



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del crecimiento de *Penaeus vannamei* a diferentes densidades de siembra hasta postlarva 12 en condiciones de laboratorio.

AUTOR

Ing. Marco Alonso Martínez Ordoñez

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

TUTORA

MSc. Dennis Gisella Tomalá Solano

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**PhD. Roxana Álvarez Acosta
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**MSc. Dennis Tomalá Solano
TUTORA**

**PhD. Jerry Landivar Zambrano
ESPECIALISTA 1**

**PhD. Mery Ramírez Muñoz
ESPECIALISTA 2**

**Ab. María Rivera González, Mgs.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN:

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Marco Alonso Martínez Ordoñez, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

MSc. Dennis Gisella Tomalá Solano
TUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Marco Alonso Martínez Ordóñez

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Evaluación del crecimiento de *Penaeus vannamei* a diferentes densidades de siembra hasta postlarva 12 en condiciones de laboratorio** previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de año 2025

Ing. Marco Alonso Martínez Ordóñez
AUTOR



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Marco Alonso Martínez Ordóñez

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de año 2025

Ing. Marco Alonso Martínez Ordóñez
AUTOR



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Evaluación del crecimiento de *Penaeus vannamei* a diferentes densidades de siembra hasta postlarva 12 en condiciones de laboratorio**, presentado por el estudiante, Marco Alonso Martínez Ordoñez, fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 5%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

Documento MM. 1

5%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

5% Idiomas no reconocidos

12% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Documento MM. 1.pdf ID del documento: 9c909cd83d63535d3c0500d81098321e1a3823ae Tamaño del documento original: 255,54 kB	Depositante: DENNIS GISELLA TOMALÁ SOLANO Fecha de depósito: 30/10/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 30/10/2025	Número de palabras: 10.107 Número de caracteres: 66.811
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:

**MSc. Dennis Gisella Tomalá Solano
TUTORA**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutora, por su guía constante, paciencia y dedicación, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A mis profesores, gracias por los conocimientos, por su exigencia y motivación para crecer durante el proceso. Cada clase y cada consejo dejaron una huella profunda en mi formación.

A mis compañeros, que hicieron de este camino una experiencia memorable.

Y por supuesto, a mi familia, por ser mi mayor fortaleza y apoyo.

Marco Alonso, Martínez Ordóñez

DEDICATORIA

A mi familia, tanto la que estuvo durante todo el proceso como la que llego en el momento menos esperado, por ser un pilar fundamental en cada etapa de este camino académico. Gracias por la paciencia, el cariño, la comprensión y, sobre todo, por la constante presión ejercida, que me impulsó a dar lo mejor de mí. Les dedico este trabajo con profunda gratitud.

Marco Alonso, Martínez Ordóñez

ÍNDICE GENERAL

<i>TRIBUNAL DE GRADO</i>	<i>II</i>
<i>CERTIFICACIÓN:</i>	<i>III</i>
<i>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</i>	<i>IV</i>
<i>AUTORIZACIÓN</i>	<i>V</i>
<i>CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO</i>	<i>VI</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>VII</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>VIII</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	<i>IX</i>
<i>ÍNDICE DE IMÁGENES</i>	<i>XI</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>XII</i>
<i>ÍNDICE DE APÉNDICES</i>	<i>XII</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>XIV</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>XV</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>PROBLEMÁTICA</i>	<i>3</i>
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>4</i>
<i>OBJETIVOS</i>	<i>5</i>
Objetivo general	<i>5</i>
Objetivos específicos	<i>5</i>
<i>PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO</i>	<i>6</i>
Hipótesis	<i>6</i>
Variable independiente:	<i>6</i>
Variable dependiente:	<i>6</i>
<i>MARCO TEÓRICO</i>	<i>7</i>

Acuicultura y su importancia en el Ecuador	7
Acuicultura	7
Historia y evolución de la acuicultura en Ecuador	7
Impacto social y económico de la acuicultura	8
Tendencias actuales y desafíos del sector	8
Biología de <i>Penaeus vannamei</i>	9
Clasificación taxonómica	9
Generalidades de <i>P. vannamei</i>	9
Ciclo de vida de <i>P. vannamei</i>	14
Gestión integral del ciclo productivo de <i>P. vannamei</i>	16
Maduración y manejo de reproductores	17
Laboratorios y las fases larvarias	17
Granjas y engorde de camarón	18
Densidad de siembra en acuicultura	18
Efectos de la densidad sobre el crecimiento y supervivencia.	19
Factores que afectan el crecimiento	20
Nutrición y alimentación	20
Manejo y calidad de agua	22
Parámetros fisicoquímicos	22
Métodos de evaluación de crecimiento y supervivencia	25
Herramientas tecnológicas actuales (Larvia)	25
METODOLOGÍA	26
Área de estudio	26
Diseño Experimental	26
Preparación de agua	29
Monitoreo de parámetros fisicoquímicos	29
Alimentación	30
Mediciones Biométricas	30
Materiales	32
Análisis estadístico	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	44

RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	52

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Camarón blanco <i>Penaeus vannamei</i>	10
Figura 2. Etapa embrionaria de <i>P.vannamei</i>	11
Figura 3. Etapa naupliar de <i>P.vannamei</i>	12
Figura 4. Etapa Zoea de <i>P.vannamei</i>	12
Figura 5. Etapa Mysis de <i>P. vannamei</i>	13
Figura 6. Etapa Post-larval de <i>P. vannamei</i>	14
Figura 7. Ciclo de vida del camarón peneido	14
Figura 8. Anatomía externa de los camarones peneidos	15
Figura 9. Anatomía interna de los camarones peneidos	16
Figura 10. Ciclo de producción de camarón <i>P. vannamei</i>	17
Figura 11. Geolocalización del área del experimento, sector los Capaes, Santa Elena-Ecuador.	26
Figura 12. Esquema de tanque de 1000 L con aeración y calefacción	27
Figura 13. Diagrama de flujo de sistema experimental	28
Figura 14. Promedios de temperatura y oxígeno en función de los estadíos.	34
Figura 15. Promedio de Salinidad y pH en función de los estadíos.	35
Figura 16. TAN y amoniaco en función de los estadios.	36
Figura 17. Longitud en diagrama de cajas y razón de crecimiento con intervalo de	

confianza de 95% por estadío y tratamiento. **Fuente:** Autoría propia _____ 38

Figura 18. Diagrama de caja Para peso, longitud, supervivencia e IR en Pl-10. _____ 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de diferencia de niveles de pH en el desarrollo del camarón _____ 24

Tabla 2. Parámetros de calidad de agua para el cultivo de *P. vannamei* _____ 25

Tabla 3. Régimen alimenticio durante el ensayo. _____ 30

Tabla 4. Promedios y desviación estándar de parámetros fisicoquímicos del agua monitoreados. _____ 37

Tabla 5. Comparación de promedios de peso, longitud, supervivencia e índice de rendimiento según tratamiento experimental en Pl-10. _____ 39

