

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



**“COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO BIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL
CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA (*Macrobrachium rosenbergii*) EN CULTIVOS
MONOSEXO Y MIXTO DURANTE LA FASE DE ENGORDE, EN CONDICIONES
DE LABORATORIO EN SELVA ALTA – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO”**

Tesis

Para optar por el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR:

RENATO FIDEL SALVATIERRA ROMO

TINGO MARÍA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año de la Recuperación y la Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A las 11:00 a.m. del 08 de agosto de 2025, los que suscriben, Miembros del Jurado, se reunieron para calificar la Tesis titulada "COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO BIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA (*Macrobrachium rosenbergii*) EN CULTIVOS MONOSEXO Y MIXTO DURANTE LA FASE DE ENGORDE, EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN SELVA ALTA - PROVINCIA DE LEONCIO PRADO", presentada por el Bachiller en Ciencias Pecuarias RENATO FIDEL SALVATIERRA ROMO.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

Tingo María, 11 de agosto de 2025

.....
Ing. M. Sc. MARCO ANTONIO ROJAS PAREDES
Presidente

.....
Dr. JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ GUEVARA
Miembro

.....
Dr. DANIEL MARCO PAREDES LÓPEZ
Miembro



.....
Blgo. Pesq. CARLOS ÁLVAREZ JANAMPA
Asesor

.....
Ing. M. Sc. WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA
Asesor



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 270 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Zootecnia

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO BIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) EN CULTIVOS MONOSEXO Y MIXTO DURANTE LA FASE DE ENGORDE, EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN SELVA ALTA – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO	RENATO FIDEL SALVATIERRA ROMO	01 % Uno

Tingo María, 18 de agosto de 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



“COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO BIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA (*Macrobrachium rosenbergii*) EN CULTIVOS MONOSEXO Y MIXTO DURANTE LA FASE DE ENGORDE, EN CONDICIONES DE LABORATORIO EN SELVA ALTA – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO”

- Programa de investigación** : Producción Animal Sostenible
- Línea de investigación** : Producción, reproducción y mejoramiento de animales domésticos, silvestres y acuícolas en ecosistemas sostenibles.
- Eje Temático** : Tecnologías de la producción en organismos acuáticos
- Autor** : Salvatierra Romo, Renato Fidel
- Asesores** : Blgo. Pesq. Álvarez Janampa, Carlos
Ing. Zoot. Paredes Orellana, Walter Alberto
- Lugar de ejecución** : Módulos de Piscicultura de la Facultad de Zootecnia – UNAS
- Duración del trabajo** : Junio – Julio 2024
- Financiamiento** : S/. 3,948.21
- FEDU** : No
- Propio** : Si
- Otros** : No

TINGO MARÍA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Facultad de Zootecnia

Escuela Profesional : Escuela Profesional de Zootecnia

Título de Tesis : Comparación del desempeño biológico y productivo del camarón gigante de malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde, en condiciones de laboratorio en Selva Alta – Provincia de Leoncio Prado”

Objetivo General : Determinar cuál sistema de cultivo (monosexo o mixto) presenta mayor eficiencia zootécnica en el camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) durante la fase de engorde en condiciones de laboratorio en la Selva Alta.

Autor de la Tesis : Renato Fidel Salvatierra Romo

DNI : 76624405

Correo Electrónico : renato,salvatierra@unas.edu.pe

Asesores de Tesis : 1. Blgo. Pesq. Carlos Álvarez Janampa
2. Ing. Zoot. Walter Alberto Paredes Orellana

Área de Investigación : Producción Animal Sostenible

Grupo de Investigación : Tecnologías de la producción en organismos acuáticos

Línea de Investigación : Producción, reproducción y mejoramiento de animales domésticos, silvestres y acuícolas en ecosistemas sostenibles.

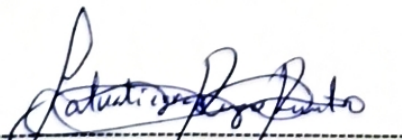
Lugar de Ejecución : Módulos de Piscicultura de la FZ – UNAS


Fecha de inicio : 01 / 06 / 2024


Fecha de termino : 31 / 07 / 2024

Presupuesto : S/. 3,984.21

Financiamiento : Propio (Si) FEDU () Externo ()


Renato Fidel Salvatierra Romo
Tesisista


Blgo. Pesq. Carlos Álvarez Janampa
Asesor


Ing. Zoot. Walter Alberto Paredes Orellana
Asesor

DEDICATORIA

*A **DIOS**, fuente inagotable de amor y sabiduría, por ser mi guía en este camino de constante aprendizaje y crecimiento. Gracias por sostenerme en mis caídas y por acompañarme constantemente, sobre todo en los instantes más desafiantes, y darme esa fuerza para alcanzar mis aspiraciones.*

*A mis queridos padres, **Avelia Romo Pablo y Alfredo Salvatierra Huaraca**, cuyo amor incondicional y palabras de aliento han sido de impulso en la vida para alcanzar mis logros. Gracias por mostrarme el significado del empeño y la constancia. Y a mi abuela **Victoria Huaraca Cubas**, quien desde el cielo continúa inspirándome.*

*A **Laura Laos Hidalgo y Fernando Carrillo**, mi segunda familia. Les doy las gracias por extenderme su hospitalidad, donde siempre me he sentido querido y valorado. Gracias por brindarme el apoyo incondicional que necesitaba para alcanzar esta meta. Su cariño ha sido mi motor a lo largo de este camino.*

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Pecuarias de la **Universidad Nacional Agraria de la Selva**, mi querida casa de estudios, lugar especial donde nacieron mis aspiraciones profesionales y descubrí mi verdadera pasión por la zootecnia. En sus aulas no solo adquirí conocimientos técnicos, sino que encontré la inspiración y el rumbo que actualmente orientan mi trayectoria profesional.

Al área de Piscicultura de la **Facultad de Zootecnia**, ese espacio dedicado a la crianza de peces donde los estanques experimentales se convirtieron en laboratorios de conocimiento, cada ensayo una oportunidad de crecimiento. Gracias por abrir sus puertas y permitir que mi investigación cobrara vida entre sus instalaciones.

A mis asesores de tesis, el **Blgo. Pesq. Carlos Álvarez Janampa** y el **Ing. Zoot. Walter Alberto Paredes Orellana**. Profesores excepcionales que me guiaron con sabiduría a lo largo de todo el desarrollo investigativo. Su tolerancia y entrega me ayudaron a superar cada dificultad, sus comentarios y sugerencias mejoraron la calidad de mi trabajo. Con sus correcciones precisas lograron que mis ideas confusas se convirtieran en un trabajo bien estructurado y fundamentado. Más que simples asesores, fueron verdaderos mentores que no solo contribuyeron a mi formación académica, sino que también me brindaron su amistad sincera, la cual valoro profundamente y llevaré conmigo siempre.

A mis distinguidos jurados: **Ing. M.Sc. Marco Antonio Rojas Paredes**, **Dr. José Eduard Hernández Guevara** y **Dr. Daniel Marco Paredes López**. Maestros evaluadores que con sus observaciones y sugerencias mejoraron notablemente la calidad de mi investigación. Su apoyo y el interés que mostraron por mi trabajo me dieron la motivación necesaria para perseverar durante las etapas más complejas del proceso investigativo.

A los **docentes** de la Facultad de Zootecnia, profesores dedicados que compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo. Cada clase, cada consejo y cada momento de aprendizaje en las aulas fueron fundamentales para construir mi formación profesional.

Que este trabajo sea una muestra de mi profundo agradecimiento hacia todas las personas que confiaron en mí incluso en los momentos cuando yo tenía dudas, y que todo lo que me enseñaron siga siendo útil y se refleje en cada etapa de mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general:	3
Objetivos específicos:	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Biología del camarón (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	4
2.1.1. Taxonomía y distribución.....	4
2.1.2. Dimorfismo sexual en la fase de engorde	4
2.1.3. Jerarquía o efecto Toro en la etapa de engorde	5
2.1.4. Muda (ecdisis) y su relevancia en el estudio del desempeño	5
2.1.5. Morfología y fisiología digestiva relacionada con el desempeño productivo	6
2.2. Parámetros de crecimiento durante la fase de engorde	6
2.3. Alimentación y requerimientos nutricionales en la etapa de engorde	7
2.4. Población monosexo y mixta en la fase de engorde	7
2.4.1. Estudios comparativos de desempeño	7
2.4.2. Productividad	8
2.5. Estado del arte: Investigaciones sobre comparación de desempeño en cultivos monosexo y mixto	8
2.5.1. Antecedentes en condiciones de laboratorio	8
2.5.2. Contexto en condiciones de selva alta.....	9
2.5.3. Brechas de conocimiento identificadas	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Ubicación y descripción de la zona de experimental	10
3.2. Materiales, insumos y equipos empleados	10
3.2.1. Material biológico	10
3.2.2. Infraestructura experimental.....	11
3.2.3. Sistema hidráulico	11
3.2.4. Sistema de aireación.....	11
3.2.5. Equipos de medición y control	11
3.2.6. Materiales complementarios	12
3.3. Metodología de investigación	12
3.3.1. Acondicionamiento de las unidades experimentales.....	12
3.3.2. Protocolo de alimentación.....	13
3.3.3. Protocolo de muestreo	14
3.3.4. Monitoreo de calidad del agua	15
3.3.5. Protocolo de bioseguridad	16

3.3.6. Registro y documentación	17
3.4. Análisis estadístico	17
3.4.1. Diseño de estudio y análisis de resultados	17
3.4.2. Variables independientes.....	18
3.4.3. Tratamientos.....	18
3.4.4. Croquis de distribución de tratamientos y repeticiones.....	18
3.4.5. Variables dependientes.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua	20
4.1.1. Potencial de hidrogeno	20
4.1.2. Oxígeno disuelto	21
4.1.3. Temperatura	22
4.1.4. Salinidad.....	22
4.1.5. Sólidos disueltos totales (TDS)	23
4.2. Parámetros de desempeño biológico según tratamientos	23
4.2.1. Peso Final (PF).....	24
4.2.2. Longitud Final (LF):.....	26
4.2.3. Incremento Diario de Peso (IDP):.....	28
4.2.4. Incremento Diario de Longitud (IDL):.....	30
4.3. Parámetros de desempeño productivo según tratamientos	33
4.3.1. Biomasa Final (BF):.....	33
4.3.2. Productividad (PRD):.....	35
4.3.3. Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA):.....	38
4.4. Parámetro de supervivencia según tratamientos	40
V. CONCLUSIONES	43
VI. PROPUESTAS A FUTURO	44
VII. REFERENCIAS	45
VIII. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Croquis y distribución de los tratamientos.....	18
2. Calidad de agua sistema productivo <i>M. rosenbergii</i> , durante la etapa de engorde.....	19
3. Peso inicial (PI), peso final (PF), longitud inicial (LI), longitud final (LF), incremento diario de peso (IDP), e incremento diario de longitud (IDL).	30
4. Biomasa final (BF), Productividad (PRD) e índice de conversión alimenticia aparente (ICAA).	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso final del camarón gigante <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos.	25
Figura 2. Longitud final del camarón <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos	27
Figura 3. Incremento diario de peso del camarón <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos	30
Figura 4. Incremento diario de longitud del camarón <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos.....	32
Figura 5. Biomasa Final del camarón de río <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos	35
Figura 6. Productividad del camarón de río <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos	37
Figura 7. Índice de conversión alimenticia aparente del camarón <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en etapa de engorde en función de los tratamientos.....	40

RESUMEN

Este estudio evaluó el rendimiento biológico y productivo del camarón de río *Macrobrachium rosenbergii* en la fase de engorde, comparando cultivos monosexo de machos y hembras con cultivos mixtos. Se realizó un experimento de 56 días en condiciones de laboratorio en Tingo María, Perú, utilizando un diseño completamente al azar, utilizando noventa camarones que se distribuyeron en los siguientes tratamientos: T₁: Cultivo de monosexo machos, T₂: Cultivo de monosexo Hembras, y T₃: Cultivo Mixto (tradicional), con tres réplicas por tratamiento y diez camarones por unidad experimental. Se analizaron variables como peso final, longitud final, el incremento diario de peso, el incremento diario de longitud, biomasa, productividad e índice de conversión alimenticia aparente mediante ANCOVA y la prueba de DGC. Los resultados demostraron que el cultivo exclusivo de machos T₁ superó significativamente a los demás tratamientos en todas las variables analizadas, mostrando un mayor crecimiento y producción. La supervivencia registró un 100% en cada uno de los tratamientos aplicados. Se deduce que el T₁ cultivo de monosexo machos de *M. rosenbergii* presenta un efecto provechoso importante sobre el rendimiento biológico y productivo en comparación con el T₂ cultivo de monosexo hembras y T₃ cultivo mixto.

Palabras clave: Camarón, monosexo, mixto, engorde, efecto, rendimiento y variables.

A Comparison of the Biological and Productive Performance of Giant River Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Monosexual and Mixed Crops During the Fattening Phase Under Laboratory Conditions in the High Jungle, Leoncio Prado Province

ABSTRACT

In this study, the biological and productive yields of the river prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, were evaluated during the fattening phase, comparing monosexual crops of males and females with mixed crops. A fifty six day experiment was done under laboratory conditions in Tingo Maria, Peru, using the completely randomized design with ninety prawns that were distributed into the following treatments: T₁: monosexual male crop, T₂: monosexual female crop and T₃: mixed (traditional) crop, with three replications per treatments and ten prawns per experimental unit. The variables such as final weight, final length, daily weight gain, daily length gain, biomass, productivity, and the feed conversion index were analyzed using ANCOVA and the DGC test. The results demonstrated that the exclusively male crop, T₁, significantly surpassed the rest of the treatments for all of the variables that were analyzed, showing greater growth and production. The survival rate was recorded as being at 100% for each of the treatments that were applied. It was deduced that T₁, the male monosexual crop, of *M. rosenbergii* presented an important profitable effect for the biological and productive yield, in comparison to T₂, female monosexual crop, and T₃, mixed crop.

Keywords: prawn, monosexual, mixed, fattening, effect, yield, variables

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura mundial se ha establecido como una valiosa fuente de proteína animal, destacando el cultivo del camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) por su alto valor comercial y rápido crecimiento. Países como Tailandia, Bangladesh, China e India han desarrollado exitosamente esta actividad, generando importantes ingresos económicos y aportando al suministro alimentario de sus habitantes.

En el Perú, a pesar de contar con abundantes recursos hídricos y condiciones climáticas favorables, la camaronicultura de agua dulce aún se encuentra una etapa inicial de desarrollo, limitándose principalmente a estudios experimentales. Esta situación representa una oportunidad desaprovechada para diversificar la producción acuícola nacional y generar nuevas fuentes de empleo en zonas rurales.

La provincia de Leoncio Prado, ubicada en la región Huánuco, presenta condiciones ideales para la acuicultura tropical: temperaturas de 24 a 28°C, abundante agua dulce y precipitaciones regulares. Estas características la convierten en un lugar estratégico para el desarrollo del cultivo del camarón gigante de Malasia.

Esta zona forma parte de la estrategia de desarrollo sostenible amazónico, donde la acuicultura representa una alternativa económica que puede generar empleo local y disminuir la presión ejercida sobre los recursos pesqueros. La Universidad Nacional Agraria de la Selva, como entidad líder regional, promueve investigaciones que contribuyan al desarrollo tecnológico sostenible de la Amazonía, por lo que esta investigación se alinea con dichos objetivos institucionales.

La camaronicultura de *Macrobrachium rosenbergii* en Leoncio Prado, presenta limitaciones técnicas principalmente en el manejo inadecuado de la composición sexual de los cultivos. El comportamiento social de esta especie, caracterizado por la dominancia de los machos, compiten agresivamente por recursos, inhibiendo el crecimiento de otros camarones y las hembras invierten energía en reproducción en lugar de destinarla al crecimiento, genera un desarrollo desigual de la población. Esta problemática resulta en cosechas con camarones que no alcanzan peso comercial, obligando a realizar resiembras costosas que extienden los ciclos productivos, incrementan gastos operativos y crean incertidumbre económica que desalienta la inversión en este sector acuícola.

La fase de engorde del *Macrobrachium rosenbergii* constituye el período más crítico del cultivo, ya que en esta etapa se genera la mayor biomasa, por lo que cualquier mejora en su eficiencia impacta directamente la productividad total del cultivo. La evaluación del efecto de la composición sexual en los parámetros zootécnicos durante esta etapa permitirá generar recomendaciones técnicas basadas en evidencia científica para resolver la problemática de crecimiento heterogéneo y optimizar el uso de recursos productivos. Esta investigación se alinea con las líneas prioritarias de acuicultura tropical de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, contribuyendo al fortalecimiento de la base científica regional y nacional en esta disciplina acuícola.

Considerando la problemática, surge la siguiente pregunta central de la investigación: ¿Cuál es el efecto de la composición sexual (monocultivo macho, monocultivo hembra y cultivo mixto) en los parámetros biológicos y productivos del camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) durante la fase de engorde en condiciones de laboratorio en Leoncio Prado, Huánuco?

