarta estación



Anexo 9

Nasas cebadas.



Anexo 10

Armado de nasas.



Anexo 11

Toma de parámetros.



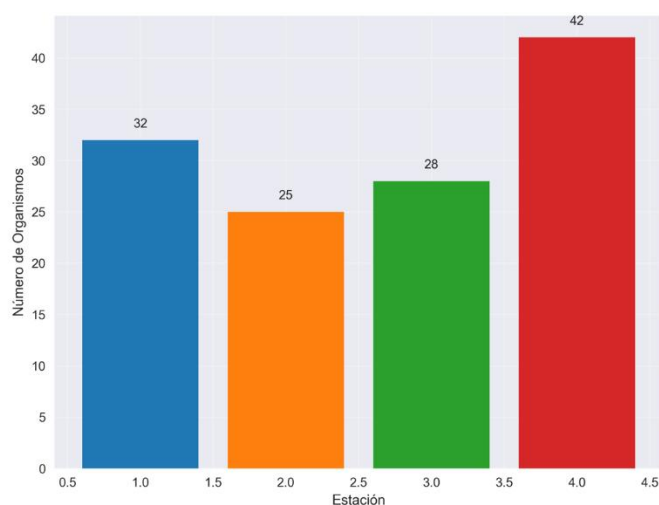
Anexo 12

Colocación de las nasas en las estaciones.



Anexo 13

Número total de organismos de *Macrobrachium* capturados en las cuatro estaciones de muestreo.



Anexo 14

Resultados del test de Shapiro-Wilk para la normalidad de los datos.

Parámetro	Estadístico de W	Valor p	Distribución normal
Profundidad	0.881	0.000	No
Temperatura	0.881	0.002	No
pH	0.759	<0.001	No
OD	0.685	<0.001	No
TDS	0.879	0.002	No
Nitrito	0.542	<0.001	No
Amoniaco	0.631	<0.001	No

Nota. Nivel de significancia $\alpha=0.05$. Elaborado: Karina Lino

Anexo 15

Correlaciones de Spearman entre parámetros físico-químicos y abundancia de *Macrobrachium* ($n = 32$ registros completos).

Parámetro	Coficiente ρ	Valor p	Significancia	Dirección
Profundidad	0.165	0.366	No significativa	-
Temperatura	0.385	0.030	Significativa	Positiva
pH	0.283	0.116	No significativa	-
OD	0.518	0.002	Significativa	Positiva
TDS	-0.057	0.756	No significativa	-

Nitritos	-0.085	0.643	No significativa	-
Amoniaco	0.204	0.262	No significativa	-

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Elaborado: Karina Lino.

Anexo 16

Análisis de varianza (ANOVA) de parámetros físico-químicos entre estaciones.

Parámetro	Estadístico F	Valor p	D. entre estaciones
Profundidad	410.372	0.000	Significativo
Temperatura	0.064	0.978	No significativo
pH	0.048	0.986	No significativo
OD	0.094	0.963	No significativo
TDS	0.166	0.918	No significativo
Nitrito	0.773	0.519	No significativo
Amoniaco	2.220	0.108	No significativo

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Elaborado: Karina Lino.

Anexo 17

Análisis de diferencias en condiciones ambientales entre sitios con y sin Macrobrachium (Prueba U de Mann-Whitney).

Parámetro	Estadístico U	Valor p	Significancia
Profundidad	61.5	0.257	No significativa
Temperatura	62.0	0.244	No significativa
pH	58.5	0.346	No significativa
OD	67.0	0.136	No significativa
TDS	57.0	0.400	No significativa
Nitrito	55.0	0.468	No significativa
Amoniaco	58.5	0.344	No significativa

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Comparación entre 29 registros con organismos y

3 registros sin organismos. Elaboración: Karina Lino.

Anexo 18

Estadísticas descriptivas de la distribución de tallas de Macrobrachium en el sendero Piscinas (n = 127)

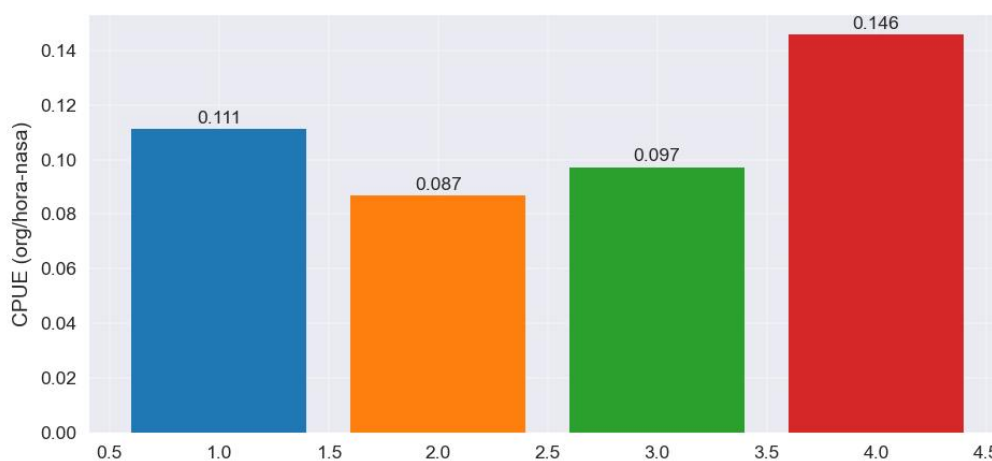
Parámetro estadístico	Valor (cm)
Mínimo	4.5
Máximo	36.2

Media \pm DE	14.5 \pm 7.8
Mediana	13.0
Coefficiente de variación	53.7%
Amplitud de rango	31.7

Nota. La población de *Macrobrachium* muestra una gran variabilidad de tallas (4.5 a 36.2 cm). Elabora: Karina Lino.

Anexo 19

Abundancia relativa de Macrobrachium por estación de muestreo



Nota. Distribución espacial de *Macrobrachium* según el esfuerzo de captura. Elaborado: Karina Lino.