Tabla 6. Comparación de Resultados Estadísticos entre ANOVA _____ 40

ÍNDICE DE APÉNDICES

Anexo 1. Fotos de las instalaciones experimentales _____ 52

Anexo 2. Fotos de separadores de alimentos y equipos empelados _____ 52

Anexo 3. Chequeo visual de los tanques _____ 52

Anexo 4. Foto de toma de muestras para volumetría _____ 53

Anexo 5. Fotos de las tinas con exceso de materia orgánica posterior a la cosecha ____ 53

Anexo 6. Fotos de mediciones con kit API para TAN en Pl-8 previo y posterior a recambio
_____ 54

Anexo 7. Fotos mediciones con kit API para TAN en Pl-9 previo y posterior a recambio
_____ 55

Anexo . Reportes de LarvIA en Pl-10 para experimento E1 _____ 56

Anexo . Reportes de LarvIA en P1-10 para experimento E2 _____	56
Anexo . Reportes de LarvIA en P1-10 para experimento E3 _____	57
Anexo . Reportes de LarvIA en P1-10 para experimento E4 _____	57
Anexo 12. Reportes de LarvIA en P1-10 para experimento E5 _____	58

RESUMEN

La densidad de siembra se considera un factor limitante en el cultivo de especies acuícolas, implicando un mayor uso de tiempo y espacio para obtener los objetivos de crecimiento requeridos para su consumo. Sin embargo, la literatura científica no proporciona estimaciones precisas y verificadas del peso que pueden alcanzar en el estadio 12 de postlarvas de camarón (P1-12) de *Penaeus vannamei*, limitando la exactitud de las proyecciones de crecimiento en esta etapa. Este estudio analizó el impacto de diferentes densidades de siembra de nauplio 5 de *P. vannamei* en condiciones controladas de salinidad, temperatura, pH, amonio, oxígeno disuelto (OD) y su efecto en la producción de P1-12. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar utilizando contenedores de 1000 L aplicando densidades de siembra de 100 (E1), 200 (E2), 300 (E3), 400 (E4) y 500 (E5) individuos por litro, con 3 repeticiones. El experimento tuvo una duración de 17 días. Se evaluó el peso, longitud, supervivencia y se generó el índice de rendimiento (IR). Las postlarvas fueron alimentadas con una dieta balanceada, microalgas y nauplios de artemia con un estimado del 25% de la biomasa, distribuido a lo largo del día. Los datos recolectados se analizaron mediante ANOVA de una vía. Los resultados indicaron la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, y las variables del estudio. Se obtuvo el peso medio de 3.79 ± 0.96 (mg), equivalente a 263.8 Pl/g en P1-10, y una longitud media de 8.30 ± 0.73 (mm). La supervivencia máxima de 75.33 ± 11.50 (%) se registró en el tratamiento E1 y la mínima de 46.66 ± 10.65 (%) en el E4. El tratamiento E1 presentó un índice de rendimiento de 0.29 ± 0.05 ; mientras que, los otros 4 tratamientos se mantuvieron en un IR entre 0.19 y 0.21. Estos hallazgos sugieren que es posible mantener altas densidades de siembra sin comprometer el crecimiento de las postlarvas lo cual tiene implicaciones importantes para la optimización de la producción en sistemas de cultivo intensivo.

Palabras claves: Densidad, *Penaeus vannamei*, postlarvas.

ABSTRACT

Stocking density is considered a limiting factor in the cultivation of aquaculture species, as it entails increased use of time and space to achieve the growth targets required for consumption. However, the scientific literature does not provide precise and validated estimates of the weight that *Penaeus vannamei* postlarvae can reach at stage 12 (P1-12), limiting the accuracy of growth projections during this phase. This study analyzed the impact of different stocking densities of *P. vannamei* nauplii stage 5 under controlled conditions of salinity, temperature, pH, ammonia, and dissolved oxygen, and their effect on P1-12 production. A completely randomized experimental design was used with 1000 L containers with stocking densities of 100 (E1), 200 (E2), 300 (E3), 400 (E4), and 500 (E5) individuals per liter, each with three replicates. The experiment lasted 17 days. Parameters evaluated included weight, length, survival rate, and the performance index. Postlarvae received a balanced diet, microalgae, and *Artemia* nauplii estimated at 25% of the biomass, distributed throughout the day. Data was analyzed using one-way ANOVA test. Results indicated no statistically significant differences among treatments or study variables. The mean weight obtained at P1-10 was 3.79 ± 0.96 (mg), equivalent to 263.8 Pl/g, and the mean length was 8.30 ± 0.73 (mm). The highest survival rate (75.33 ± 11.50 %) appears in treatment E1, while the lowest (46.66 ± 10.65 %) occurred in E4. Treatment E1 showed a performance index of 0.29 ± 0.05 , whereas the other four treatments ranged between 0.19 to 0.21. The findings suggest that high stocking densities do not adversely affect P1 growth, which has important implication for optimizing production over intensive aquaculture systems.

Keywords: Density, *Penaeus vannamei*, postlarvae.

INTRODUCCIÓN

Ecuador en la última década ha incrementado la producción de camarón de la especie *P. vannamei*, pasando de exportar 611 millones en 2014 a 2.671 millones de libras de camarón a finales del 2024, representando el 90% de las exportaciones acuícolas; además en el primer cuatrimestre del 2025 presenta un incremento en exportaciones comparado con el año pasado (CNA, 2025). Sin embargo, la etapa larval es crítica para el éxito global del cultivo, así como las condiciones de alimentación, calidad del agua y manejo, determinan de manera directa la salud y el rendimiento de las postlarvas (Pl) y juveniles que se producen posteriormente (Bermudes *et al.* 2023).

Las granjas camaroneras han adaptado sus requerimientos, demandando postlarvas de camarón con una nutrición y desarrollo óptimos. Esta demanda se justifica para optimizar la eficiencia en las granjas y promover una mejor salud del camarón. Entre sus proveedores de materia prima, se encuentran los laboratorios de larvas. Según el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, (2025) solo 151 se encuentran regulados a mayo del 2025 de los más de 400 laboratorios a nivel nacional. Estas condiciones incitan a los laboratorios autorizados a ser altamente productivos y eficientes.

Para satisfacer las exigencias del mercado, los laboratorios emplean diversas estrategias y la más frecuente consiste en reducir la densidad de siembra en los sistemas de producción. Se han realizado estudios que indican una relación inversa entre densidad de postlarvas y su crecimiento. Por ejemplo, la investigación de Sorroza (2019) a partir de Pl-12 menciona que el crecimiento y la supervivencia son mermados al aumentar la densidad. Por otro lado, Bermudes *al.*, (2022), en su artículo sobre larva (de nauplio 5 a mysis 1) de *P. vannamei* registró mejor desarrollo en peso-longitud y supervivencia a densidad de 300 Pl/L.