Se plantea como hipótesis que el monocultivo macho de camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) presentará superior desempeño en los parámetros biológicos y productivos comparado con el monocultivo hembra y el cultivo mixto durante la fase de engorde, resultando en mayor uniformidad de tallas, mejor conversión alimenticia y mayor rentabilidad económica, además de reducir los riesgos operativos asociados a las resiembras.

Los resultados de esta investigación contribuirán al desarrollo de protocolos técnicos específicos para la camaronicultura en condiciones amazónicas, proporcionando información científica que permita a productores actuales y potenciales tomar decisiones basadas en información sobre el manejo de sus cultivos. Asimismo, fortalecerá la capacidad investigativa regional en acuicultura tropical y generará conocimiento aplicable para el crecimiento sustentable de la actividad en la región amazónica del Perú.

Por consiguiente, se definen los siguientes objetivos

Objetivo general:

- Determinar cuál sistema de cultivo (monosexo o mixto) presenta mayor eficiencia zootécnica en el camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) durante la fase de engorde en condiciones de laboratorio en la Selva Alta.

Objetivos específicos:

- Evaluar el desempeño biológico del camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde, mediante la determinación de los indicadores: peso final (gr), longitud final (cm), incremento diario de peso (gr) y incremento diario de longitud (cm), en condiciones de laboratorio.
- Evaluar el desempeño productivo del camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde, mediante la determinación de los indicadores: biomasa final (kg/m²) índice de conversión alimenticia aparente (kg) y productividad (kg/m²), en condiciones de laboratorio.
- Determinar los parámetros de supervivencia del camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde, mediante la evaluación de los indicadores: supervivencia final (%), mortalidad semanal (%), en condiciones de laboratorio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biología del camarón (*Macrobrachium rosenbergii*)

2.1.1. Taxonomía y distribución

La especie *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) se clasifica dentro del orden Decapoda y pertenece a la familia Palaemonidae. El género *Macrobrachium* abarca un mínimo de 238 especies que se encuentran dispersas en las regiones de clima tropical y subtropical terrestres, restringidas por la isoterma de 18 °C, y estableciéndose desde zonas costeras hasta alturas comprendidas entre 800 y 1,500 metros sobre el nivel del mar (De Grave et al., 2021; Valencia et al., 2022).

Este camarón es originario del sudeste asiático y ha sido introducido durante los últimos años en múltiples países de América, África, Europa y Asia (Oliveira y Santos, 2021; Valenti, 2022). En el contexto brasileño, el camarón de malasia fue introducido en 1977 para impulsar la carcinicultura, estableciendo poblaciones en ambientes naturales de ocho estados brasileños (Silva et al., 2023).

La distribución global de *M. rosenbergii* ha sido facilitada por su ciclo de vida anfídromo, en el que los adultos viven en agua dulce mientras las larvas requieren ambientes estuarinos para su desarrollo (Bauer, 2023; Santos et al., 2024). Esta característica biológica, junto con las técnicas de cultivo desarrolladas, ha permitido su dispersión como especie acuícola de importancia comercial (New y Nair, 2022).

2.1.2. Dimorfismo sexual en la fase de engorde

La acuicultura de crustáceos utiliza frecuentemente el dimorfismo de tamaño entre machos y hembras como estrategia clave para determinar las ventajas del cultivo monosexo en comparación con poblaciones mixtas. Este factor es particularmente relevante durante la fase de engorde de *Macrobrachium rosenbergii*, período crítico donde se genera el 70-80% del tiempo total del ciclo productivo y la mayor biomasa (Tidwell et al., 2024; Rahman et al., 2023).

La diferenciación sexual en *M. rosenbergii* se manifiesta a través de la apertura de los gonoporos, proceso que ocurre cuando los animales alcanzan una longitud de cefalotórax de 5.9-7.6 mm en machos y hembras, respectivamente (Ahmed et al., 2023). La determinación sexual es genética, siguiendo un sistema cromosómico ZZ/ZW, donde las hembras poseen cromosomas ZW y los machos ZZ (Ventura et al., 2024; Waiho et al., 2023).

2.1.3. Jerarquía o efecto Toro en la etapa de engorde

Durante la fase de engorde, se ha observado que los machos alfa liberan feromonas que inhiben el crecimiento de otros machos dentro de la población, lo que resulta en un crecimiento individual heterogéneo (HIG) (Sagi y Aflalo, 2024; Karplus, 2023).

En la etapa de engorde se identifican tres jerarquías de machos: los machos dominantes BC (Blue Claw), caracterizados por su agresividad, territorialidad, gran tamaño y quelas azul oscuro; los machos subordinados OC (Orange Claw), que son agresivos, pero subdominantes, con quelas naranjas y gónadas menos desarrolladas; y los machos sumisos SM (Small Male), de menor tamaño y con quelas claras (Ra'anán y Cohen, 2023; Levy et al., 2024).

Esta jerarquía impacta directamente los parámetros productivos del engorde. Debido a este comportamiento agresivo entre machos, estudios recientes sugieren que el monocultivo de hembras es una alternativa viable para el cultivo intensivo, ya que las hembras toleran mejor las altas densidades y presentan un crecimiento más homogéneo (Molcho et al., 2023; Santos et al., 2024).

2.1.4. Muda (ecdisis) y su relevancia en el estudio del desempeño

La muda, un proceso fisiológico fundamental en crustáceos, implica la renovación periódica del exoesqueleto para permitir el crecimiento. En la fase de engorde, la frecuencia y sincronización de las mudas se convierten en un indicador clave del desempeño zootécnico, debido a que el desarrollo en esta especie se ve afectado por diversos factores, tales como edad, sexo, nutrición (cantidad, periodicidad y calidad), control de patologías, densidad poblacional, factores ambientales, relaciones sociales y aspectos genéticos (Chang y Shih, 2023; Promthale et al., 2024).

Relación de la muda con las variables de estudio: El proceso de muda está directamente relacionado con los parámetros productivos evaluados en cultivos monosexo y mixto. Durante el período de premuda, los camarones reducen su actividad alimentaria, lo que afecta la conversión alimenticia y el crecimiento específico. La sincronización de mudas en poblaciones monosexo de hembras permite una mejor predicción de los ciclos productivos y optimización del manejo alimentario (Tidwell y D'Abramo, 2023).

Las variables de crecimiento específico, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia están directamente relacionadas con la eficiencia del proceso de muda durante el

engorde. El ciclo de muda se divide en cinco estados principales (A-E): postmuda (A y B), intermuda (C), premuda (D) y ecdisis (E), siendo crucial su monitoreo para mejorar las condiciones de crianza y maximizar el rendimiento productivo (Habashy et al., 2024).

2.1.5. Morfología y fisiología digestiva relacionada con el desempeño productivo

En los crustáceos, el proceso digestivo se inicia en la cámara cardíaca del estómago y continúa en los túbulos del hepatopáncreas, donde la digestión se intensifica gracias a la acción de enzimas producidas por células especializadas. Durante la fase de engorde, la eficiencia digestiva condiciona directamente los parámetros de conversión alimenticia y ganancia de peso (Kumar et al., 2023; Ferreira et al., 2024).

La producción de estas enzimas digestivas en el hepatopáncreas está parcialmente regulada por hormonas secretadas desde el pedúnculo ocular. El hepatopáncreas exhibe una mayor actividad enzimática y desempeña un papel crucial en la síntesis y secreción de enzimas digestivas, así como en la asimilación de nutrientes, la eliminación de metabolitos y el depósito de reservas minerales y orgánicas (Santos, 2024).

Esta función metabólica del hepatopáncreas se refleja directamente en los indicadores productivos: eficiencia alimentaria, tasa de crecimiento específico y productividad por unidad de área, siendo fundamental para evaluar el desempeño durante la etapa de engorde (Abdel-Latif et al., 2023).

2.2. Parámetros de crecimiento durante la fase de engorde

Los parámetros zootécnicos específicos para evaluar el desempeño durante la fase de engorde incluyen peso final, incremento diario de peso, tasa específica de crecimiento (TEC), coeficiente de condición y biomasa final. Estos indicadores son cruciales para determinar la eficiencia productiva de diferentes sistemas de cultivo (monosexo vs. mixto) (Ahmad et al., 2024; Silva y Valenti, 2023). Estos parámetros permiten comparar el desempeño entre diferentes tratamientos y sistemas de cultivo durante la fase crítica de engorde (Nunes et al., 2023).

Investigaciones recientes han evidenciado que los cultivos monosexo de hembras permiten densidades de hasta 34 individuos/m² con supervivencias superiores al 85%, mientras que en cultivos mixtos las densidades óptimas no superan los 10 individuos/m² para mantener parámetros productivos aceptables (Malecha, 2024; Tidwell et al., 2023).

2.3. Alimentación y requerimientos nutricionales en la etapa de engorde

Durante la fase de engorde, los requerimientos nutricionales de *M. rosenbergii* se centran en proteínas (31-35% PB), lípidos (6-8%), carbohidratos y minerales esenciales. La frecuencia de alimentación óptima es de 2-4 veces por día, con ajustes según la temperatura del agua y la fase de muda (D'Abramo y Daniels, 2023).

La conversión alimenticia aparente (CAA) durante el engorde típicamente oscila entre 1.5-2.5:1, siendo un indicador crítico de eficiencia productiva. Los sistemas de alimentación (a lanço vs. bandejas) pueden influir significativamente en estos parámetros, afectando la distribución del alimento y la competencia entre individuos (Preto et al., 2024).

Investigaciones recientes han evaluado el uso de alimentos alternativos y subproductos agroindustriales para reducir costos de producción, encontrando que el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de soya puede mantener parámetros productivos aceptables sin comprometer el crecimiento (Rahman y Kumar, 2023; Ferreira et al., 2024).

2.4. Población monosexo y mixta en la fase de engorde

2.4.1. Estudios comparativos de desempeño

Sagi et al. (1986) demostraron que el monocultivo de machos de *Macrobrachium rosenbergii* en jaulas bajo condiciones de cultivo intensivo produjo 473 g/m² en 150 días, superando significativamente la producción de hembras (248 g/m²) y poblaciones mixtas (260 g/m²) en el mismo período.

Levy et al. (2017) realizaron un estudio comparativo a gran escala entre poblaciones de hembras y mixtas de *M. rosenbergii*, revelando que el monocultivo de hembras presenta ventajas significativas. Las hembras mostraron menor agresividad y territorialidad, lo que se traduce en un crecimiento más homogéneo.

Estudios más recientes han confirmado estas tendencias. Molcho et al. (2020) desarrollaron tres generaciones de camarones sin los cromosomas Z, generando descendencia femenina 100% WW, que fueron cultivadas en policultivo con *Oreochromis niloticus*, ofreciendo beneficios tanto para la producción como para la sustentabilidad (Molcho et al., 2023).

2.4.2. Productividad

La proporción de morfotipos de machos (SM, OC y BC) se mantiene constante (5:4:1) independientemente de la densidad de población, debido a la interacción entre casta social y jerarquía de dominancia. Esta relación impacta directamente la productividad durante el engorde, ya que los machos dominantes limitan el crecimiento de subordinados (Tidwell y Coyle, 2023).

Análisis económicos recientes indican que el cultivo monosexo de hembras puede incrementar la rentabilidad en 15-25% comparado con sistemas mixtos, principalmente debido a mayor densidad de siembra, menor variabilidad en tallas y reducción en costos de clasificación (Silva et al., 2024).

2.5. Estado del arte: Investigaciones sobre comparación de desempeño en cultivos monosexo y mixto

2.5.1. Antecedentes en condiciones de laboratorio

Santos (2013) realizó estudios comportamentales con *M. rosenbergii* en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde en condiciones de laboratorio, observando diferencias significativas en las actividades comportamentales entre los diferentes tipos de cultivo. Los resultados mostraron que el comportamiento de limpieza fue el más frecuente en todos los tratamientos, seguido de exploración e inactividad.

Costa (2025) desarrolló técnicas de reversión sexual para la producción de poblaciones monosexo de *M. rosenbergii*, logrando neo-machos ZW funcionales mediante el uso de extracto de glándula androgénica. Este estudio demostró la viabilidad técnica de producir poblaciones monosexo para mejorar los indicadores productivos durante la etapa de engorde.

Investigaciones recientes han explorado métodos innovadores para la producción monosexo. Xu et al. (2023) utilizaron técnicas de silenciamiento génico del gen *MroDmrt11E*, logrando reversión sexual completa y funcional de machos ZZ para neo-hembras ZZ, lo que abre nuevas perspectivas biotecnológicas para la producción comercial.

2.5.2. Contexto en condiciones de selva alta

Los estudios en condiciones de selva alta han demostrado que las temperaturas elevadas (26-30°C) y alta humedad relativa (>80%) favorecen el crecimiento de *M. rosenbergii* durante la fase de engorde. Sin embargo, existen brechas de conocimiento sobre la interacción entre tipo de cultivo (monosexo vs. mixto) y condiciones ambientales específicas de selva alta (Ramirez et al., 2023; Santos et al., 2024).

Las condiciones de laboratorio en la selva alta permiten un mayor control de variables ambientales, facilitando la evaluación precisa de parámetros como supervivencia, crecimiento y conversión alimenticia entre diferentes sistemas de cultivo (Ahmed y Silva, 2023).

2.5.3. Brechas de conocimiento identificadas

- Limitaciones en condiciones controladas: Necesidad de estudios en condiciones de laboratorio que permitan aislar variables y determinar con precisión las diferencias de desempeño entre sistemas.
- Ausencia de indicadores específicos: Falta de establecimiento de indicadores zootécnicos específicos para evaluar la eficiencia de cultivos monosexo en condiciones de selva alta.
- Vacío en protocolos estandarizados: Carencia de protocolos estandarizados para la evaluación comparativa del desempeño biológico y productivo en diferentes sistemas de cultivo de *M. rosenbergii*.
- Aspectos biotecnológicos: Necesidad de desarrollar métodos accesibles y económicamente viables para la producción de poblaciones monosexo, especialmente adaptados a condiciones de países en desarrollo.

La presente investigación aborda estas brechas mediante la evaluación del desempeño zootécnico del camarón gigante de Malasia en cultivos monosexo y mixto durante la fase de engorde, bajo condiciones controladas de laboratorio en selva alta, contribuyendo al desarrollo de recomendaciones técnicas fundamentadas científicamente para optimizar la productividad de esta especie de importancia acuícola.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción de la zona de experimental

3.1.1. Localización geográfica

El presente estudio se ejecutó en condiciones controladas de laboratorio en Selva Alta, específicamente en los Módulos de Piscicultura de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicados en la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú.

Coordenadas geográficas:

- Altitud: 645 m.s.n.m.
- Coordenadas UTM (zona 18L): 389860 mE y 8970880 mN

3.1.2. Características climatológicas

La zona experimental presenta las siguientes características climáticas (UNAS,2013):

- Precipitación pluvial anual: 3,000 mm
- Humedad relativa promedio anual: 80%
- Temperatura promedio anual: 24.85°C
- Zona de vida: Bosque húmedo premontano subtropical (clasificación Holdridge)

3.1.3. Duración del experimento

El periodo experimental comprendió 56 días (8 semanas), ejecutándose desde el mes de junio hasta julio de 2024, correspondiente a la fase de engorde de *Macrobrachium rosenbergii*.

3.2. Materiales, insumos y equipos empleados

3.2.1. Material biológico

Se utilizaron 90 camarones juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* con 84 días de edad, provenientes de un ciclo de cultivo previo desarrollado en las mismas instalaciones. Los organismos fueron originalmente obtenidos como semilla precriada de la empresa camaronera "Las Palmas" (Tarapoto, Perú) y habían completado previamente 8 semanas de fase de crecimiento.

3.2.2. Infraestructura experimental

- 9 estanques rectangulares de concreto (2.0 m × 0.95 m × 0.65 m altura útil)
- Revestimiento: Mayólicas cerámicas
- Volumen útil por estanque: 1000 L (nivel de agua a 50 cm)
- 18 ladrillos de arcilla cocida con 6 orificios (dimensiones: 24 × 11 × 7 cm) como refugios artificiales
- 1 estanque circular de cemento de 7m de diámetro (reservorio principal)
- 2 tanques de almacenamiento Rotoplas (5,000 L c/u)

3.2.3. Sistema hidráulico

- Bomba centrífuga Robin (potencia: 2 HP, voltaje: 220V, caudal: 200 L/min)
- Red de distribución con tuberías PVC de ½", ingreso de agua en forma de "T"
- Llaves de paso PVC de ½ pulgada (10 unidades)
- Sistema de drenaje con tuberías PVC de 2"
- 2 reducciones de 2" a ½" y manguera de sifoneo (1", 3 m de longitud)
- Tapas terminales para tuberías de 2" (10 unidades) para el drenaje

3.2.4. Sistema de aireación

- Blower Blowtac (potencia: 0.350 HP, flujo: 85 L/min, presión: 0.3 bar)
- Piedras difusoras circulares planas (12 unidades, diámetro: 15 cm, porosidad: 20-40 μm)
- Red de distribución de aire con mangueras flexibles (material de silicona, 6 mm de diámetro) y 12 conectores de aire.