Varios estudios han analizado la densidad en estadios larvales de *P. vannamei* como variable dependiente. Chen *et al.* (2023), estudia el desempeño algal y creación de biofloc en función de la densidad. De Lorenzo *et al.* (2016), realiza evaluaciones de densidad de 200 a 350 larvas por litro, comprendido entre los estadios de mysis 1 a Pl-5, para sistemas de biofloc. Toledo *et al.* (2019), observaron el crecimiento en función del uso de probióticos. Además, Mutalipassi *et al.* (2018) propone un sistema de control automático con tanques de 10 litros, en el cual evalúa 2 densidades de siembra, encontrando que la densidad más baja resultó en una mayor tasa de supervivencia.

Otro aspecto relevante por considerar es la notable variabilidad de los pesos de postlarvas de *P. vannamei* en el estadio 12, lo que refleja la ausencia de un rango estandarizado para consignar una larva como óptimamente desarrollada en esta fase. Según los resultados presentados por Sorroza (2019), el peso promedio de 3.13 ± 0.16 mg. Por su parte Chalán (2022) documentó un valor de 3.55 ± 0.82 mg. Otros autores, como Vite (2018), describen un rango más amplio, entre 3.5 y 5.1 mg, mientras que Zeigler (2012) indica valores entre 2 y 4 mg.

Hay numerosas investigaciones centradas en el crecimiento como variable dependiente, que utilizaron la temperatura y la salinidad como variable independiente, demostrando una correlación entre la temperatura y su desarrollo (Bermudes et al., 2017; González Serrano, 2022). Chalán (2022) reportó tasas de crecimiento similares sin diferencias de supervivencia entre densidades y sugiere más estudios enfocados en esta variable.

Dada la variabilidad en los rangos óptimos de densidad en la literatura, se recomienda ajustar estos parámetros a las condiciones locales y sistemas de producción desde nauplio 5 hasta P1-12 de *P. vannamei*. Este rango representa etapas críticas en el desarrollo temprano del camarón, en las cuales la densidad de siembra bajo condiciones controladas de laboratorio puede tener un impacto sustancial en el rendimiento.

Esta área de investigación es esencial para optimizar las prácticas en laboratorios de producción y mejorar la sostenibilidad de la acuicultura en general. Por ello, en el presente trabajo plantea la evaluación simultánea de cinco densidades (100, 200, 300, 400 y 500 larvas/L) en un entorno controlado, con el objetivo de determinar cuál es la que ofrece el mejor balance entre crecimiento individual y producción total, y así aportar a la optimización de prácticas en la acuicultura comercial ecuatoriana.

PROBLEMÁTICA

La producción intensiva de *Penaeus vannamei* en Ecuador ha experimentado un crecimiento considerable, posicionando al país como líder mundial en exportaciones de camarón (CMS, 2024). Sin embargo, la etapa larval representa un cuello de botella en la cadena productiva, donde la densidad de siembra se considera un factor crítico que puede afectar el crecimiento, supervivencia y rendimiento en las producciones de postlarvas. Diversos estudios han reportado una relación inversa entre densidad y crecimiento, aunque los resultados varían según el estadio larval, condiciones ambientales y sistemas de manejo empleados (Bermudes *et al.*, 2022; De Lorenzo *et al.*, 2016; Sorroza, 2019).

La literatura científica evidencia una falta de consenso respecto a los rangos óptimos de densidad y los valores de peso y longitud alcanzables en estadios tempranos, como P1-10 y P1-12. Por ejemplo, Sorroza (2019) reporta un peso promedio de 3.13 ± 0.16 mg en P1-12, mientras que Chalán Jumbo (2022) documenta valores superiores de 3.55 ± 0.82 , y Vite Arismendiz (2018) describe un rango aún más amplio entre 3.5 y 5.1 mg. Estas discrepancias dificultan la estandarización de criterios para la selección y manejo de postlarvas en laboratorios comerciales.

Factores como la calidad de agua, alimentación y manejo de los sistemas de cultivo pueden interactuar con la densidad de siembra, generando efectos sinérgicos o antagónicos sobre el desempeño larval (Bermudes *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2023). La ausencia de estudios que evalúen simultáneamente un rango amplio de densidades bajo condiciones controladas limita la capacidad de los laboratorios para optimizar sus procesos y responder a las exigencias del mercado.

JUSTIFICACIÓN

En esta investigación se pretende analizar la información técnica mediante el impacto en distintas densidades de siembra tanto como: en el crecimiento como la supervivencia de *Penaeus vannamei* en los primeros estadios, sujeto a condiciones controladas de laboratorio. Por tal razón, los resultados servirán para definir parámetros de manejo más exactos, impulsando eficiencia en el proceso productivo, el fortalecimiento de la calidad de las postlarvas y el impulso hacia la industria camaronera ecuatoriana más sostenible. De igual manera, el estudio pretende minimizar la incertidumbre vinculada a la variabilidad observada en los datos documentados en literatura existente, ofreciendo un respaldo científico confiables que facilite la gestión y decisiones dentro de los laboratorios de cultivo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el crecimiento de *Penaeus vannamei* a diferentes densidades de siembra hasta el estadio postlarva 12 en condiciones de laboratorio proporcionando información valiosa para mejorar las prácticas de acuicultura.

Objetivos específicos

Desarrollar larvas hasta la etapa P1-12, garantizado el control adecuado de los parámetros físicoquímicos - temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y presencia de $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$.

Determinar las tendencias de crecimiento de postlarvas a diferentes densidades de siembra durante el desarrollo del experimento.

Evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el tamaño y supervivencia de las postlarvas.

Comparar el índice de rendimiento de postlarvas de *P. vannamei*, en P1-12, para las 5 densidades sembradas.

PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO

Hipótesis

La densidad de siembra no afecta significativamente el crecimiento, la supervivencia ni el índice de rendimiento de las postlarvas de *Penaeus vannamei* hasta el estadio P1-12 bajo condiciones controladas de laboratorio.

Variable independiente:

Densidad de siembra larva en Nauplio V.

Variable dependiente:

Crecimiento, supervivencia e índice de rendimiento de postlarvas de *Penaeus vannamei*.

MARCO TEÓRICO

Acuicultura y su importancia en el Ecuador

Acuicultura

La acuicultura es una actividad que se dedica a la producción de organismos acuáticos (peces, camarones, mejillones, ostras, plantas acuáticas, etc.), (Muelbert *et al.*, 2021). Se define como el proceso de intervención humana para el incremento poblacional de las especies acuáticas, que conlleva varios propósitos o beneficios como la alimentación, la protección, etc. (Hoyos & Delgado, 2022). Es un sistema productivo con tendencia a ser eficiente y sostenible, que genera proteína animal de alta calidad a bajos costos, lo que lo convierte en una alternativa viable para satisfacer la demanda alimenticia, además, es el sector con mayor índice de crecimiento anual (TCA) en la producción de alimentos (García, 2022).

Historia y evolución de la acuicultura en Ecuador

Los orígenes de la acuicultura se remontan a la aparición de las civilizaciones sedentarias hace aproximadamente cuatro mil años. Las primeras evidencias de prácticas acuícolas se encuentran en la antigua cultura china. Otros lugares como Egipto, Grecia y Roma también registraron el uso de técnicas de acuicultura para la producción de alimentos. Estos registros demuestran que la acuicultura desempeñó un papel importante en la alimentación de estas sociedades y resultan su relevancia histórica a lo largo del tiempo (Ibáñez, 2022).

La acuicultura en Ecuador es una actividad reciente en comparación con otros sectores, que ha impactado profundamente en la economía y las comunidades rurales del país. Registros en 1932 mencionan la introducción de la trucha en la región andina, lo que marcó el inicio de la acuicultura en la región Sierra. A partir de los años setenta se intensificó el desarrollo de piscinas en diversas provincias, incluyendo especies como la tilapia, aportando a la diversificación (Álvarez, 2020).

No obstante, el punto de inflexión llegó con la introducción del cultivo de marón en la zona costera y manglares. Este proceso transformó radicalmente la matriz productiva acuícola, al posicionar a Ecuador como un protagonista global en la exportación de camarón. Este crecimiento acelerado del sector trajo consigo inversiones en tecnología, infraestructura

y capacitación, favoreciendo el surgimiento de empresas especializadas que impulsan la investigación y optimización de técnicas de producción (Rondinone, 2024).

La colaboración entre instituciones públicas, privadas y académicas ha sido fundamental para reforzar la investigación, el desarrollo y la capacitación, permitiendo que la acuicultura ecuatoriana se mantenga a la vanguardia en América Latina. Además, la diversificación y la mejora de infraestructuras han contribuido a fortalecer la resiliencia del sector frente a los desafíos de enfermedades, fluctuaciones comerciales y presión ambiental (Jiménez & Torres, 2023).

Impacto social y económico de la acuicultura

Este es uno de los sectores productivos más relevantes para el desarrollo económico ecuatoriano. Representa aproximadamente el 1.1% del PIB nacional y ha mostrado un crecimiento anual promedio de 9.2% en la última década, superando a sectores tradicionales como el banano (Acaro, 2023). El camarón es el principal producto de exportación no petrolero, generando miles de empleos directos e indirectos y contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y al desarrollo regional (Rondinone, 2024).

Tendencias actuales y desafíos del sector

Ecuador se ha consolidado como el mayor exportador mundial de camarón, con una producción de 2.671 millones de libras de camarón a finales del 2024, con tendencia a crecer en el primer cuatrimestre del 2025 (CNA, 2025). El sector ha adoptado tecnologías innovadoras, como recirculación y biofloc, los cuales permiten una mayor eficiencia y procesos sostenibles. Además de incorporaciones tecnológicas como sensores y el uso de AI apunta a poder llegar a cultivos acuícolas de precisión.

Sin embargo, la fuerte competencia internacional, la carrera tecnológica, aranceles, y tendencias ecológicas suponen nuevos obstáculos y desafíos que superar (Ríos, 2022). Las oportunidades están en la expansión de mercados, el desarrollo de nuevas especies, la innovación tecnológica y la consolidación de Ecuador como referente mundial.

Biología de *Penaeus vannamei*

Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Superorden: Eucarida

Orden: Decapoda

Suborden: Dendobranchiata

Superfamilia: Penaeoidea

Familia: Penaeidae

Género: *Penaeus*

Especie: *Penaeus vannamei* (Boone, 1931)

Generalidades de *P. vannamei*

El camarón blanco del Pacífico que se presenta en la figura 1. es un crustáceo decápodo de la familia Penaeidae que habita en el Océano Pacífico desde México hasta Perú, esta especie prefiere sitios acuáticos con fondos lodosos o arenosos lodosos, localizándose en profundidades que oscilan de cinco a setenta y dos metros, por otro lado, los adultos se pueden encontrar en ambientes marinos puros, a diferencia de las crías y juveniles que se desarrollan en ambiente estuarinos y salobres, en temperaturas medias anuales de alrededor de 20 °C, llegan alcanzar una longitud máxima de 23 centímetros y un caparazón de 9 cm de largo, su color es blanquecino amarillento y la parte baja del caparazón de torna oscura (Sagarpa, 2015).



Figura 1. Camarón blanco *Penaeus vannamei*
Fuente: Medex, (2020), citado por (Reyes, 2021)

Yagual (2023) menciona que, el camarón blanco es considerado como un artrópodo debido a sus patas segmentadas y articuladas, cubiertas por un exoesqueleto de quitina, permitiendo el proceso de muda continuamente para su crecimiento, presenta una alta capacidad reproductiva, en donde las hembras son capaces de desovar hasta 250 000 huevos, además, son tolerantes a enfermedades y condiciones ambientales extremas. Presentan una amplia variedad de hábitos alimenticios permitiendo la ingesta de diversos tipos de alimentos, también son conocidos como organismos depredadores (Hernández, 2010)

Penaeus vannamei se caracteriza por ser tolerantes a enfermedades y tener la capacidad de mantenerse en condiciones ambientales que otras especies no podrían soportar, por lo tanto, este camarón se ha consolidado como la especie más demandante en la producción acuícola, permitiendo obtener un gran rendimiento en el cultivo (Yagual, 2023). La elevada capacidad de adaptación y resistencia convierten al *P. vannamei* en un crustáceo óptimo para su crianza en ambientes controlados, obteniendo producción con buen retorno, posibilitando que su cosecha sea aprovechada en el mercado global (Machado, 2006).

Fases larvarias de *P.vannamei*

En la fase adulta de los camarones peneidos, la reproducción ocurre mediante la copulación entre la hembra y el macho, una vez se encuentre fecundada la hembra desovarás entre huevos en el medio acuoso (Hernandez, 2020). Después de la eclosión las larvas pasan por un proceso que es crucial para su crecimiento y adaptación del entorno, son tres fases, nauplio, zoea y mysis, para luego pasar a la etapa de post-larva (Garnica, 2016).

Fase embrionaria

Posterior al desove se forma una corona alrededor del huevo, esto se debe a la reacción cortical que desaparece, el citoplasma se separa de la membrana iniciando la división celular, en un corto plazo se forman los blastómeros hasta alcanzar a la mórula y luego empieza la gastrulación, por otra parte, después de aproximadamente 14 horas del desove el nauplio se forma completamente, moviéndose en el interior del huevo usando las anténulas y espinas caudales para perforar el corión y salir tal y como se muestra en la Figura 2 (Goytortua *et al.*, 2023).