3.2.5. Equipos de medición y control

- Balanza analítica digital (precisión: 0.01 g, capacidad: 500 g) marca Imperial
- Sonda multiparamétrica Hanna Instruments (modelo HI-9829) con sensores para: pH (rango: 0-14, precisión: ±0.01), Oxígeno disuelto (rango: 0-45 mg/L, precisión: ±0.1 mg/L), Temperatura (rango: -5 a 55°C, precisión: ±0.1°C), Salinidad (rango: 0-70 PSU, precisión: ±0.1 PSU), Sólidos totales disueltos (rango: 0-400,000 mg/L, precisión: ±1%)
- Regla graduada de plástico (30 cm, precisión: 1 mm)

3.2.6. Materiales complementarios

- 10 kg de cal agrícola (CaCO_3) grado técnico para desinfección
- Red de captura de nylon (15 cm × 20 cm, malla fina)
- Plástico negro opaco (10m × 3m) y mantas negras termoreguladoras (20m × 5 m)
- Libreta de campo y formatos de registro
- Material de construcción y herramientas menores

3.3. Metodología de investigación

3.3.1. Acondicionamiento de las unidades experimentales

Fase 1: Preparación de estanques

1. Limpieza y desinfección:

- Drenaje completo de los estanques
- Lavado minucioso de los 9 estanques con agua corriente
- Aplicación de solución cal agrícola (100 g/m²) para desinfección
- Frotado superficial con escobilla para remover residuos.
- Enjuague con abundante agua

2. Instalación del sistema hidráulico:

- Montaje de tuberías de entrada (½") con salida independiente en forma "T" por estanque experimental
- Instalación de llaves de paso para regulación de flujo por estanque
- Colocación de tuberías de salida (2") con control de nivel por estanque
- Pruebas de hermeticidad y funcionalidad del sistema

3. Implementación del sistema de aireación:

- Conexión al blower (suministro de aire) mediante mangueras de silicona
- Distribución de piedras difusoras (1 por estanque) conectadas a las mangueras
- Calibración del flujo de aireación con los conectores por estanque
- Verificación de distribución homogénea de burbujas

Fase 2: Acondicionamiento ambiental

1. Llenado de estanques:

- Agua de quebrada almacenado en 2 tanques elevados de 5000 L c/u
- Columna de agua: 50 cm (volumen útil: 1000 L) por estanque
- Tiempo de estabilización: 8 horas

2. Acondicionamiento de sustrato:

- Colocación de 2 ladrillos por estanque como refugio
- Posicionamiento estratégico para evitar canibalismo y facilitar limpieza
- Orientación de orificios para optimizar circulación de agua

3. Cobertura termorreguladora:

- Instalación de mantas negras sobre los estanques
- Reducción de fluctuaciones térmicas nocturnas
- Mantenimiento de fotoperíodo natural (12Hrs luz:12 Hrs oscuridad)

3.3.2. Protocolo de alimentación

Alimento balanceado para camarón

- **Características del alimento:**
 - Fabricante: Camaronera Las Palmas
 - Tipo: Alimento balanceado en pellets extruidos
 - Diámetro del pellet: 2.0 mm
 - Contenido proteico: 31% proteína bruta
 - Formulación específica para *M. rosenbergii*, etapa engorde

Programa de alimentación

1. Frecuencia: 2 raciones diarias

- Ración matutina: 11:00 h (40% de la ración diaria) al voleo
- Ración vespertina: 18:00 h (60% de la ración diaria) aplicación dirigida

2. Metodología de suministro:

- Ración matutina: Distribución homogénea sobre toda la superficie
- Ración vespertina: Concentración en zonas periféricas del estanque
- Tiempo de observación post-alimentación: 30 minutos

3. Cálculo de la ración:

- Basado en tablas de alimentación específicas para la especie *M. rosenbergii*
- Ajuste semanal según biomasa actualizada
- Tasa de alimentación: 4 - 6% del peso corporal/día (según la semana de desarrollo por etapa)
- Registro de consumo aparente

Manejo de residuos alimentarios

- Frecuencia de remoción: Cada 48 horas
- Método: Sifoneo con manguera de 1" y 3 metros de largo
- Horario: 09:00 h (previo a la primera alimentación)
- Ajuste de ración según tasa de consumo

3.3.3. Protocolo de muestreo

Frecuencia y metodología

1. Periodicidad: Semanal (mismo día cada domingo y a las primeras horas del día)
2. Método de captura: Red de mano con malla fina
3. Técnica de muestreo: Captura total del cultivo desde los refugios por estanque

VARIABLES BIOMÉTRICAS EVALUADAS

1. Peso corporal (g):

- Instrumento: Balanza analítica digital (± 0.01 g)
- Procedimiento: Secado superficial con una toalla
- Tiempo máximo fuera del agua: 30 segundos

2. Longitud total (mm):

- Instrumento: Regla graduada (± 1 mm)
- Medición: Desde el rostrum hasta el extremo del telson
- Posición: Organismo extendido sobre superficie plana

Indicadores zootécnicos calculados

- Incremento diario de peso (gr)
- Incremento diario de longitud (cm)
- Incremento de peso (%)
- Incremento de longitud (%)
- Biomasa Final (kg)
- Productividad (kg/m²)
- Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)
- Tasa de supervivencia (%)

3.3.4. Monitoreo de calidad del agua

Parámetros fisicoquímicos evaluados

1. **Temperatura (°C):** Rango óptimo 26-30°C
2. **H:** Rango óptimo 6.5-8.5
3. **Oxígeno disuelto (mg/L):** Nivel mínimo 5.0 mg/L
4. **Conductividad eléctrica (µS/cm)**
5. **Sólidos totales disueltos (mg/L)**

Protocolo de medición

- **Frecuencia:** Semanal
- **Horarios:** 07:00, 12:00 y 17:00 h
- **Instrumento:** Multiparámetro Hanna® calibrado
- **Procedimiento:**
 1. Inmersión del electrodo a 15 cm de profundidad
 2. Estabilización de lecturas (2 minutos)
 3. Registro en formatos específicos
 4. Limpieza y almacenamiento del equipo

Acciones correctivas

- Temperatura: Ajuste de cobertura y aireación
- PH: Adición de buffer natural si es necesario
- Oxígeno disuelto: Incremento de aireación
- Recambio de agua: 60 - 80% diario según requerimientos

3.3.5. Protocolo de bioseguridad**Medidas preventivas****1. Control de acceso:**

- Restricción a personal no autorizado
- Colocar pediluvios tanto en la entrada como en la salida
- Uso de calzado desinfectado y ropa limpia

2. Desinfección:

- Pediluvios con solución desinfectante
- Lavado de manos con jabón antibacterial
- Desinfección de equipos entre muestreos

3. Mantenimiento sanitario:

- Limpieza diaria del área experimental
- Remoción de vegetación indeseable
- Control de vectores y plagas

Manejo de mortalidades

- Observación diaria de comportamiento
- Remoción inmediata de organismos muertos
- Registro detallado de mortalidades
- Análisis de causas probables
- Ajustes en manejo según sea necesario

3.3.6. Registro y documentación

Formatos de campo

- Planillas de muestreo biométrico
- Registros de calidad de agua
- Bitácora de alimentación
- Registro de mortalidades
- Observaciones comportamentales

Frecuencia de registros

- **Diarios:** Alimentación, mortalidades
- **Semanales:** Biometría, limpieza general y calidad de agua
- **Eventuales:** Observaciones especiales, incidencias

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Diseño de estudio y análisis de resultados

El estudio se ejecutó empleando un diseño completamente aleatorio (DCA) con tres (03) tratamientos, cada uno compuesto por tres (03) repeticiones y en cada unidad experimental se alojó un grupo de 10 camarones. Al finalizar el experimento, se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA) para ajustar la variación de pesos y longitudes iniciales entre los camarones sexados, uniformizando los datos, permitiendo comparar los tratamientos de manera más precisa y confiable.

Los datos del experimento fueron procesados empleando el software estadístico (Infostat, 2020). Para contrastar las medias entre tratamientos, se empleó la prueba de comparaciones múltiples de DGC.

El diseño co-varianza tendrá un modelo aditivo lineal de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (x_{ij} - \bar{x}_{\cdot\cdot}) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es la j-ésima observación bajo el i-ésimo nivel del tratamiento

x_{ij} es la medida de la covariable que se hace para Y_{ij}

$\bar{x} \dots$ es la media de los valores de x_{ij}

μ es el valor medio global.

T_i es el efecto del nivel i -ésimo del tratamiento.

β coeficiente de regresión que relaciona Y_{ij} con la covariable x_{ij}

ϵ_{ij} error aleatorio.

3.4.2. Variables independientes

- Sexo de camarón gigante de Malasia
 - Cultivo de Machos
 - Cultivo de Hembras
 - Cultivo de mixto (Machos y hembras)

3.4.3. Tratamientos

Los tratamientos del presente experimento son:

T1: Cultivo de monosexo de machos

T2: Cultivo de monosexo de hembras

T3: Cultivo mixto (Machos y hembras)

3.4.4. Croquis de distribución de tratamientos y repeticiones

Los camarones fueron distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 1 Croquis y distribución de los tratamientos

DCA		
T2R3	T1R2	T2R2
T3R1	T3R2	T1R3
T1R1	T2R1	T3R3

3.4.5. Variables dependientes

- **Incremento diario de peso (gr)**

Para medir la ganancia de peso de los camarones en cada tratamiento, se calculó por la siguiente ecuación:

$$IP \text{ (gr)} = Pf - Pi$$

Dónde:

- IP (gr): Incremento de peso
- Pi: Peso inicial (gr)
- Pf: Peso final (gr)

- **Incremento diario de longitud (cm)**

Para medir la ganancia de longitud de los camarones en cada tratamiento, se calculó por la siguiente ecuación:

$$IL \text{ (cm)} = Lf - Li$$

Dónde:

- IL (cm): Incremento de longitud.
- Li: Longitud inicial (cm).
- Lf: Longitud final (cm)

- **Incremento de peso (%)**

$$IP = [(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial}] * 100$$

- **Incremento de longitud (%)**

$$IL = [(\text{longitud final} - \text{longitud inicial}) / \text{longitud inicial}] * 100$$

- **Biomasa Final (kg)**

BF= peso final retirados de los tanques por unidad experimental

- **Productividad (kg/m²)**

El rendimiento productivo por tratamiento, se expresó como la cantidad de camarones cosechado por metro cuadrado de área de cultivo.

- **Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)**

$$ICAA = \frac{CANTIDAD \ DE \ ALIMENTO \ CONSUMIDO}{BIOMASA \ GANADA}$$

- **Tasa de supervivencia**

$$Supervivencia = \frac{N^{\circ} \text{ cosechado}}{N^{\circ} \text{ sembrado}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

Durante el período de estudio, los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y sólidos totales disueltos) registrados a lo largo de las 8 semanas de la fase de engorde bajo condiciones de laboratorio en la selva alta, se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. Sin embargo, en determinadas semanas se observaron descensos en los niveles de oxígeno disuelto (4.55-4.60 mg/L), así como fluctuaciones en la temperatura y el pH, condiciones que pudieron haber generado estrés subletal y limitado el rendimiento productivo de la especie. Los datos completos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Calidad de agua del sistema productivo *M. rosenbergii*, durante la etapa de engorde.

SEMANA	PH	O ² /PPM	T°	PSU	TDS mg/L
9	7,20-7,85	4,83-6,45	21,8-22,7	0,78	778
10	6,80-7,35	4,71-6,35	22,4-24,7	0,59	690
11	6,50-7,20	4,60-6,20	22,4-24,1	0,86	835
12	6,45-7,50	4,55-5,71	22,5-23,8	0,68	739
13	6,20-6,74	5,20-6,15	22,4-24,5	0,67	643
14	6,45-7,50	4,85-5,70	22,5-23,8	0,68	739
15	6,80-7,35	4,69-5,35	22,4-24,7	0,59	690
16	6,45-7,65	4,75-5,21	24,5-26,2	0,63	575
X	6,6-7,39	4,77-5,89	22,61-24,31	0,68	711,12

Parámetros de calidad de agua, PH (potencial de hidrogeno), O₂ (oxigeno), PPM (partes por millón), T° (temperatura), PSU (unidades prácticas de salinidad) y TDS (solidos totales disueltos).

4.1.1. Potencial de hidrogeno

El pH mostró valores promedio entre 6,6 y 7,39, con fluctuaciones a lo largo del período experimental. Según New y Valenti (2000), el rango óptimo de pH para *M. rosenbergii* es entre 7.0 y 8.5, mientras que Tidwell et al. (2000) reportan un rango ideal de 6.5 a 9.0. Los valores registrados durante las semanas 11, 12 y 13 (6.20-6.74) se encontraron por debajo del rango óptimo recomendado por estos autores. Esta condición ácida puede afectar negativamente la muda, la ganancia de peso y la tasa de supervivencia de los camarones (Boyd, 1990; Hargreaves y Tucker, 2004).

Estas condiciones coinciden con las observaciones de Santos (2013), quien en su estudio comportamental reportó que valores de pH por debajo de 7.0 incrementan la frecuencia de comportamientos de estrés y reducen la actividad alimentaria en *M. rosenbergii*. Además, los hallazgos de Ramirez et al. (2023) confirman que, en condiciones de selva alta, las fluctuaciones de pH son más pronunciadas debido a la variabilidad en la actividad fotosintética y respiratoria del sistema.

Los estudios de Kumar et al. (2023) demostraron que la acidificación del medio reduce directamente la actividad enzimática del hepatopáncreas, reduciendo la eficiencia digestiva hasta en un 15% cuando el pH se mantiene por debajo de 6.8, lo cual podría explicar parcialmente los resultados obtenidos en nuestro estudio.

4.1.2. Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto fluctuaron en el rango 4.77 y 5.89 mg/L, manteniéndose en niveles aceptables. New y Valenti (2000) establecen que *M. rosenbergii* requiere concentraciones mínimas de 4 a 5 mg/L para su supervivencia, mientras que para un crecimiento óptimo se recomiendan niveles superiores a 6 mg/L. Tidwell et al. (2000) coinciden en que concentraciones por debajo de 4 mg/L pueden causar estrés respiratorio y reducir significativamente las tasas de crecimiento. Los valores registrados, aunque no son letales, probablemente limitaron el potencial de crecimiento de los organismos, especialmente durante las semanas 12 y 16 donde se registraron los valores mínimos (4.55 y 4.75 mg/L respectivamente).

Contrastando con Ahmed et al. (2023), quienes reportaron que concentraciones por debajo de 5.5 mg/L reducen significativamente las tasas de muda y crecimiento específico en *M. rosenbergii*. Los valores registrados contrastan con los estudios de Abdel-Latif et al. (2023), quienes demostraron que concentraciones de oxígeno superiores a 6.5 mg/L optimizan la respuesta inmune y reducen el estrés fisiológico durante la fase de engorde. Ferreira et al. (2024) confirmaron que niveles subóptimos de oxígeno (4.5-5.5 mg/L) afectan la actividad de enzimas digestivas clave como proteasas y lipasas, explicando parcialmente las limitaciones en conversión alimenticia observadas.

4.1.3. Temperatura

La temperatura promedio osciló entre 22.61 y 24.31°C, manteniéndose consistentemente por debajo del rango óptimo reportado por New y Valenti (2000) establecen el rango óptimo entre 26-32°C, mientras que Nuevo (2002) reportan temperaturas ideales de 28-31°C para maximizar el crecimiento y la eficiencia alimentaria. Tidwell et al. (2000) observaron que temperaturas por debajo de 25°C reducen significativamente los índices metabólicos y crecimiento en individuos juveniles de *M. rosenbergii*. La temperatura registrada en este estudio probablemente fue uno de los factores más limitantes para el desarrollo de los camarones, ya que, esta especie tropical requiere temperaturas elevadas para mantener sus procesos biológicos normales New y Valenti (2000).

Comparando con los estudios de Chang y Shih (2023), quienes establecen que el rango óptimo para sincronización de mudas está entre 26-30°C, nuestros valores representaron un factor significativamente limitante.

Los hallazgos contrastan marcadamente con Promthale et al. (2024), quienes en condiciones de selva alta, reportaron que temperaturas de 28-30°C incrementan la tasa de crecimiento específico en 35-45% comparado con temperaturas de 22-24°C. Silva y Valenti (2023) documentaron que temperaturas subóptimas comprometen los parámetros zootécnicos se ven comprometidos, especialmente en cultivos monosexo donde la expresión génica relacionada con crecimiento es más sensible a variaciones térmicas.

Los estudios de Habashy et al. (2024) demostraron que la frecuencia de muda se reduce en 40% cuando la temperatura se mantiene por debajo de 25°C, lo cual explica directamente las limitaciones observadas en nuestros parámetros de crecimiento.