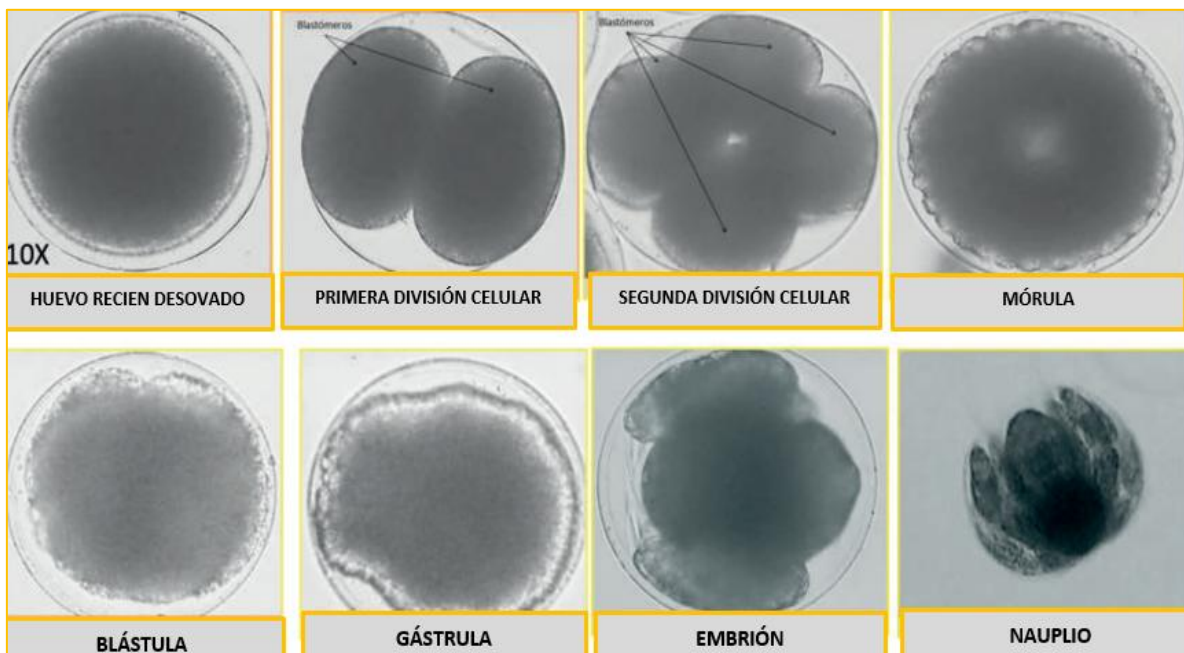


Figura 2. Etapa embrionaria de *P.vannamei*
Fuente: (Goytortua *et al.*, 2023) modificado por Martínez, (2025).

Fase Naupliar

Esta es la primera etapa larval del camarón, el nauplio cambia metamórficamente en cinco subestadios naupliares N-I, N-II, N-III, N-IV y N-V, cada una de aproximadamente siete horas (Figura 3), en esta fase larval nadan rápidamente en distancias cortas, mostrando un fototropismo positivo en el cual muestra un comportamiento saludable al ser atraídos por la luz, el cuerpo tiene forma periforme, no se alimentan de manera exógena, si no de reservas vitelinas (Chalán, 2022).

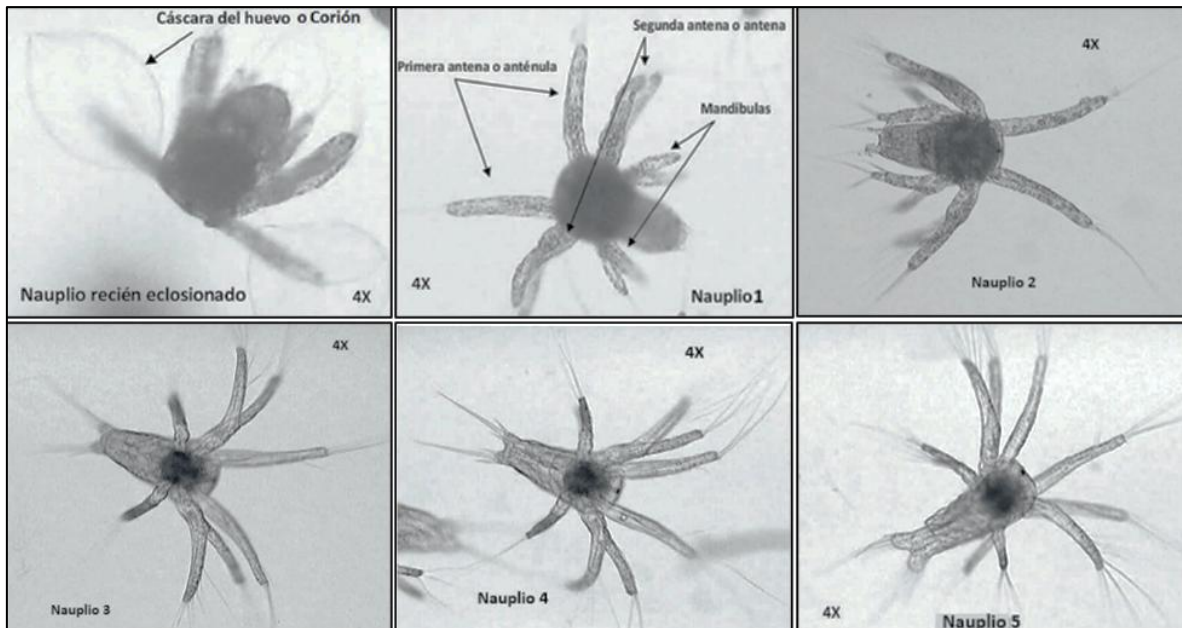


Figura 3. Etapa naupliar de *P.vannamei*
Fuente: (Goytortua *et al.*, 2023) modificado por Martínez, (2025).

Fase Zoea

Después de la metamorfosis del nauplio V, da inicio la fase de zoea, ésta se subdivide en tres subestadios Z-I, Z-II y Z-III (Figura 4), en donde, el cuerpo de la larva se va alargando de manera más regular utilizando las antenas, además se desarrollan los maxilípidos que son importantes para la natación, en esta etapa la larva empieza a alimentarse continuamente, mostrando contracciones en el tracto digestivo, visualizándose la materia fecal, el tracto lleno en el organismo es una respuesta positiva a la luz, indicando su buena salud (Goytortua *et al.*, 2023).

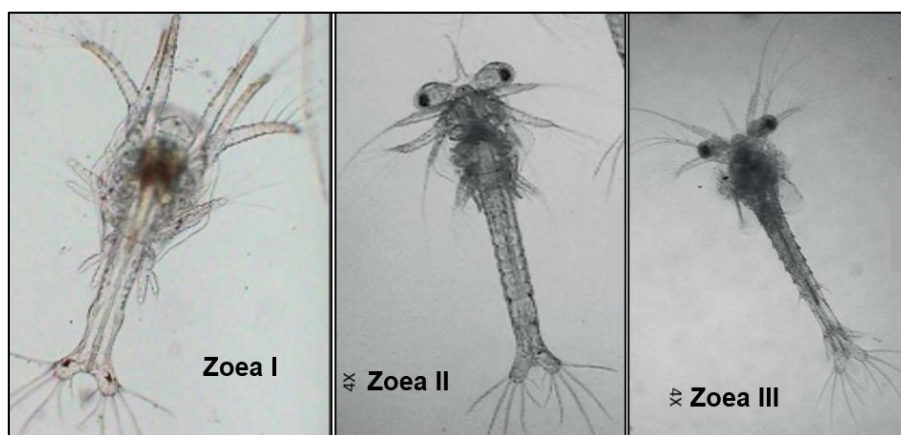


Figura 4. Etapa Zoea de *P.vannamei*
Fuente: (Caridad, 2008; Goytortua *et al.*, 2023), modificado por Martínez, (2025).