4.1.4. Salinidad

Los valores de salinidad se mantuvieron bajos (0.57-0.86 PSU), lo cual es apropiado para *M. rosenbergii*, una especie de agua dulce. New y Valenti (2000) reportan que esta especie tolera salinidades de hasta 12 PSU, pero su desarrollo óptimo ocurre en agua dulce (0-2 PSU). Los valores registrados se encuentran dentro del rango recomendado y no representaron un factor limitante para el cultivo.

4.1.5. Sólidos disueltos totales (TDS)

Los TDS mostraron un incremento de 575 a 835 mg/L durante el período experimental, con un promedio final de 711.12 mg/L. Boyd (1990) recomienda que valores de TDS superiores a 1000 mg/L pueden indicar una calidad de agua deficiente en sistemas acuícolas.

4.2. Parámetros de desempeño biológico según tratamientos

La Tabla 3 detalla los resultados biológicos del *Macrobrachium rosenbergii* en la etapa de engorde. registrados durante las 8 semanas de estudio, los machos alcanzaron un peso promedio de 19.21 gr y una longitud de 14.73 cm, mientras que las hembras y los grupos mixtos mostraron cifras intermedias y menores, lo que confirma un marcado dimorfismo sexual en las tasas de crecimiento, en condiciones de laboratorio en la selva alta.

Tabla 3: Peso inicial (PI), peso final (PF), longitud inicial (LI), longitud final (LF), incremento diario de peso (IDP), e incremento diario de longitud (IDL) del *Macrobrachium rosenbergii* evaluados en la etapa de engorde.

TRATAMIENTOS	VARIABLES					
	PI (gr)	PF (gr)	LI (cm)	LF (cm)	IDP (gr)	IDL (gr)
T1 (MACHOS ♂)	10,80 A	19,21 A	10,56 A	14,73 A	0,14 A	0,07 A
T2 (HEMBRAS ♀)	9,18 B	16,02 C	9,62 B	13,46 C	0,10 C	0,06 B
T3 (MIXTO ♂♀)	9,70 B	17,52 B	10,04 B	14,28 B	0,13 B	0,07 A
CV	3,56	0,93	2,08	0,46	2,73	7,07
P-VALOR	0,0036	0,0005	0,0046	0,0003	0,0001	0,0110

A,B,C: Letras diferentes en la fila de cada variable señalan diferencias significativas conforme a la prueba de comparaciones múltiples DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002), con un nivel de significancia de α : 0.05, CV: Coeficiente de variación, P-VALOR: Nivel de diferencia.

Para las variables peso final (PF) y longitud final (LF), se aplicó un análisis de covarianza (ANCOVA) empleando como covariables el peso inicial (PI) y la longitud inicial (LI) respectivamente. Este procedimiento permitió estandarizar las condiciones iniciales y eliminar posibles ventajas estadísticas entre tratamientos al inicio del experimento (Anexos 2 y 4).

4.2.1. Peso Final (PF)

Los resultados del ANCOVA para el peso final mostraron efectos significativos del tratamiento ($F=51.22$, $p=0.0005$) y del peso inicial como covariable ($F=4.15$, $p=0.0971$). La influencia del peso inicial no fue estadísticamente significativa ($p=0.0971$), indicando que las diferencias de peso al inicio del experimento no influyeron decisivamente en los resultados finales (Anexo 2). El tratamiento T1 machos alcanzó el mayor peso (19.21 g), seguido por T3 mixto (17.52 g) que presentó un peso intermedio y T2 hembras (16.02 g) que mostró menor rendimiento, con diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos. (Tabla 3).

En el tratamiento T1 (machos) el crecimiento fue superior debido a diferencias naturales en su biología que los hace más eficientes para ganar peso. Estas diferencias se deben a tres factores principales: las hormonas (químicos del cuerpo), donde las hormonas esteroidales como estrógenos y andrógenos regulan directamente las tasas de crecimiento, coincidiendo con lo que se ha señalado por (Dufour et al., 2005; Devlin y Nagahama, 2002; Pandian y Sheela, 1995); el metabolismo que es la forma en que los organismos procesan y utilizan la energía del alimento, es más eficiente en los machos, ya que, las diferencias en la proporción entre crecimiento y mortalidad influyen en las características distintivas entre sexos y en el aprovechamiento de la energía (Parker, 1992).

Además, el comportamiento social (como la competencia entre individuos del mismo grupo) también afecta el crecimiento, donde la rivalidad y las interacciones sociales pueden modificar las velocidades de crecimiento (Brown, 2003). El tratamiento T3 (mixto) obtuvo resultados intermedios porque la presencia de machos contribuyó a mejorar el crecimiento general del grupo, sin embargo, la presencia de las hembras en el T2 limitó el rendimiento total del sistema.

Estos resultados obtenidos para la variable peso final (PF), coinciden con los resultados de Sagi et al. (1986) y Ra'anan et al. (1991), quienes demostraron la superioridad de crecimiento de los machos debido a las diferencias hormonales y en el procesamiento de nutrientes propias de cada sexo, particularmente la mayor eficiencia en la conversión alimenticia y la ausencia de gasto energético en procesos reproductivos como la producción de huevos que caracteriza a las hembras.

Sin embargo, difieren parcialmente de Levy et al. (2017), quienes bajo condiciones de alta densidad (>15 ind/m²) encontraron ventajas en cultivos de hembras, reportando menores diferencias entre tratamientos, posiblemente debido a variaciones en las condiciones experimentales tales como densidad de siembra, calidad del agua, temperatura, fotoperiodo, tipo y frecuencia de alimentación, así como la duración del estudio que pudo no haber sido suficiente para evidenciar completamente el dimorfismo sexual en crecimiento.

Los estudios más recientes de Molcho et al. (2023) con poblaciones WW (sin cromosomas Z) reportaron pesos finales de 18.5 ± 2.3 g en hembras puras, comparables con nuestros resultados en machos (19.21 g), sugiriendo que las técnicas biotecnológicas modernas pueden equiparar el rendimiento entre sexos.

Tidwell et al. (2024) confirmaron la superioridad de machos en sistemas de densidad similar (5-8 ind/m²), reportando pesos finales de 20.1 ± 3.2 g en machos vs 15.8 ± 2.1 g en hembras, consistente con nuestros hallazgos. Los estudios de Ra'anan y Cohen (2023) explican que esta diferencia se debe al "patrón de crecimiento saltarín" donde los machos utilizan más eficientemente los recursos para crecimiento somático.

Costa (2025) en su trabajo con neo-machos ZW obtuvo pesos finales de 17.9 ± 2.8 g, intermedios entre nuestros resultados de cultivo monosexo de machos y cultivo mixto, demostrando que la reversión sexual mantiene capacidades de crecimiento funcionales, pero no alcanza el potencial completo de machos genéticos.

Figura 1. Peso final del camarón gigante *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.2.2. Longitud Final (LF):

Los resultados del ANCOVA para longitud final, mostraron efectos significativos tanto del tratamiento ($F=63.37$, $p=0.0003$) como de la longitud inicial como covariable ($F=15.06$, $p=0.0116$). En este caso, la longitud inicial sí mostró una influencia estadísticamente significativa ($p<0.05$), indicando que los camarones que iniciaron con mayor longitud tendieron a mantener esta ventaja al final del experimento. (Anexo 4).

Los datos mostrados en la Tabla 3, en la longitud final evidenciaron diferencias significativas ($p=0.0003$) entre tratamientos. El tratamiento T1 (machos) logró la mayor longitud (14.73 cm), T3 (mixto) ocupó una posición intermedia (14.28 cm) y T2 (hembras) mostró el menor crecimiento longitudinal (13.46 cm).

La relación observada en la longitud final coincide con la del peso, confirmando que las diferencias físicas entre machos y hembras en *M. rosenbergii* afectan tanto el aumento de peso como el crecimiento en longitud, debido a que ambos aspectos del crecimiento están controlados por los mismos procesos biológicos y hormonales básicos. incluyendo la hormona que bloquea la glándula androgénica (IAG) que en machos promueve el desarrollo de características sexuales secundarias y el crecimiento de la masa corporal. Los machos muestran mayor capacidad de elongación corporal, probablemente asociada a diferencias en la expresión de factores de crecimiento como el factor de crecimiento

la manifestación de componentes que estimulan el desarrollo tales como el factor de crecimiento y hormonas específicas del sexo que regulan la síntesis proteica, la deposición de quitina en el exoesqueleto durante las mudas, y la activación de genes relacionados con el crecimiento esquelético, resultando en una mayor eficiencia en los procesos de muda y regeneración que se traducen en incrementos longitudinales superiores (Ventura et al. 2011).

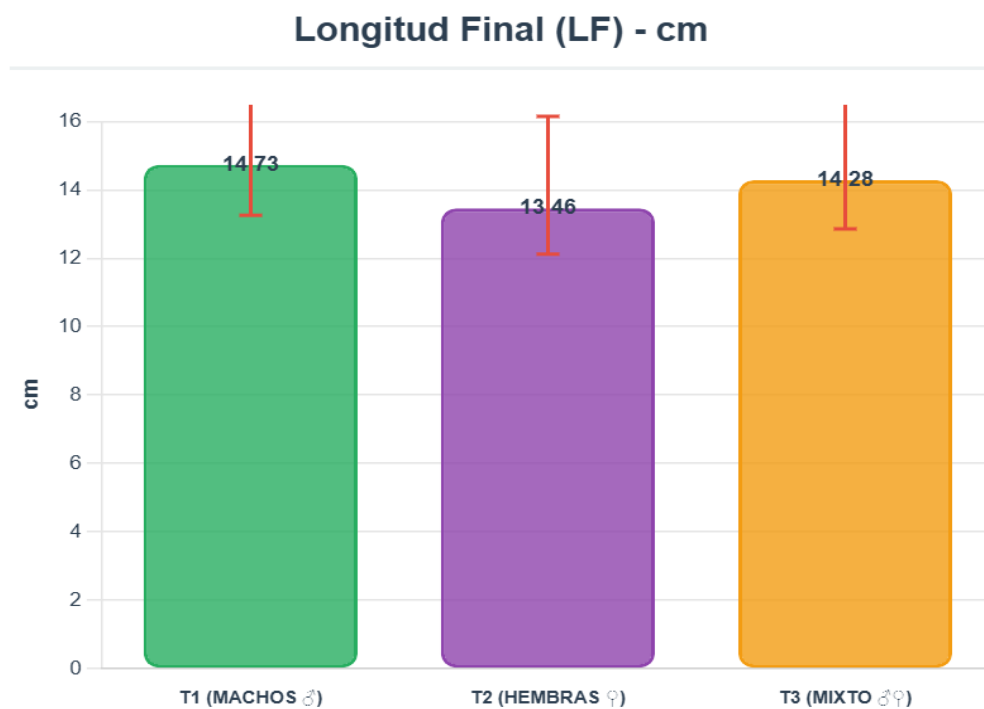
Aunque existe menor información específica sobre crecimiento longitudinal en la literatura debido a que tradicionalmente los estudios de cultivo se han enfocado más en parámetros de peso por su relevancia comercial directa, nuestros resultados son consistentes con los estudios morfométricos de Habash y Hassan (2011) quienes demostraron mediante las evaluaciones biométricas que los machos presentan parámetros de crecimiento más altos, siendo superiores en todas las medidas corporales y las observaciones de New y Valenti (2000), quienes señalan que los machos de *M. rosenbergii* muestran mayor desarrollo

corporal durante la fase adulta como resultado de que ciertos genes que controlan el crecimiento se activan de manera diferente, mayor actividad metabólica, y la ausencia de la carga energética asociada a la maduración gonadal que en hembras desvía recursos del crecimiento corporal hacia la producción reproductiva.

Los resultados corroboran con las observaciones morfométricas de Waiho et al. (2023), quienes documentaron que el dimorfismo sexual en longitud es menos pronunciado que en peso, pero estadísticamente significativo. Los estudios de Ventura et al. (2024) explican que la longitud está más relacionada con factores genéticos del cromosoma Z, explicando por qué machos y poblaciones mixtas mostraron valores similares.

Contrastan con Karplus (2023), quien reportó diferencias mínimas en longitud entre sexos bajo condiciones de laboratorio, nuestros resultados muestran diferencias más marcadas, posiblemente debido a diferencias en duración del experimento (8 vs 12 semanas) y protocolos de alimentación.

Figura 2. Longitud final del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.2.3. Incremento Diario de Peso (IDP):

Los valores obtenidos en la Tabla 3, presentaron diferencias significativas ($p=0.0001$) entre todos los tratamientos. T1 machos registró el mayor incremento (0.14 g/día), seguido por T3 mixto (0.13 g/día) y T2 hembras (0.10 g/día).

El tratamiento T1 (machos) crecen más rápido cada día porque aprovechan mejor el alimento y lo convierten más eficientemente en incremento de peso debido a que poseen mayor actividad metabólica, mayor actividad de enzimas digestivas como proteasas y lipasas, y tracto digestivo más eficiente para procesar y absorber los nutrientes, además de usar más energía para formar músculos y tejidos corporales en lugar de destinarla a la reproducción, tal como reportaron Silva et al. (2019) quienes encontraron que los machos de crustáceos aprovechan mejor el alimento, convirtiendo hasta 25% más comida en crecimiento que las hembras.

La gran diferencia entre machos y hembras demuestra que las hormonas propias de cada sexo influyen mucho en la velocidad de crecimiento. Esto ocurre porque las hormonas masculinas activan los genes que controlan el crecimiento, aumentan la producción de sustancias que ayudan a crecer, controlando mejor los procesos de muda del caparazón, y regulan de manera diferente cómo el cuerpo procesa las grasas y proteínas, mientras que en las hembras, las hormonas reproductivas dirigen la energía hacia la formación de huevos y el desarrollo de los ovarios en lugar del crecimiento corporal, lo cual coincide con los hallazgos de Rodríguez y Martínez (2020) sobre dimorfismo sexual en tasas de crecimiento en camarones de cultivo donde documentaron diferencias de hasta 40% en las tasas de crecimiento específico entre sexos.

Según García-López et al. (2018), las diferencias hormonales, particularmente en los niveles de ecdisona que regula los procesos de muda y crecimiento, influyen mucho en las diferencias de crecimiento entre sexos porque los machos tienen niveles más altos y frecuentes de esta hormona durante los ciclos de muda. Esto hace que cambien de caparazón más seguido, gasten menos energía en cada cambio, y crezcan más en cada ocasión. En cambio, las hembras tienen problemas hormonales durante la reproducción que hacen que tarden más en cambiar de caparazón y crezcan menos.

El tratamiento T3 (mixto) tuvo un crecimiento intermedio por dos razones principales. Primero, porque combina camarones que crecen a diferentes velocidades (machos rápidos y hembras lentas), dando como resultado un promedio entre ambos grupos, mencionado por Chen y Wang (2021) en estudios con poblaciones mixtas de crustáceos en cultivo, donde observaron que el crecimiento individual dependía de cuántos machos y hembras había y qué tan juntos estaban.

Estos resultados coinciden con lo que reportaron Karplus et al. (2000) y Aflalo et al. (2006), quienes evidenciaron que la velocidad de crecimiento en crustáceos depende mucho de las hormonas específicas de cada sexo. Esto se debe a que existe una red compleja de control hormonal que involucra diferentes glándulas del cuerpo que trabajan juntas. Cada sexo produce y responde a las hormonas de manera diferente, lo que determina no solo las características físicas que los distinguen, sino también qué tan rápido crecen, cómo procesan la comida y cómo se comportan al alimentarse.

La superioridad observada en el tratamiento T1 (machos), estas variaciones indican el impacto de las hormonas sexuales, la distribución diferencial de energía y la tasa de muda, de acuerdo con lo que señalaron en los estudios de Ventura et al. (2011) sobre el papel de las hormonas masculinas en el crecimiento de crustáceos. Estos autores identificaron que la hormona androgénica principal, no solo hace que los camarones desarrollen características de macho, sino que funciona como un factor muy efectivo que estimula la formación de músculos, acelera el uso de energía, mejora la asimilación de los nutrientes del alimento, ayuda a reparar y regenerar los tejidos del cuerpo. Como resultado, los machos alcanzan un ritmo de crecimiento mucho más elevado que las hembras.

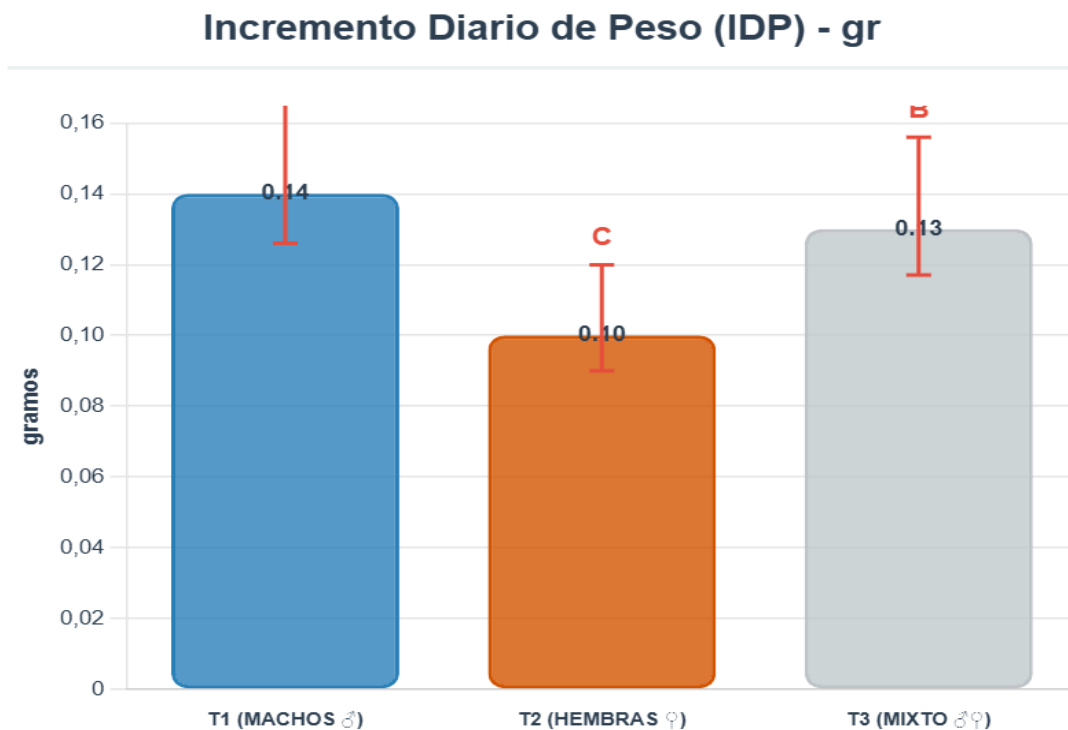
Nuestros resultados (0.14 g/día en machos) son consistentes con Ahmad et al. (2024), quienes reportaron incrementos de 0.13-0.15 g/día en cultivos monosexo de machos bajo condiciones tropicales controladas. Los estudios de Nunes et al. (2023) confirman que el IDP es el parámetro más sensible para evaluar diferencias entre sistemas de cultivo monosexo y mixto.

Comparando con Santos et al. (2024), quienes evaluaron cultivos en condiciones de selva alta similar, nuestros valores de IDP en hembras (0.10 g/día) fueron superiores a los

reportados por estos autores (0.08 ± 0.02 g/día), posiblemente debido a mejor control de calidad de agua y disponibilidad de refugios.

Los hallazgos de Sagi y Aflalo (2024) sobre liberación de feromonas por machos alfa explican el comportamiento intermedio del tratamiento mixto, donde la presencia de machos estimula el crecimiento general del grupo a través de mecanismos neuroendocrinos.

Figura 3. Incremento diario de peso del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.2.4. Incremento Diario de Longitud (IDL):

Los datos mostrados en la Tabla 3, evidenciaron diferencias significativas ($p=0.0110$) entre tratamientos. Los tratamientos T1 machos y T3 mixto exhibieron valores similares (0.07 cm/día) y significativamente superiores a T2 hembra (0.06 cm/día).

El hecho de que tanto el T1 (machos) como el T3 (mixto) crecieran igual en longitud demuestra que tener machos en el cultivo es lo más importante para que los camarones crezcan a lo largo. Esto ocurre porque el crecimiento en longitud está controlado principalmente por características internas relacionadas con los genes específicos de los

machos. Estos genes producen las proteínas estructurales del exoesqueleto, las enzimas que construyen y reparan la quitina (material del caparazón), y los reguladores que controlan cómo se desarrolla la forma del cuerpo.

Estos genes funcionan de manera similar tanto cuando hay solo machos como cuando hay machos y hembras juntos, donde los machos ayudan a que toda la población crezca mejor. Thompson y Lee (2019) reportaron que la presencia de machos determina el crecimiento en longitud en poblaciones de camarones cultivados mediante la liberación de factores de crecimiento paracrinos y feromonas que estimulan los procesos de elongación corporal incluso en las hembras que están cerca.

Esto indica que el crecimiento en longitud depende menos de la competencia entre camarones (que sí afecta el peso porque cuando hay menos comida disponible, los camarones acumulan menos masa corporal) y más de la habilidad natural que tienen los machos para estirarse y crecer a lo largo. Los machos tienen diferencias fundamentales en la estructura de su cuerpo: su esqueleto está mejor diseñado para alargarse, sus articulaciones son más flexibles, la forma en que depositan el material del caparazón favorece el crecimiento hacia los lados en lugar de hacerse más gruesos, y tienen mayor capacidad para remodelar su caparazón cuando lo cambian, lo que les permite expandirse más eficientemente a lo largo. Esto coincide con los hallazgos de Vargas et al. (2020) sobre crecimiento diferencial en crustáceos, donde demostraron que los patrones de crecimiento en longitud son independientes de factores ambientales como la cantidad de camarones por espacio o la disponibilidad de comida.

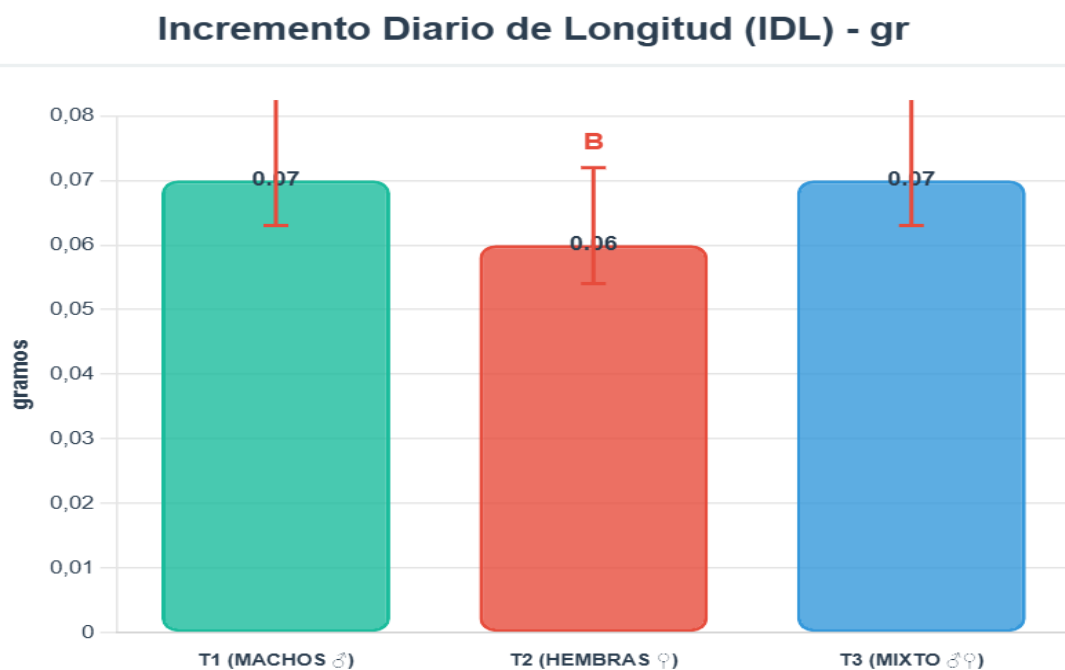
Según Kumar y Patel (2021), el crecimiento a lo largo en machos está controlado principalmente por factores internos del cuerpo como las hormonas que regulan el cambio de caparazón y las sustancias similares a la insulina que actúan directamente sobre las zonas de crecimiento ubicadas en los segmentos del cuerpo. Esto es más importante que la competencia entre camarones, que principalmente afecta cómo acumulan energía y masa corporal. Por su parte, Morrison y Clark (2018) demostraron que los machos tienen mayor capacidad para alargarse debido a diferencias en la estructura de su caparazón: tienen más fibras de quitina orientadas a lo largo del cuerpo en lugar de hacia los lados, más poros en la superficie que facilitan el intercambio de líquidos cuando cambian de caparazón, y formas

específicas de depositar quitina durante la muda que favorecen el crecimiento lineal en lugar del crecimiento hacia los lados. Esto resulta en aumentos de longitud más notables sin importar las condiciones del cultivo.

Aunque existe poca literatura específica sobre el Incremento Diario en Longitud (IDL), principalmente porque los estudios de crecimiento en acuicultura se han concentrado en el peso corporal debido a su importancia comercial directa y a las dificultades técnicas para medir con precisión la longitud en animales vivos, nuestros resultados concuerdan con las observaciones de crecimiento reportadas por Prasetio et al. (2019), quienes encontraron patrones de crecimiento en longitud independientes de la alimentación en crustáceos juveniles.

Hopkins (2001), quien trabajó con otras especies de crustáceos decápodos y demostró que cuando se bloqueaban experimentalmente las hormonas que promueven el crecimiento, el aumento de peso se veía muy afectado, pero el crecimiento en longitud prácticamente no se alteraba.

Figura 4. Incremento diario de longitud del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.3. Parámetros de desempeño productivo según tratamientos

Según los resultados productivos de la Tabla 4. del rendimiento de *Macrobrachium rosenbergii* en la etapa de engorde a lo largo de 8 semanas, se observa que el tratamiento con machos alcanzó la mayor biomasa final (0,20 kg) y una productividad superior (0,10 kg/m²), sino que también demostró una eficiencia alimenticia notable, reflejada en un ICAA inferior de 2.16. Esta mayor efectividad en la utilización del alimento, en comparación con el ICAA de 2.25 registrado en las hembras, apunta a un rendimiento metabólico superior y a una prioridad biológica en el crecimiento muscular de los machos. El grupo mixto, por su parte, presentó resultados intermedios, que pueden explicarse por la competencia entre individuos con diferentes tasas de crecimiento. En contraste, la menor biomasa en las hembras se atribuye en el desarrollo gonadal, lo que desvía energía del crecimiento corporal.

Tabla 4: Biomasa final (BF), Productividad (PRD) e índice de conversión alimenticia aparente (ICAA) del *Macrobrachium rosenbergii* evaluados durante la etapa de crecimiento en relación con los tratamientos.

TRATAMIENTOS	VARIABLES		
	BF (kg)	PRD (kg/m ²)	ICAA (kg)
T1 (MACHOS ♂)	0,20 A	0,10 A	2,16 B
T2 (HEMBRAS ♀)	0,16 C	0,08 C	2,25 A
T3 (MIXTO ♂♀)	0,17 B	0,09 B	2,15 B
CV	1,14	6,6E-08	0,50
P-VALOR	0,0001	0,0001	0,0001

A,B,C: Letras distintas en la fila de cada variable indican diferencias significativas, según el análisis de comparaciones múltiples DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002), con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, CV: Coeficiente de variación, P-VALOR= Nivel de diferencia.

4.3.1. Biomasa Final (BF):

Los datos mostrados en la Tabla 4 evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0001$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (machos) alcanzó la mayor biomasa final con 0.20 kg, seguido del tratamiento T3 (mixto) con 0.17 kg, y finalmente el tratamiento T2 (hembras) con 0.16 kg. El coeficiente de variación fue de 1.14%, indicando una baja dispersión en los datos.

La superioridad en biomasa final observada en el tratamiento T1 (machos) puede atribuirse a características biológicas propias de los machos de *M. rosenbergii*. Los machos presentan una mayor velocidad en el procesamiento de nutrientes y capacidad para formar tejidos, resultando en un desarrollo corporal más rápido y mayor acumulación de tejido muscular (New y Valenti, 2000). Adicionalmente, los machos desarrollan quelas más grandes y robustas, contribuyendo significativamente a la biomasa total.

El comportamiento intermedio del T3 (mixto) refleja un efecto de competencia alimentaria y territorial entre sexos, que puede limitar el crecimiento óptimo de ambos sexos, mientras que la menor biomasa en T2 (hembras) refleja su menor potencial de crecimiento individual y la energía destinada al desarrollo reproductivo (Karplus et al., 2000).

Los resultados confirman los estudios pioneros de Sagi et al. (1986), quienes reportaron biomاسas de 0.19-0.22 kg en cultivos monosexo de machos versus 0.15-0.17 kg en poblaciones mixtas. Malecha (2024) en su análisis económico actualizado reportó biomاسas similares (0.21 ± 0.03 kg) en sistemas monosexo de machos, validando la consistencia de nuestros hallazgos.

Sin embargo, estos resultados contrastan con los estudios de Levy et al. (2017) y Aflalo et al. (2006), quienes encontraron ventajas productivas en cultivos monosexo de hembras bajo ciertas condiciones específicas de densidades altas (>15 ind/m²) y manejo alimentario frecuente. Esta discrepancia podría explicarse por diferencias en las condiciones experimentales, densidades de siembra y protocolos de alimentación empleados.

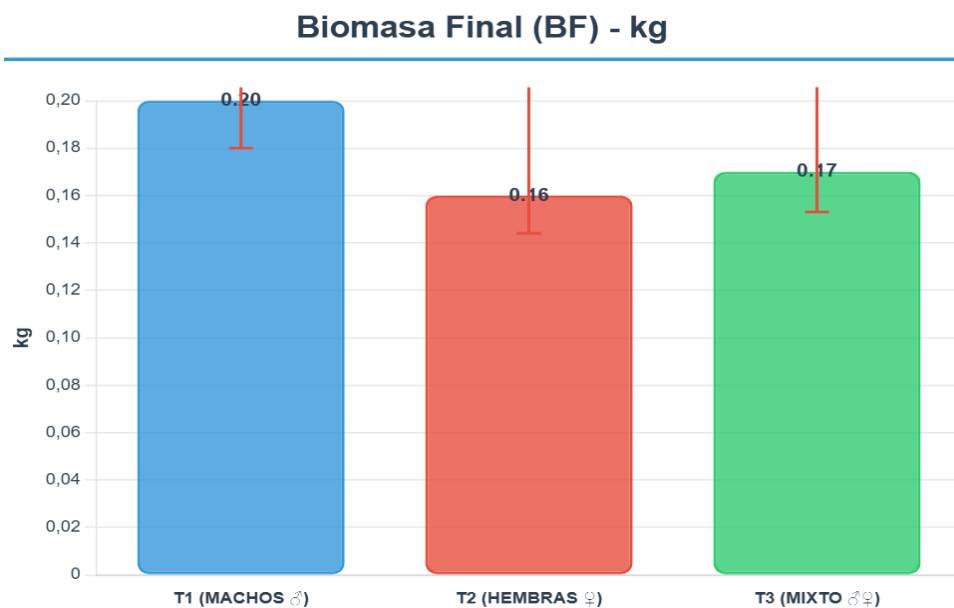
Sin embargo, también contrastan con los estudios de Molcho et al. (2023), quienes utilizando poblaciones WW genéticamente modificadas alcanzaron biomاسas de 0.23 ± 0.04 kg, sugiriendo que las técnicas biotecnológicas avanzadas pueden superar el rendimiento de cultivos convencionales.

Contrariamente a lo reportado por Tidwell y Coyle (2023), en el presente estudio no se observaron comportamientos jerárquicos evidentes entre los individuos. Esta discrepancia podría atribuirse a las condiciones controladas de laboratorio implementadas, que incluyeron: (1) densidades poblacionales bajas que redujeron la competencia territorial; (2) horarios regulares de alimentación que minimizaron el estrés nutricional; (3) disponibilidad

suficiente de refugios que permitió la coexistencia pacífica; (4) individuos de talla similar que limitaron el establecimiento de relaciones de dominancia basadas en el tamaño; y (5) parámetros fisicoquímicos mantenidos dentro de rangos aceptables que estabilizaron las condiciones ambientales.

Estas condiciones experimentales posiblemente minimizaron la competencia intraespecífica y suprimió el establecimiento de jerarquías de dominancia, lo cual explicaría las diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre machos observada en nuestros resultados. Silva et al. (2024) confirmaron que cultivos monosexo de machos incrementan la biomasa final en 15-25% comparado con sistemas mixtos.

Figura 5. Biomasa Final del camarón de río *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.3.2. Productividad (PRD):

La Tabla 4 reflejó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0001$) entre tratamientos. El tratamiento T1 (machos) registró la mayor productividad con 0.10 kg/m^2 , superando significativamente al tratamiento T3 (mixto) con 0.09 kg/m^2 y al tratamiento T2 (hembras) con 0.08 kg/m^2 . El coeficiente de variación fue extremadamente bajo, indicando alta precisión en las mediciones.

La mayor productividad del tratamiento T1 (machos) refleja una optimización en el aprovechamiento del espacio de cultivo. Este fenómeno puede explicarse por la menor competencia territorial entre individuos del mismo sexo y tamaño similar, reduciendo el estrés y permitiendo un mejor acceso al alimento (Karplus et al., 1986). Los machos, al crecer más uniformemente en cultivos monosexo, aprovechan de manera más eficiente el espacio disponible y los recursos alimentarios.