Fase Mysis

La Figura 5 muestra larvas en etapa mysis presentando características metamórficas distintivas, como el desarrollo del abdomen en segmento, presencia de pleopodos, uropodos y ojos pedunculados, este estadio puede durar en un lapso aproximado de tres a cinco días, dividiéndose tres subestadios (M-1, M-II y M-III), alrededor de este período la larva crece entre 2.0 a 3.5 mm, al desarrollarse los pleopodos las larvas muestran mayor actividad, su alimentación se basa en organismos vivos y sólidos (Panchana, 2025). Las larvas tienen una morfología semejante a un camarón juvenil, el cuerpo esta levemente encorvado en su parte abdominal y los pereiópodos son más desarrollados responsables del nado asistida de los tres pares de maxilípedos (Goytortua *et al.*, 2023).

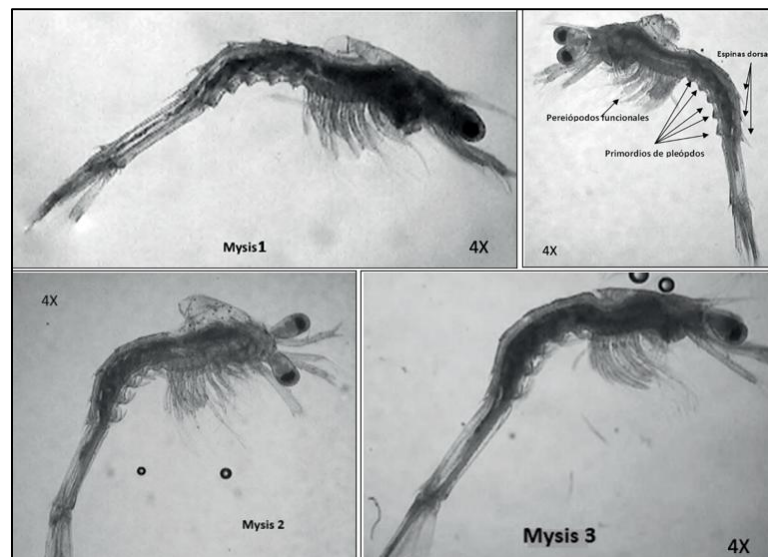


Figura 5. Etapa Mysis de *P. vannamei*

Fuente: (Goytortua *et al.*, 2023) modificado por Martínez, (2025)

Fase Post-larval de *P. vannamei*

Después del último subestadio de mysis mudan a post-larvas, midiendo alrededor de 5.05 a 11 mm en un período aproximado de 14 días, los cambios metamórficos no son tan drásticos manteniendo una apariencia similar al camarón adulto, posee un rostro corto, ancho en su base, agudo en el extremo anterior y de 2 a 3 dientes en la parte dorsal terminando en el pedúnculo orbital, los pleópodos están bien desarrollado con largas setas el caparazón no presenta cambios respecto a estadios anteriores, en esta fase el camarón empieza a desplazarse hacia delante, véase en la Figura 6 (Carvajal & Bolaños, 2013).

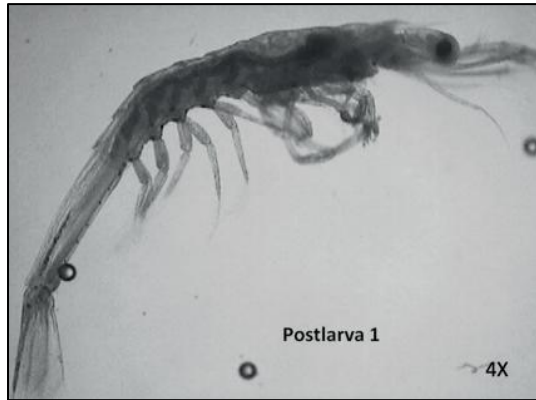


Figura 6. Etapa Post-larval de *P. vannamei*
Fuente: (Goytortua *et al.*, 2023) modificado por Martínez, (2025)

Ciclo de vida de *P. vannamei*

El camarón *P. vannamei* una vez alcanzada su etapa adulta y talla adecuada. Su reproducción iniciará en cualquier época del año véase figura 7 (FAO, 2009). Los machos poseen un petasma simétrico y semiabierto, mientras que los espermatóforos son estructuras complejas combinada por una masa de esperma alrededor de una vaina (Bravo Asencio, 2025). Por otro lado, las hembras tienen la capacidad de desovar entre 100 000 y 250 000 huevos con alrededor de 0.22 mm de diámetros, pasa previo a la fertilización los ovocitos maduros eclosionarán en un lapso de 16 horas en la etapa naupliar nutriéndose con sus propias reservas vitelinas (FAO, 2009).

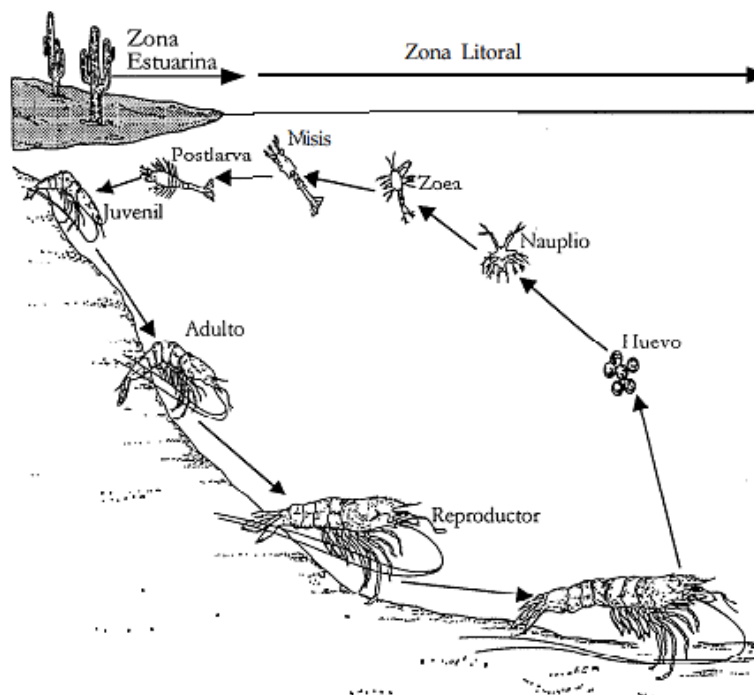


Figura 7. Ciclo de vida del camarón peneido
Fuente: (Cortes-Jacinto, 1998)

Anatomía externa

La figura 8 muestra al camarón *P. vannamei* de la familia Penaeidae posee un cuerpo subcilíndrico, alargados y comprimidos, con un abdomen (pleon) más largo que el cefalotórax que también se puede denominar como cefalón y pereión (Hernández, 2010). El cuerpo del camarón está compuesto por tres segmentos: en el cefalotórax se encuentran varios apéndices entre ellos maxilas, anténulas, antenas, maxilípedos, mandíbula, pereópodos este segmento se considera con gran capacidad en la actividad metabólica; en el caso del abdomen se compone de seis segmentos, cada uno con un par de apéndices denominados pleópodos que permiten la función natatoria; por último se encuentra el telson, formado por úropodos, que también se encarga de la actividad natatoria (Leal, 2010)