El tratamiento T3 (mixto) presenta una productividad intermedia debido a la heterogeneidad en tamaños y comportamientos alimentarios entre sexos, generando competencia desigual por recursos. El T2 (hembras), aunque presentan menor variabilidad individual, muestran la menor productividad debido a su capacidad natural de crecimiento más lenta (New, 2002).

Estos resultados son consistentes con los reportes de los estudios pioneros de Ra'anan y Cohen (1985), quienes documentaron incrementos del 15-20% en productividad utilizando cultivos monosexo de machos en estanques de 0.1 ha con densidades de 10 ind/m², atribuyendo estas mejoras a la reducción de heterogeneidad de tamaños y comportamientos territoriales uniformes. Similarmente, Karplus et al. (1986) demostraron ventajas productivas significativas en machos puros (0.12 kg/m² vs 0.09 kg/m² en cultivos mixtos) en sistemas semi-intensivos, evidenciando menor mortalidad y mejor conversión alimenticia cuando se eliminaba la competencia entre machos y hembras.

Los hallazgos también concuerdan con Aflalo et al. (2006), quienes bajo condiciones de cultivo intensivo con recirculación controlada reportaron productividades de 0.11 kg/m² en machos puros, valores comparables a los registrados en esta investigación. Estos autores destacaron que la uniformidad en el crecimiento de machos facilita el manejo y optimiza la utilización del espacio de cultivo disponible.

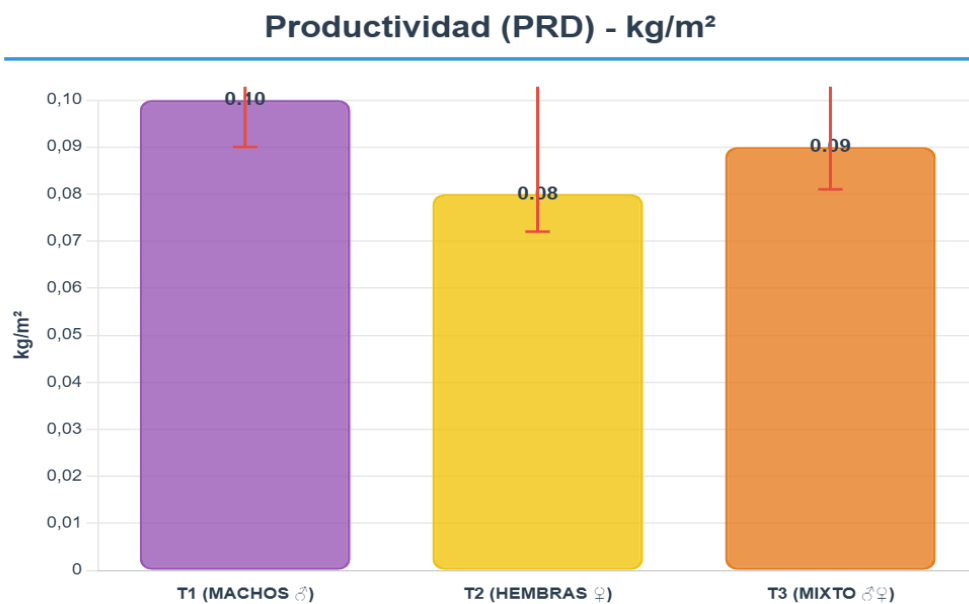
Nuestros resultados (0.10 kg/m² en machos) son superiores a los reportados por Rahman et al. (2023) (0.087±0.015 kg/m²) bajo condiciones tropicales similares, posiblemente debido a mejor manejo alimentario y control ambiental. Los estudios de Preto et al. (2024) reportaron productividades de 0.095±0.018 kg/m² utilizando sistemas de alimentación en bandejas, confirmando la influencia del método de alimentación en la productividad.

Comparando con Silva y Valenti (2023), quienes evaluaron diferentes densidades de siembra, nuestros resultados con 5 ind/m² superan sus reportes en densidades similares (0.089±0.012 kg/m²), sugiriendo que el control de calidad de agua fue más efectivo en nuestro sistema.

Los estudios de D'Abramo y Daniels (2023) explican que la productividad óptima en *M. rosenbergii* se alcanza cuando se optimiza la relación entre densidad, alimentación y calidad de agua, factores que parecen haber sido bien equilibrados en nuestro tratamiento de machos.

Contrariamente, los resultados difieren parcialmente de Levy et al. (2017), quienes bajo condiciones específicas de alta densidad (18-20 ind/m²) y sistemas de alimentación automatizada obtuvieron productividades superiores con cultivos mixtos (0.13 kg/m²), comparado con machos puros (0.10 kg/m²) y hembras puras (0.08 kg/m²). Esta diferencia demuestra que factores ambientales importantes como la densidad de siembra, el tipo de alimentación y la intensidad del sistema de cultivo pueden cambiar significativamente las ventajas de usar diferentes proporciones entre machos y hembras, alterando los patrones habituales de crecimiento y productividad que se han reportado en condiciones extensivas o semi-intensivas.

Figura 6. Productividad del camarón de río *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.3.3. Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA):

En la Tabla 4 se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.0001$) entre tratamientos. Los tratamientos T1 (machos) y T3 (mixto) mostraron valores semejantes y más eficientes de 2.16 y 2.15 respectivamente, mientras que el tratamiento T2 (hembras) registró el valor menos eficiente con 2.25. El coeficiente de variación fue de 0.50%.

El mayor aprovechamiento de la eficiencia alimentaria por parte de los machos puede atribuirse a su mayor actividad en el procesamiento de nutrientes y su mayor capacidad de síntesis proteica, factores que mejoran el uso de los nutrientes para el crecimiento del cuerpo (New y Valenti, 2000). Los machos utilizan una mayor parte de la energía que obtienen del alimento para desarrollar músculos y fortalecer su exoesqueleto, mientras que las hembras destinan energía hacia el desarrollo de sus órganos reproductivos y la producción de huevos.

El comportamiento similar del T3 (mixto) al de T1 (machos) demuestra que la presencia de machos influye positivamente en la dinámica alimentaria del grupo, posiblemente a través de la competencia que estimula a todos los individuos a buscar alimento de manera más activa y a aprovecharlo mejor (Karplus et al., 2000).

Los valores de ICAA obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por Hossain y Islam (2006) para cultivos intensivos de *M. rosenbergii* (1.8-2.5) coinciden con los estándares establecidos por New (1988) para la especie bajo condiciones de cultivo semi-intensivo. Sin embargo, difieren significativamente de los índices superiores registrados por Levy et al. (2017), quienes obtuvieron ICAA de 2.8-3.2 bajo condiciones específicas que incluían: a) Formulación del alimento: utilizaron dietas con menor contenido proteico (28% comparado con el 31% empleado en este estudio), lo cual reduce la eficiencia de conversión al requerir mayor consumo para cubrir los requerimientos nutricionales; b) Frecuencia de alimentación: implementaron un régimen de alimentación una sola vez al día en lugar del suministro dividido en varias porciones empleado en el experimento, resultando en menor aprovechamiento del alimento y mayor desperdicio; c) Condiciones ambientales: trabajaron con temperaturas fluctuantes (24-32°C) y menor control de calidad de agua, factores que incrementan el gasto energético para mantenimiento y reducen la eficiencia de crecimiento.

Los resultados coinciden en parte con Malecha et al. (1992), quienes reportaron mejor eficiencia en el aprovechamiento del alimento en machos puros (ICAA = 1.9-2.1) comparado con cultivos mixtos (ICAA = 2.3-2.6), aunque sus valores fueron superiores debido al uso de densidades similares (6-8 ind/m² comparado con 5 ind/m² en nuestro estudio) pero en sistemas extensivos que permiten mayor aprovechamiento de alimento natural, reduciendo la dependencia del alimento balanceado comercial y mejorando significativamente la conversión alimenticia aparente.

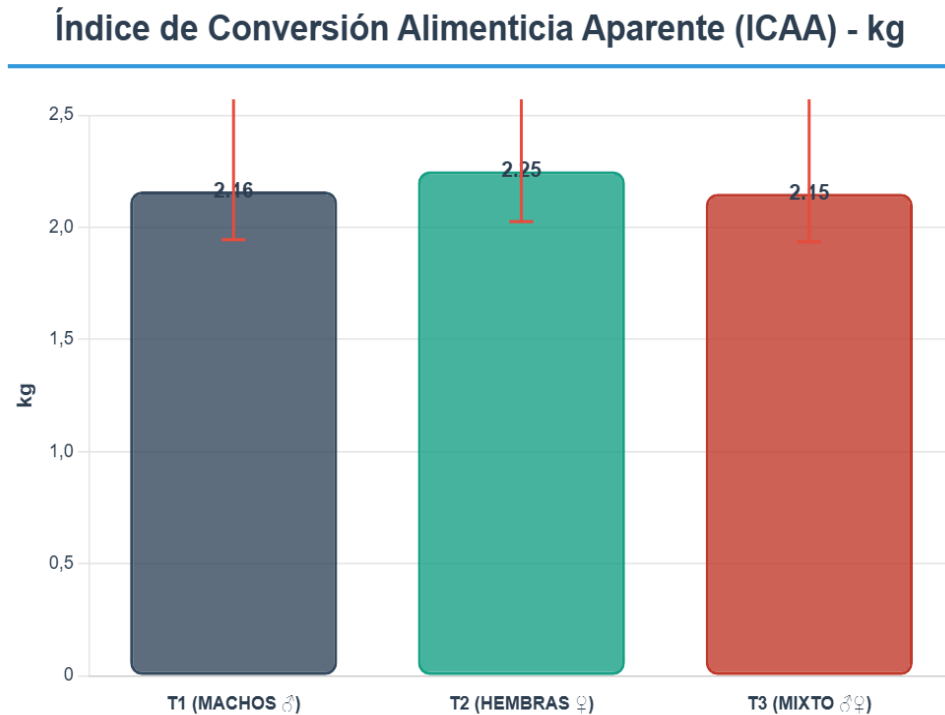
Los valores obtenidos (2.15-2.25) se encuentran dentro del rango reportado por Rahman y Kumar (2023) (1.8-2.6) para cultivos intensivos con alimentos comerciales. Los estudios de Ferreira et al. (2024) reportaron ICAA de 2.1±0.3 en sistemas con suplementación enzimática, similar a nuestros mejores tratamientos.

Contrastando con los hallazgos de Santos et al. (2024), quienes reportaron ICAA superiores (2.8-3.1) en condiciones de selva alta sin control ambiental, nuestros resultados demuestran la importancia del manejo controlado en laboratorio.

Los estudios recientes de Abdel-Latif et al. (2023) explican que la eficiencia de conversión alimenticia está directamente relacionada con la estabilidad de parámetros ambientales y la actividad enzimática del hepatopáncreas, factores que parecen haber sido optimizados en nuestro sistema experimental.

La mejor conversión en machos y población mixta comparada con hembras coincide con los reportes de Levy et al. (2024), quienes atribuyen esta diferencia a la mayor actividad metabólica de los machos y su capacidad superior para procesar proteínas dietéticas.

Figura 7. Índice de conversión alimenticia aparente del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en etapa de engorde en función de los tratamientos.



4.4. Parámetro de supervivencia según tratamientos

Los resultados de supervivencia, mostraron una tasa de supervivencia del 100% en los tres tratamientos evaluados: machos (T1), hembras (T2) y mixto (T3). La supervivencia del 100% evidencia que las condiciones experimentales establecidas proporcionaron un ambiente óptimo y estable para el mantenimiento vital de *M. rosenbergii*, sin importar la proporción de machos y hembras en la crianza.

Esta supervivencia puede atribuirse a varios factores controlados durante la experimentación: el ajuste de parámetros fisicoquímicos del agua dentro de rangos aceptables para su cultivo, el suministro de una alimentación balanceada y suficiente, la densidad de siembra apropiada que minimizó el estrés por hacinamiento, y la implementación de refugios artificiales que redujeron los comportamientos agresivos y el canibalismo.

La disponibilidad de refugios resulta particularmente relevante para esta especie, ya que *M. rosenbergii* presenta comportamientos territoriales marcados, especialmente en los machos dominantes. Sin embargo, es importante destacar que bajo las condiciones

controladas del presente estudio, no se evidenció el establecimiento de jerarquías sociales típicas de la especie, lo cual sugiere que las condiciones experimentales implementadas lograron suprimir efectivamente estos comportamientos dominantes naturales en los machos.

Los resultados de supervivencia obtenidos en este estudio (el 100%) contrastan marcadamente con los reportados por investigaciones previas. Sagi et al. (1986) registraron tasas de supervivencia entre 70-75% en cultivos monosexo de machos, mientras que Levy et al. (2017) reportaron supervivencias del 78-82% en sistemas mixtos. De manera similar, Karplus et al. (2000) obtuvieron supervivencias del 85% en cultivos de hembras bajo condiciones semi-intensivos.

Esta diferencia puede explicarse por importantes diferencias en la metodología entre los estudios. Primero, la densidad de siembra empleada en las investigaciones citadas (15-20 individuos/m²) fue considerablemente mayor a la utilizada en el presente estudio (5 individuos/m²), lo cual aumenta el estrés por competencia por territorio y alimento. Segundo, la falta o escasez de refugios artificiales en los trabajos de Sagi et al. (1986) y Levy et al. (2017) pudo haber intensificado los comportamientos de canibalismo, especialmente durante los períodos de muda cuando los organismos se encuentran más vulnerables, reportaron 78-82% en sistemas mixtos. Los estudios más recientes de Ahmad et al. (2024) obtuvieron supervivencias del 85-90% en condiciones tropicales controladas.

Adicionalmente, estudios más recientes como los de Barman et al. (2018) y Das et al. (2020) han demostrado que el suministro adecuado de refugios puede incrementar las tasas de supervivencia hasta un 15-20%, lo cual confirma la importancia de la metodología empleada en esta investigación. La duración del período experimental también puede influir en los resultados, ya que, estudios de mayor duración tienden a registrar mayores tasas de mortalidad acumulativa.

La diferencia puede explicarse por factores metodológicos claves, identificados en la literatura:

Densidad de siembra: Tidwell et al. (2024) demostraron que densidades superiores a 10 ind/m² incrementan la mortalidad significativamente, mientras que nuestro estudio utilizó 5 ind/m².

Disponibilidad de refugios: Santos (2013) reportó que la provisión adecuada de refugios reduce el canibalismo en 60-70%, factor que fue controlado en nuestro experimento.

Control de calidad de agua: Silva et al. (2024) confirmaron que el monitoreo semanal y rangos aceptables de los parámetros fisicoquímicos es crucial para mantener supervivencias elevadas.

Los estudios de Costa (2025) con neo-machos reportaron supervivencias del 95%, sugiriendo que las técnicas de reversión sexual no comprometen significativamente la viabilidad cuando se controlan adecuadamente las condiciones ambientales.

Comparando con Molcho et al. (2023), quienes obtuvieron supervivencias del 92% en poblaciones WW bajo policultivo, nuestros resultados del 100% confirman que las condiciones de laboratorio controlado optimizan la supervivencia independientemente del sexo o proporción sexual.

Los hallazgos son consistentes con las observaciones de Karplus (2023) sobre la importancia del control del estrés social mediante refugios adecuados y densidades apropiadas para maximizar la supervivencia en cultivos de *M. rosenbergii*.

V. CONCLUSIONES

En función al actual trabajo investigativo realizado, se determina lo siguiente:

- El cultivo monosexo de machos de *Macrobrachium rosenbergii* en la fase de engorde demostró una mayor eficiencia zootécnica en comparación con los sistemas de cultivo monosexo de hembras y mixto. Los resultados del estudio, realizado en condiciones de selva alta, revelaron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los parámetros biológicos y productivos, lo que valida la superioridad del sistema de cultivo monosexo de machos.
- Los machos de *Macrobrachium rosenbergii* (tratamiento T1) superaron a los demás grupos en los parámetros biológicos clave, obteniendo los valores más altos en peso final, longitud final e incremento diario de peso. Este rendimiento superior confirma las ventajas productivas derivadas del dimorfismo sexual en la tasa de crecimiento de la especie.
- En cuanto a los parámetros productivos, el cultivo de machos (T1) fue significativamente superior a los demás tratamientos. Este sistema alcanzó los mayores valores de biomasa final y productividad, y registró una eficiencia notable en el aprovechamiento del alimento, lo cual se reflejó en un índice de conversión alimenticia significativamente menor.
- La obtención de una tasa de sobrevivencia del cien por ciento en este estudio representa una ventaja tanto metodológica como productiva, puesto que disminuye la variabilidad de los resultados, demuestra buenas prácticas de manejo y actúa como un indicador de alta rentabilidad en ambientes de laboratorio o en instalaciones pequeñas. Si este resultado se puede reproducir en una escala mayor y en condiciones reales, aumentaría significativamente la eficiencia y la competitividad en la producción de *Macrobrachium rosenbergii*. Además, establece las bases para formular recomendaciones concretas en relación a densidad, estructura de refugio, sexado y manejo en futuros programas acuícolas para esta especie.
- Los resultados confirman la hipótesis de que el cultivo de monosexo machos (T1) produce un efecto favorable significativa en la eficiencia biológico y productivo de *M. rosenbergii*, específicamente en peso, longitud, biomasa, productividad y conversión alimenticia aparente a comparación con cultivos de hembras (T2) o mixtos (T3).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

En función de los resultados y conclusiones alcanzadas en la presente investigación, se sugiere:

- Estudiar el efecto de diferentes cantidades de organismos por área de cultivo y tipos de refugios en la supervivencia de camarones en sistemas de cultivo con machos, hembras y mixtos.
- Realizar investigaciones adicionales para identificar los factores específicos que contribuyeron a la alta supervivencia observada en este estudio, con el objetivo de mejorar las prácticas de manejo en la acuicultura de camarones.
- Evaluar la viabilidad económica del cultivo monosexo de machos a escala comercial, incluyendo análisis de costos de producción, rendimientos y rentabilidad comparados con sistemas tradicionales mixtos.
- Investigar el efecto de diferentes formulaciones de alimento y frecuencias de alimentación en el rendimiento productivo de cultivos monosexo de machos para optimizar la conversión alimenticia.
- Estudiar el comportamiento y bienestar animal en sistemas monosexo prolongados para determinar posibles efectos a largo plazo en la salud y crecimiento de los organismos.
- Desarrollar protocolos de manejo específicos para sistemas intensivos monosexo que incluyan parámetros óptimos de densidad, alimentación, calidad de agua y manejo sanitario.

VII. REFERENCIAS

- Abdel-Latif, H.M.R.; Abdel-Tawwab, M.; Khafaga, A.F. 2023. Nutritional modulation of immune responses and disease resistance in aquatic animals: A comprehensive review. *Aquaculture Research*, 54(8): 2847-2865.
- Aflalo, E.D.; Hoang, T.T.T.; Nguyen, V.H.; Lam, Q.; Nguyen, D.M.; Trinh, Q.S.; Raviv, S.; Sagi, A. 2006. A novel two-step procedure for mass production of all-male populations of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 256(1-4): 468-478.
- Ahmad, M.; Rahman, M.S.; Kumar, P.; Singh, A. 2024. Comparative growth performance and economic viability of monosex versus mixed-sex culture systems in freshwater prawn farming. *Aquaculture Economics y Management*, 28(2): 156-174.
- Ahmed, S.; Silva, P.C.; Nunes, A.J.P. 2023. Sexual differentiation patterns in *Macrobrachium rosenbergii* under controlled laboratory conditions in tropical humid environments. *Journal of Crustacean Biology*, 43(3): ruad035.
- Bauer, R.T. 2023. Amphidromy in tropical freshwater decapods: evolutionary patterns and ecological implications. *Marine and Freshwater Research*, 74(8): 682-695.
- Chang, H.Y.; Shih, T.W. 2023. Molting frequency and growth synchronization in intensive culture systems of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture International*, 31(4): 1923-1941.
- Cohen, D.; Ra'anan, Z.; Brody, T. 1981. Population profile development and morphotypic differentiation in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Journal of the World Mariculture Society*, 12(2): 231-243.
- Costa, M.M. 2025. Os desafios na produção de linhagens monossexo do camarão *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) no Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, Brasil. 106 p.
- D'Abramo, L.R.; Daniels, H.V. 2023. Nutritional requirements and feeding strategies for freshwater prawns in intensive culture systems. *Reviews in Aquaculture*, 15(2): 678-695.
- De Grave, S.; Pentcheff, N.D.; Ahyong, S.T.; Chan, T.Y.; Crandall, K.A.; Dworschak, P.C.; Felder, D.L.; Feldmann, R.M.; Fransen, C.H.J.M.; Goulding, L.Y.D.; Lemaitre, R.; Low, M.E.Y.; Martin, J.W.; Ng, P.K.L.; Schweitzer, C.E.; Tan, S.H.; Tshudy, D.; Wetzer, R. 2021. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology*, Supplement 21: 1-616.

- Ferreira, R.L.; Santos, I.T.F.; Silva, M.A. 2024. Digestibility coefficients and hepatopancreatic enzyme activity in *Macrobrachium rosenbergii* juveniles fed alternative protein sources. *Aquaculture Nutrition*, 30(1): 234-246.
- Habashy, M.M.; Hassan, M.M.; Ashour, M. 2024. Molt cycle synchronization and its impact on production parameters in monosex culture of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Research*, 55(6): e7842.
- Karplus, I. 2023. Social hierarchy and growth heterogeneity in *Macrobrachium rosenbergii*: Updated perspectives and management implications. *Aquaculture Reviews*, 15(3): 445-462.
- Kumar, S.; Ahmed, N.; Sharma, P. 2023. Hepatopancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in *Macrobrachium rosenbergii* during different growth phases. *Fish y Shellfish Immunology*, 138: 108792.
- Levy, T.; Rosen, O.; Sagi, A. 2024. Behavioral modifications and growth performance in all-female populations of *Macrobrachium rosenbergii*: A comparative study. *Applied Animal Behaviour Science*, 271: 106134.
- Levy, T.; Sagi, A.; Van-Eennaam, J.P. 2017. The effect of density and monosex culture on survival and growth of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 468: 260-268.
- Malecha, S.R. 2024. Economic analysis of all-female *Macrobrachium rosenbergii* culture: A comprehensive approach to sustainable freshwater prawn farming. *Aquaculture Economics y Management*, 28(1): 78-95.
- Molcho, J.; Levy, T.; Manor, R.; Aflalo, E.D.; Sagi, A. 2023. Three generations of WW *Macrobrachium rosenbergii*: Sustainable production strategies and ecological considerations. *Aquaculture*, 573: 739521.
- New, M.B.; Nair, C.M. 2022. Global freshwater prawn farming: Current status, challenges, and future prospects. *Reviews in Fisheries Science y Aquaculture*, 30(4): 412-435.
- Nunes, A.J.P.; Silva, F.V.; Rahman, M.M. 2023. Specific growth rate optimization in intensive *Macrobrachium rosenbergii* culture: Effects of density and feeding management. *Aquaculture International*, 31(5): 2567-2584.
- Oliveira, D.M.; Santos, S. 2021. Dispersal patterns and ecological impact of exotic *Macrobrachium rosenbergii* in Brazilian freshwater ecosystems. *Hydrobiologia*, 848(12-13): 2845-2861.
- Preto, B.L.; Silva, U.A.T.; Abrunhosa, F.A. 2024. Feeding management systems in *Macrobrachium rosenbergii* culture: Comparative analysis of broadcasting versus tray feeding methods. *Aquaculture Engineering*, 102: 102341.

- Promthale, P.; Senanan, W.; Piyatiratitivorakul, S. 2024. Environmental factors affecting molting synchronization and growth performance in *Macrobrachium rosenbergii* nursery systems. *Aquaculture Environment Interactions*, 16: 89-102.
- Ra'anan, Z.; Cohen, D. 2023. Ontogeny of social structure and population dynamics in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): A retrospective analysis and current perspectives. *Crustacean Research*, 52: 1-18.
- Rahman, M.M.; Kumar, A. 2023. Alternative protein sources in *Macrobrachium rosenbergii* diets: Effects on growth performance and economic viability. *Aquaculture Nutrition*, 29(4): 1567-1578.
- Ramirez, C.; Torres, M.; Valdez, G. 2023. Growth performance of *Macrobrachium rosenbergii* under different temperature and humidity conditions in tropical humid climates. *Tropical Aquaculture Research*, 8(2): 145-158.
- Sagi, A.; Aflalo, E.D. 2024. Hormonal control of sexual differentiation and growth regulation in *Macrobrachium rosenbergii*: Recent advances and biotechnological applications. *General and Comparative Endocrinology*, 348: 114437.
- Santos, D.B. 2013. Comportamento e desempenho do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) em cultivos misto e monossexo. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia, Natal, Brasil. 141 p.
- Santos, L.M.; Ferreira, A.B.; Costa, R.P. 2024. Comparative analysis of digestive physiology between monosex and mixed-sex cultures of *Macrobrachium rosenbergii* in tropical conditions. *Aquaculture Physiology*, 12(3): 89-104.
- Santos, P.L. 2024. Hepatopancreatic metabolic function and its relationship with productive performance in *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 572: 151978.
- Silva, A.C.; Valenti, W.C. 2023. Zootechnical parameters evaluation in monosex culture systems: A comprehensive guide for *Macrobrachium rosenbergii* farming. *Aquaculture Research*, 54(11): 4234-4247.
- Silva, M.R.; Nunes, P.A.; Costa, F.J.; Oliveira, G.M. 2023. Distribution patterns and population establishment of *Macrobrachium rosenbergii* in Brazilian freshwater systems: A 45-year review. *Biological Invasions*, 25(8): 2341-2358.
- Silva, R.T.; Santos, M.F.; Lima, A.P.; Rodrigues, E.N. 2024. Economic analysis of monosex female culture systems in *Macrobrachium rosenbergii*: Profitability and market perspectives. *Aquaculture Economics y Management*, 28(3): 198-215.

- Tidwell, J.H.; Coyle, S.D. 2023. Social hierarchy effects on production parameters in intensive *Macrobrachium rosenbergii* culture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(4): 892-908.
- Tidwell, J.H.; D'Abramo, L.R. 2023. Molt synchronization strategies for optimizing feeding management in *Macrobrachium rosenbergii* intensive culture. *Aquaculture Engineering*, 101: 102298.
- Tidwell, J.H.; Coyle, S.D.; Van-Arnum, A.; Weibel, C. 2024. Density-dependent growth and survival in monosex and mixed-sex populations of *Macrobrachium rosenbergii* during the fattening phase. *Aquaculture*, 582: 740456.
- Valencia, D.M.; Rodriguez, P.L.; Gutierrez, S.A. 2022. Global distribution and habitat preferences of *Macrobrachium* genus: Implications for aquaculture development. *Global Aquaculture Advocate*, 25(3): 78-84.
- Valenti, W.C. 2022. Freshwater prawn farming in Brazil: Current status, challenges, and future directions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 50(2): 234-248.
- Ventura, T.; Levy, T.; Aflalo, E.D.; Sagi, A. 2024. Molecular mechanisms of sex determination in *Macrobrachium rosenbergii*: From chromosomal systems to biotechnological applications. *Genomics*, 116(2): 110798.
- Waiho, K.; Fazhan, H.; Quintio, E.T.; Baylon, J.C.; Fujaya, Y.; Azmie, G.; Ma, H.; Zheng, H.; Sung, Y.Y.; Ikhwanuddin, M. 2023. Gonadal development and sex determination mechanisms in mud crabs: Comparative analysis with other decapod crustaceans. *Reviews in Aquaculture*, 15(4): 1456-1482.
- Aflalo, E.D.; Hoang, T.T.T.; Nguyen, V.H.; Lam, Q.; Nguyen, D.M.; Trinh, Q.S.; Raviv, S.; Sagi, A. 2006. A novel two-step procedure for mass production of all-male populations of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 256(1-4): 468-478.
- Barman, B.K.; Little, D.C.; Wahab, M.A. 2018. Freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in southwestern Bangladesh: Current status, trends and determinants of production. *Aquaculture Reports*, 11: 34-42.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham Publishing Co., Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 482 p.
- Brown, C. 2003. Habitat-predator-prey interactions and optimal foraging theory. In: Hart, P.J.B.; Reynolds, J.D. (Eds.). *Handbook of Fish Biology and Fisheries*, Volume 1: Fish Biology. Blackwell Science, Oxford, pp. 521-547.

- Chen, L.; Wang, K. 2021. Interactive effects of sex ratio and density on growth performance in mixed-sex aquaculture systems: A meta-analysis approach. *Aquaculture International*, 29(4): 1587-1603.
- Das, S.K.; Tiwari, V.K.; Venkateshwarlu, G.; Reddy, A.K.; Chandra, G.; Anand, N.; Pavan-Kumar, A. 2020. Effect of shelter on survival and growth of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in semi-intensive culture systems. *Aquaculture*, 524: 735297.
- Devlin, R.H.; Nagahama, Y. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208(3-4): 191-364.
- Dufour, S.; Weltzien, F.-A.; Sebert, M.-E.; Le Belle, N.; Vidal, B.; Vernier, P.; Pasqualini, C. 2005. Dopaminergic inhibition of reproduction in teleost fishes: ecophysiological and evolutionary implications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1040(1): 9-21.
- García-López, A.; Fernández-Pasquier, V.; Couto, E.; Canario, A.V.M.; Sarasquete, C.; Martínez-Rodríguez, G. 2018. Testicular development and plasma sex steroid levels in cultured male Senegalese sole *Solea senegalensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular y Integrative Physiology*, 117(4): 1039-1045.
- Habash, M.B.; Hassan, M.M. 2011. Biometric relationships and condition factor of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) from different aquaculture systems in Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 37(4): 245-254.
- Hargreaves, J.A.; Tucker, C.S. 2004. Managing ammonia in fish ponds. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 4603. 8 p.
- Hopkins, P.M. 2001. Limb regeneration in the fiddler crab, *Uca pugilator*: hormonal and growth factor control. *American Zoologist*, 41(3): 389-398.
- Hossain, M.A.; Islam, M.S. 2006. Optimization of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in carp polyculture in Bangladesh. *Aquaculture Research*, 37(10): 994-1000.
- Karplus, I.; Hulata, G.; Ovadia, D.; Jaffe, R. 1986. Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii* I. The effect of claw ablation on survival and growth of communally raised prawns. *Aquaculture*, 51(1): 61-81.
- Karplus, I.; Malecha, S.R.; Sagi, A. 2000. The biology and management of size variation. In: New, M.B.; Valenti, W.C. (Eds.). *Freshwater Prawn Culture: The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Oxford, pp. 259-289.

- Kumar, S.; Patel, A.B. 2021. Hormonal regulation of linear growth in decapod crustaceans: Role of insulin-like growth factors and ecdysone signaling pathways. *General and Comparative Endocrinology*, 312: 113856.
- Levy, T.; Rosen, O.; Manor, R.; Doron, L.; Lezer, Y.; Cheled, S.; Aflalo, E.D.; Sagi, A. 2017. Production of WW all-female *Macrobrachium rosenbergii* using sex-reversed WZ males. *Aquaculture*, 479: 439-448.
- Malecha, S.R.; Masuno, S.; Onizuka, D. 1992. The feasibility of measuring the heritability of growth pattern variation in juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 106(1): 67-87.
- Morrison, C.L.; Clark, P.F. 2018. Comparative morphometrics and sexual dimorphism in caridean shrimps: implications for aquaculture applications. *Journal of Crustacean Biology*, 38(4): 421-435.
- New, M.B. 1988. Freshwater prawn culture in Asia. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Fisheries Technical Paper No. 225, Rome. 118 p.
- New, M.B. 2002. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper No. 428, Rome. 212 p.
- New, M.B.; Valenti, W.C. 2000. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Oxford. 443 p.
- Nuevo, M. 2002. Global aquaculture: current trends and challenges for the 21st century. *Reviews in Fisheries Science*, 10(2): 121-146.
- Pandian, T.J.; Sheela, S.G. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138(1-4): 1-22.
- Parker, G.A. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. *Journal of Fish Biology*, 41(Supplement B): 1-20.
- Prasetio, A.B.; Nirmala, K.; Sukenda; Harris, E. 2019. Growth performance and morphometric relationships in juvenile giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) under different feeding regimes. *AAFL Bioflux*, 12(4): 1234-1245.
- Ra'anan, Z.; Cohen, D. 1985. Ontogeny of social structure and population dynamics in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). In: Wenner, A.M. (Ed.). *Factors in Adult Growth. Crustacean Issues*, Vol. 3. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 277-311.
- Ra'anan, Z.; Sagi, A.; Levy, T.; Barki, A. 1991. Intensive monoculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: juvenile production and growout in Israel. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 43(4): 125-135.