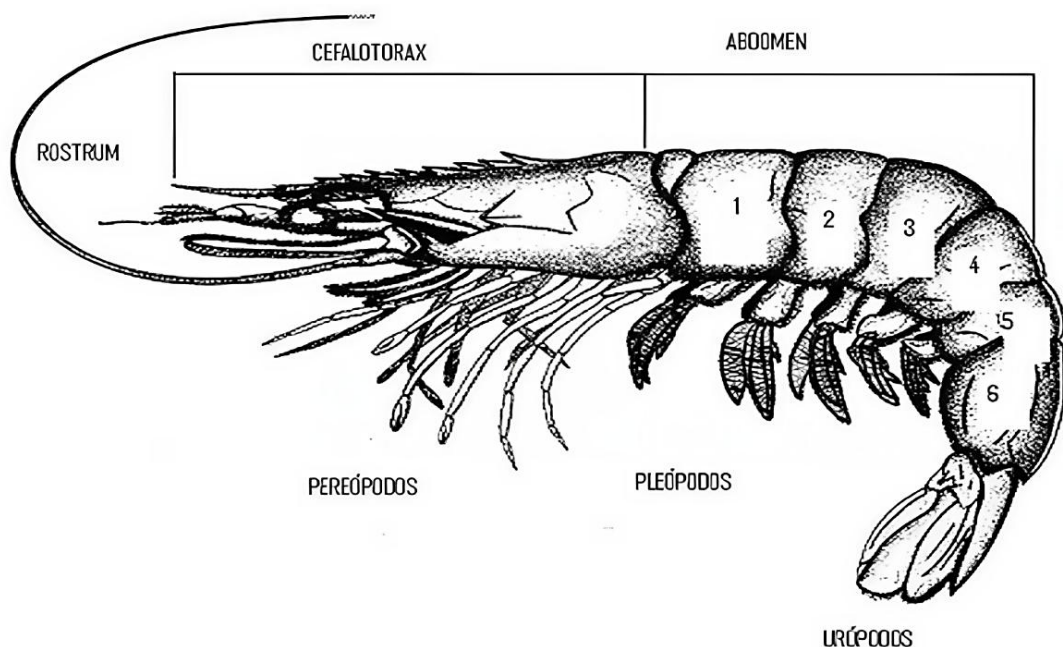


Figura 8. Anatomía externa de los camarones peneidos
Fuente: (Alonso & Hernández, 2011)

Anatomía interna

Los camarones peneidos poseen un sistema circulatorio abierto, con un corazón muscular que se encuentra ubicado en el cefalotórax, cumpliendo la función de circular la hemolinfa y realizar el intercambio gaseoso (CO_2 y O_2) en el organismo, por otro lado, el órgano linfoide está encargado de filtrar la hemolinfa que sale del corazón para realizar un recorrido por todo el cuerpo el cual finaliza en el mismo órgano (Yagual, 2023). Los órganos de visión están relacionados con la función neuro-hormonal (glándulas X – Y), el aparato digestivo se compone de una parte mecánica (labro, maxilas, mandíbulas y apéndices masticadores) y

otra digestiva (tubo digestivo y glándulas anexas), la boca localizada entre la parte ventral y anterior de las mandíbulas, por otra parte, se encuentra el estómago con dos cavidades, los cardias y el píloro (Arancibia *et al.*, 2018). El tracto digestivo se divide en tres partes como el intestino proximal donde ocurre la masticación, el intestino medio o hepatopancreas se encarga de la secreción enzimática digestiva, el cual absorbe nutrientes y el intestino distal localizado en el ano. No obstante, antes de que el alimento llegue al intestino, el estómago produce la actividad enzimática dando a lugar la hidrólisis de oligo- y polisacáridos que se relaciona con el desarrollo del organismos, ya que las fuentes de nutrientes beneficiaran en su crecimiento (Figura 9) (Garibay *et al.*, 2020)

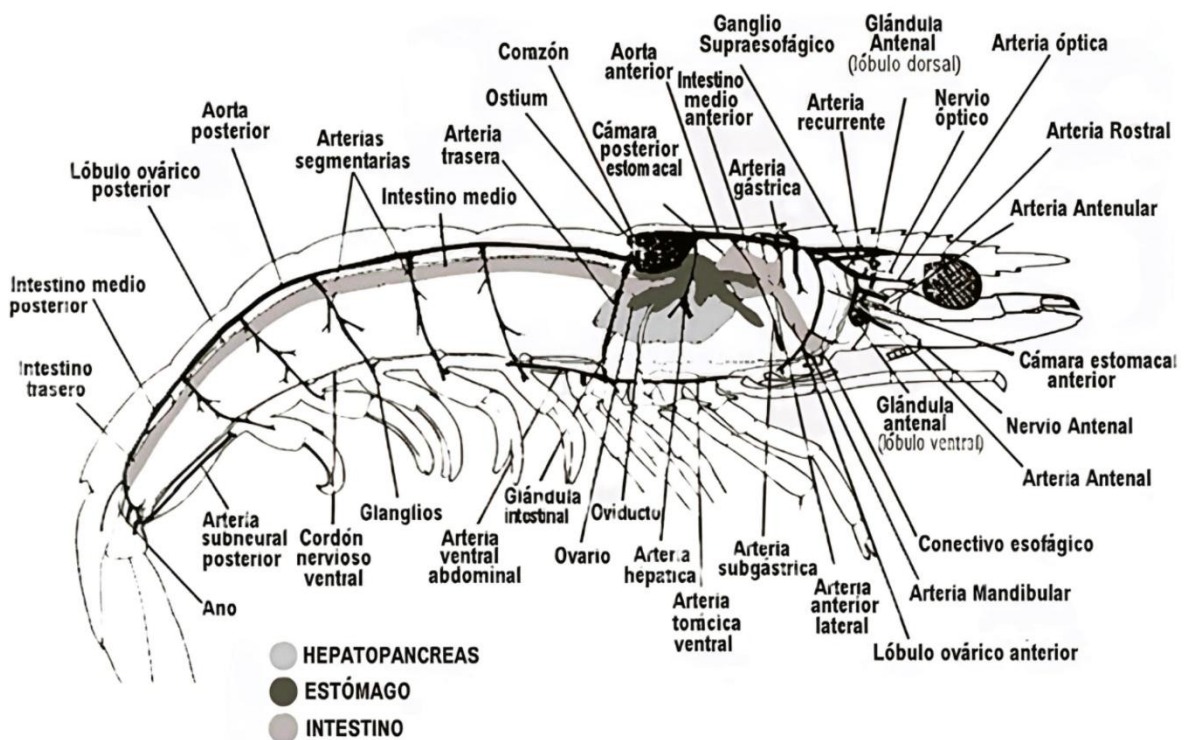


Figura 9. Anatomía interna de los camarones penaeidos
Fuente: (Cabrera, 2018)

Gestión integral del ciclo productivo de *P. vannamei*

En la acuicultura de *P. vannamei*, el éxito y la eficiencia del proceso productivo dependen de una gestión integral de todas las etapas de desarrollo del camarón, desde la maduración de reproductores hasta el engorde en granjas comerciales. Este proceso sigue una secuencia bien definida: maduración de reproductores, producción de huevos y eclosión, desarrollo larvario, engorde de juveniles hasta adultos y nuevamente la selección de nuevos, como se

observa en la figura 10. reproductores junto con la comercialización del camarón (Cuéllar *et al.*, 2010).