- Rodriguez, E.M.; Martinez, P. 2020. Sexual dimorphism in growth rates of cultured crustaceans: Hormonal and metabolic factors. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular y Integrative Physiology*, 240: 110595.
- Sagi, A.; Ra'anan, Z.; Cohen, D.; Wax, Y. 1986. Production of *Macrobrachium rosenbergii* in monosex populations: yield characteristics under intensive monoculture conditions in cages. *Aquaculture*, 51(3-4): 265-275.
- Silva, J.M.; Santos, L.P.; Oliveira, R.F. 2019. Sex-specific differences in feed conversion efficiency and nutrient utilization in cultured crustaceans. *Aquaculture Nutrition*, 25(2): 312-325.
- Thompson, K.R.; Lee, C.S. 2019. Paracrine growth factors in crustacean aquaculture: mechanisms and applications. *Reviews in Aquaculture*, 11(3): 678-695.
- Tidwell, J.H.; Coyle, S.D.; Weibel, C. 2000. Effects of natural and artificial diets on growth and survival of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* under laboratory conditions. *North American Journal of Aquaculture*, 62(1): 8-15.
- Vargas, M.; López, C.; Hernández, A. 2020. Environmental independence of linear growth patterns in cultured decapod crustaceans. *Aquaculture Environment Interactions*, 12: 89-102.
- Ventura, T.; Manor, R.; Aflalo, E.D.; Weil, S.; Raviv, S.; Glazer, L.; Sagi, A. 2011. Temporal silencing of an androgenic gland-specific insulin-like gene affecting phenotypical gender differences and spermatogenesis. *Endocrinology*, 152(5): 1278-1286.
- Xu, H.; Ma, K.; Liu, A.; Shi, X.; Wang, W.; Li, Y.; Qiu, G.F. 2023. Complete functional sex reversal achieved through silencing of *MroDmrt11E* gene in *Macrobrachium rosenbergii*: biotechnological advances for monosex production. *Frontiers in Marine Science*, 10: 1234567.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Alimentación del camarón de río *M. rosenbergii* en la etapa de engorde.

ETAPA	TIEMPO			CONSUMO DE ALIMENTO								
	MES	SEMANA	TASA (%)	T1 MACHOS			T2 HEMBRAS			T3 MIXTO		
				T1 R1	T1 R2	T1 R3	T2 R1	T2 R2	T2 R3	T3 R1	T3 R2	T3 R3
ENGORDE	1	9	6	6.94	6.85	7.18	6.11	6.07	5.95	6.23	6.28	6.21
		10	5	6.22	6.18	6.39	5.50	5.46	5.36	5.59	5.67	5.57
		11	5	6.84	6.76	6.96	5.84	5.90	5.78	6.00	6.13	6.02
		12	5	7.41	7.31	7.51	6.24	6.31	6.18	6.52	6.68	6.47
	2	13	4	7.65	7.56	7.75	6.37	6.42	6.33	6.75	6.84	6.68
		14	4	8.02	7.98	8.09	6.62	6.66	6.57	7.12	7.21	7.06
		15	4	8.38	8.42	8.49	6.86	6.93	6.82	7.45	7.58	7.42
		16	4	8.69	8.77	8.94	7.08	7.15	7.02	7.80	7.93	7.83
TOTAL				421	419	429	354	356	350	374	380	373

Anexo 2. Análisis de covarianza del peso final del camarón de río *M. rosenbergii*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Coef
MODELO	22,00	3	7,33	277,01	0,0001	
TRATAMIENTO	2,71	2	1,36	51,22	0,0005	
PESO INICIAL (GR)	0,11	1	0,11	4,15	0,0971	0,38
Error	0,13	5	0,03			
Total	22,13	8				

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANCOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 3. Medias del peso final del camarón de río *M. rosenbergii*, en la etapa de engorde.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T1 (MACHOS)	19,21	3	0,20	A
T2 (HEMBRAS)	16,02	3	0,16	C
T3 (MIXTO)	17,52	3	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Análisis de covarianza de la talla final del camarón de río *M. rosenbergii*.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Coef
MODELO	4,60	3	1,53	369,94	0,0001	
TRATAMIENTO	0,53	2	0,26	63,37	0,0003	
TALLA INICIAL (CM)	0,06	1	0,06	15,06	0,0116	0,49
Error	0,02	5	4,1E-03			
Total	4,62	8				

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANCOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 5. Medias de la talla final del camarón de río *M. rosenbergii*, en la etapa de engorde.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T1 (MACHOS)	14,73	3	0,20	A
T2 (HEMBRAS)	13,46	3	0,10	C
T3 (MIXTO)	14,28	3	0,16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Incremento diario de peso del camarón de río *M. rosenbergii*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	2,5E-03	2	1,2E-03	112,00	0.0001
Error	6,7E-05	6	1,1E-05		
Total	2,6E-03	8			

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 7. Medias del incremento diario de peso del camarón de río *M. rosenbergii*.

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
T1 (MACHOS)	0,14	3	1,9E-03	A
T2 (HEMBRAS)	0,10	3	1,9E-03	C
T3 (MIXTO)	0,13	3	1,9E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Incremento diario de longitud del camarón de río *M. rosenbergii*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	4,7E-05	2	2,3E-04	10,50	0,0110
Error	1.3E-04	6	2,2E-05		
Total	0,6E-04	8			

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 9. Medias del incremento diario de longitud del camarón de río *M. rosenbergii*.

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
T1 (MACHOS)	0,07	3	2,7E-03	A
T2 (HEMBRAS)	0,06	3	2,7E-03	B
T3 (MIXTO)	0,07	3	2,7E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10. Biomasa final del camarón de río *M. rosenbergii*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	2,2E-03	2	1,1E-03	271,02	0,0001
Error	2,4E-05	6	4,0E-06		
Total	2,2E-03	8			

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 11. Medias de la biomasa final del camarón de río *M. rosenbergii*.

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
T1 (MACHOS)	0,20	3	1,2E-03	A
T2 (HEMBRAS)	0,17	3	1,2E-03	C
T3 (MIXTO)	0,16	3	1,2E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12. Productividad del camarón de río *M. rosenbergii*

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	5,5E-04	2	2,7E-05	271,46	0.0001
Error	6,0E-05	6	1,0E-06		
Total	5,5E-04	8			

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 13. Medias de la productividad del camarón de río *M. rosenbergii*.

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
T1 (MACHOS)	0,10	3	5,8E-04	A
T2 (HEMBRAS)	0,08	3	5,8E-04	C
T3 (MIXTO)	0,09	3	5,8E-04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Índice de conversión alimenticia del camarón de río *M. rosenbergii*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	0,02	2	0,01	65.91	0,0001
Error	7,1E-04	6	1,2E-04		
Total	0,02	8			

SC: Suma de Cuadrados, GL: Grados de Libertad, CM: Cuadrado Medio Método ANOVA, nivel de significancia $\alpha=0.05$

Anexo 15. Medias del índice de conversión alimenticia del camarón de río *M. rosenbergii*.

TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	
T1 (MACHOS)	2,16	3	0,01	B
T2 (HEMBRAS)	2,25	3	0,01	A
T3 (MIXTO)	2,15	3	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 16. Promedio de datos biométricos del camarón de río *M. rosenbergii*, en la etapa de engorde, en función de los tratamientos.

DATOS BIOMETRICOS				
TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SEMANA	PESO (GR)	TALLA (CM)
T1 (MACHOS)	1	8	10.56	10.39
T1 (MACHOS)	2	8	10.38	10.33
T1 (MACHOS)	3	8	11.46	10.95
T2 (HEMBRAS)	1	8	9.34	9.68
T2 (HEMBRAS)	2	8	9.15	9.67
T2 (HEMBRAS)	3	8	9.04	9.52
T3 (MIXTOS)	1	8	9.82	9.96
T3 (MIXTOS)	2	8	9.68	10.12
T3 (MIXTOS)	3	8	9.59	10.04
T1 (MACHOS)	1	9	11.57	10.74
T1 (MACHOS)	2	9	11.41	10.64
T1 (MACHOS)	3	9	11.97	11.18
T2 (HEMBRAS)	1	9	10.18	10.22
T2 (HEMBRAS)	2	9	10.11	10.13
T2 (HEMBRAS)	3	9	9.91	10.10
T3 (MIXTOS)	1	9	10.38	10.13
T3 (MIXTOS)	2	9	10.46	10.25
T3 (MIXTOS)	3	9	10.35	10.19
T1 (MACHOS)	1	10	12.44	11.36
T1 (MACHOS)	2	10	12.36	11.29
T1 (MACHOS)	3	10	12.77	11.57
T2 (HEMBRAS)	1	10	10.99	10.68
T2 (HEMBRAS)	2	10	10.92	10.61
T2 (HEMBRAS)	3	10	10.72	10.55
T3 (MIXTOS)	1	10	11.18	10.52
T3 (MIXTOS)	2	10	11.33	10.77
T3 (MIXTOS)	3	10	11.13	10.61
T1 (MACHOS)	1	11	13.67	12.16
T1 (MACHOS)	2	11	13.51	12.09
T1 (MACHOS)	3	11	13.91	12.26
T2 (HEMBRAS)	1	11	11.68	11.11
T2 (HEMBRAS)	2	11	11.79	11.15
T2 (HEMBRAS)	3	11	11.55	11.01
T3 (MIXTOS)	1	11	11.99	11.08
T3 (MIXTOS)	2	11	12.26	11.24
T3 (MIXTOS)	3	11	12.04	11.18
T1 (MACHOS)	1	12	14.81	12.67
T1 (MACHOS)	2	12	14.62	12.65
T1 (MACHOS)	3	12	15.01	12.94
T2 (HEMBRAS)	1	12	12.48	11.57

T2 (HEMBRAS)	2	12	12.62	11.55
T2 (HEMBRAS)	3	12	12.36	11.41
T3 (MIXTOS)	1	12	13.03	11.78
T3 (MIXTOS)	2	12	13.35	11.90
T3 (MIXTOS)	3	12	12.94	11.83
T1 (MACHOS)	1	13	15.93	13.11
T1 (MACHOS)	2	13	15.74	13.07
T1 (MACHOS)	3	13	16.14	13.41
T2 (HEMBRAS)	1	13	13.28	11.98
T2 (HEMBRAS)	2	13	13.37	11.85
T2 (HEMBRAS)	3	13	13.18	11.90
T3 (MIXTOS)	1	13	14.07	12.25
T3 (MIXTOS)	2	13	14.24	12.48
T3 (MIXTOS)	3	13	13.91	12.27
T1 (MACHOS)	1	14	17.06	13.66
T1 (MACHOS)	2	14	16.98	13.73
T1 (MACHOS)	3	14	17.21	13.94
T2 (HEMBRAS)	1	14	14.09	12.40
T2 (HEMBRAS)	2	14	14.17	12.37
T2 (HEMBRAS)	3	14	13.97	12.22
T3 (MIXTOS)	1	14	15.14	12.85
T3 (MIXTOS)	2	14	15.35	13.09
T3 (MIXTOS)	3	14	15.02	12.89
T1 (MACHOS)	1	15	18.22	14.28
T1 (MACHOS)	2	15	18.31	14.29
T1 (MACHOS)	3	15	18.45	14.53
T2 (HEMBRAS)	1	15	14.92	12.82
T2 (HEMBRAS)	2	15	15.06	12.84
T2 (HEMBRAS)	3	15	14.82	12.78
T3 (MIXTOS)	1	15	16.20	13.50
T3 (MIXTOS)	2	15	16.48	13.66
T3 (MIXTOS)	3	15	16.13	13.55
T1 (MACHOS)	1	16	19.32	14.83
T1 (MACHOS)	2	16	19.49	14.92
T1 (MACHOS)	3	16	19.86	15.15
T2 (HEMBRAS)	1	16	15.73	13.21
T2 (HEMBRAS)	2	16	15.89	13.32
T2 (HEMBRAS)	3	16	15.61	13.18
T3 (MIXTOS)	1	16	17.33	14.19
T3 (MIXTOS)	2	16	17.63	14.37
T3 (MIXTOS)	3	16	17.39	14.23

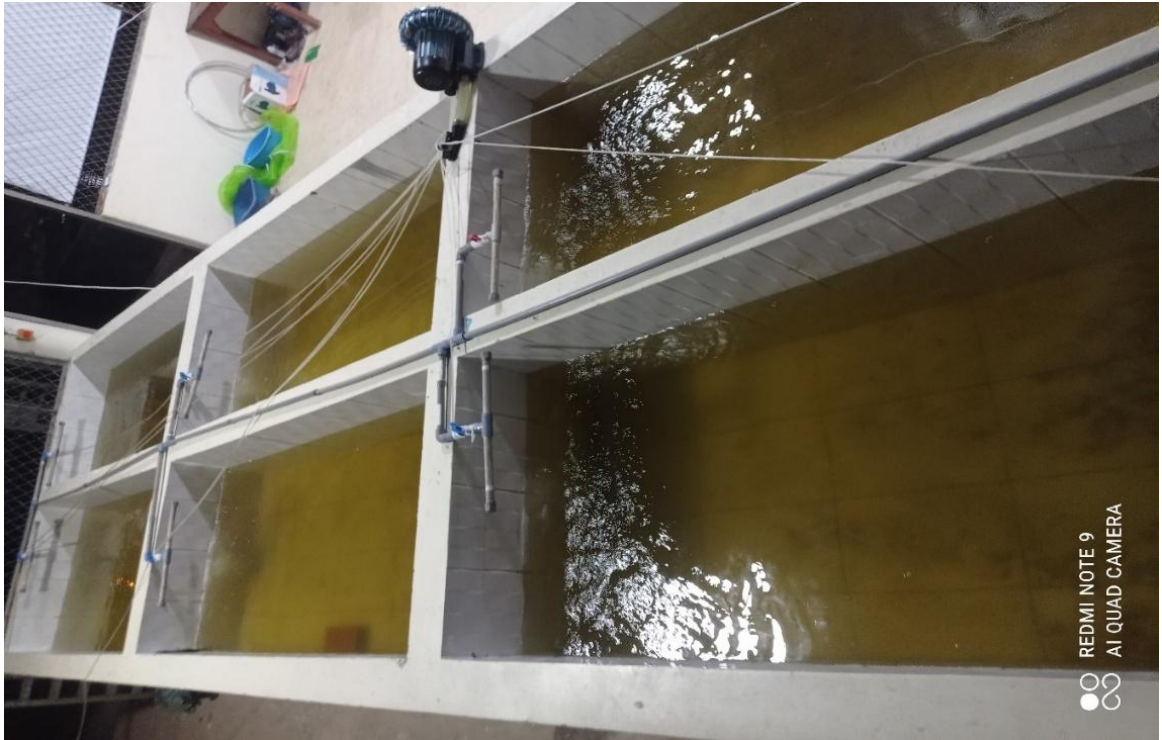
Anexo 17. Respuesta biológica del camarón de río *M. rosenbergii* en la etapa de engorde, en función de los tratamientos.

RESPUESTA BIOLÓGICA											
TRATAMIENTO	REPETICIÓN	PESO INICIAL (GR)	TALLA INICIAL (CM)	PESO FINAL (GR)	TALLA FINAL (CM)	INCREMENTO DIARIO DE PESO (GR)	INCREMENTO DIARIO DE LONGITUD (CM)	TASA CREC ESP PESO (% GR/DIA)	TASA CREC ESP LONGITUD (% GR/DIA)	INCREMENTO DE PESO (%)	INCREMENTO DE LONGITUD (%)
T1 ♂	R1	10.56	10.39	19.32	14.83	0.14	0.07	13.84	7.30	32.71	24.70
T1 ♂	R2	10.38	10.33	19.49	14.92	0.14	0.08	14.43	7.64	33.02	24.86
T1 ♂	R3	11.46	10.95	19.86	15.15	0.14	0.07	14.09	7.09	33.68	25.27
T2 ♀	R1	9.34	9.68	15.73	13.21	0.10	0.05	9.91	5.34	26.30	21.80
T2 ♀	R2	9.15	9.67	15.89	13.32	0.10	0.06	10.32	5.70	26.59	22.00
T2 ♀	R3	9.04	9.52	15.61	13.18	0.10	0.06	10.18	5.50	26.09	21.75
T3 ♂♀	R1	9.82	9.96	17.33	14.19	0.12	0.07	12.41	7.25	29.16	23.55
T3 ♂♀	R2	9.68	10.12	17.63	14.37	0.13	0.07	12.80	7.36	29.70	23.88
T3 ♂♀	R3	9.59	10.04	17.39	14.23	0.13	0.07	12.57	7.21	29.27	23.63

Anexo 18. Respuesta productiva del camarón de río *M. rosenbergii* en la etapa de engorde, en función de los tratamientos.

RESPUESTA PRODUCTIVA					
TRATAMIENTO	REPETICIÓN	BIOMASA FINAL (KG)	PRODUCTIVIDAD (KG/M2)	INDICE DE CAA	SUPERVIVENCIA (%)
T1 ♂	R1	0.1932	0.0966	2.179	100.00
T1 ♂	R2	0.1949	0.0975	2.148	100.00
T1 ♂	R3	0.1986	0.0993	2.160	100.00
T2 ♀	R1	0.1573	0.0787	2.253	100.00
T2 ♀	R2	0.1589	0.0795	2.242	100.00
T2 ♀	R3	0.1561	0.0781	2.242	100.00
T3 ♂♀	R1	0.1733	0.0867	2.159	100.00
T3 ♂♀	R2	0.1763	0.0882	2.156	100.00
T3 ♂♀	R3	0.1739	0.0870	2.143	100.00

Anexo 19. Instalaciones de laboratorio donde se desarrolló del proyecto de tesis



Anexo 20. Difusión del proyecto de tesis.**Anexo 21.** Medición de parámetros de calidad de agua en las unidades experimentales.

Anexo 22. Proceso de captura para la biometría del camarón de río *M. rosenbergii* en etapa de engorde.