Cada una de estas etapas presenta requerimientos fisiológicos y nutricionales específicos que deben atenderse con precisión para maximizar tanto la supervivencia como acortar el tiempo de crecimiento de los animales.

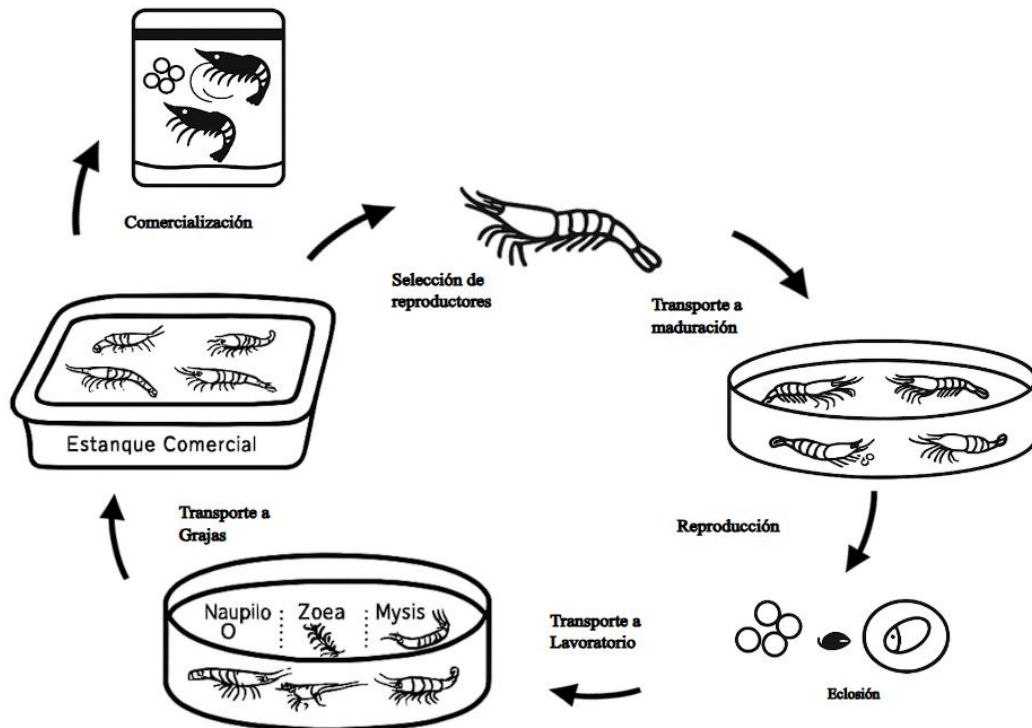


Figura 10. Ciclo de producción de camarón *P. vannamei*
Fuente: Propia

Maduración y manejo de reproductores

El proceso comienza con la selección y movilización de los reproductores, que son acogidos en áreas de maduración bajo estrictos controles de temperatura, salinidad y calidad del agua. Estas condiciones óptimas permiten el desove de huevos de alta calidad. Tras la eclosión, durante la etapa de naupilio, se realiza la selección de las larvas viables y con alta calidad genérica. Una vez separadas, las larvas son trasladadas a laboratorios especializados para continuar el proceso (Wyban & Sweeney, 1991).

Laboratorios y las fases larvarias

Los laboratorios, las fases larvarias se gestionan utilizando sistemas de bioseguridad y

monitoreo constante de parámetros críticos como el oxígeno disuelto, pH, amonio y temperatura. Además, se optimiza la alimentación mediante dietas formuladas y el uso de nauplios de artemia y microalgas adaptadas a cada estadio larvario, lo que favorece un desarrollo sano y uniforme.

Granjas y engorde de camarón

En el estadio de postlarva, cuando las larvas alcanzan un tamaño determinado por la granja, estas son transportadas, aquí se reciben y cuidan en estanque llamados pre-crías, donde llegan a su etapa de juveniles hasta un tamaño aproximado de 2 gramos, en esta etapa se ajusta la densidad, la calidad del agua y la alimentación balanceada para asegurar un crecimiento óptimo y una elevada tasa de supervivencia, se transfiere a piscinas de engorde hasta que alcancen tamaño comercial y se puede seleccionar nuevos reproductores o comercializar los camarones cosechados (Wyban & Sweeney, 1991).

La correcta integración y transición entre todas las etapas del ciclo de vida repercute directamente en la productividad y rentabilidad del cultivo, siendo fundamental la aplicación de protocolos técnicos basado en estudios científicos y experiencias prácticas.

Evaluación en calidad de Post-larvas

La calidad larval se refiere ampliamente como la condición fisiológica durante el cultivo, por tal caso los productores de este sector han establecido varios criterios, como la implementación de herramientas para analizar la calidad y sanidad de las post-larvas, evaluando su comportamiento, nutrición, fisiología y salud, en el ámbito comercial de estos organismos, se realizan pruebas de estrés indicando su resistencia a las salinidades, además, se utilizan indicadores en condiciones morfológicas, etiológicas, productivas y supervivencia para su comprobación, aunque esta información es importante no es del todo eficaz para garantizar su desarrollo en las granjas camaroneras (Burbano, 2016)

Densidad de siembra en acuicultura

La densidad de siembra es un parámetro fundamental en la acuicultura y se refiere al número de organismos introducidos por unidad de superficie o volumen en los sistemas de cultivo. Su correcta determinación es esencial para optimizar la productividad, el bienestar animal y la rentabilidad económica. Estudios recientes subrayan que la densidad de siembra influye directamente en el crecimiento

Efectos de la densidad sobre el crecimiento y supervivencia.

Entre las estrategias que ha adoptado el sector camaronero está presente la implementación de las técnicas de siembra con diversas densidades, este proceso ha posibilitado el incremento de la producción en áreas reducidas (Carrión *et al.*, 2023).

Crecimiento

La mayoría de los estudios coinciden en que el crecimiento de los organismos acuáticos disminuye a medida que aumenta la densidad de siembra. Por ejemplo, Bermudes *et al.* (2022) encontraron que el crecimiento mejoro hasta una densidad de 300 organismos por litro, pero tanto densidades menores como superiores no aportaron beneficios adicionales. En juveniles, Sorroza (2019) y Williams *et al.* (1996) reportaron que el crecimiento decrece conforme se incrementa la densidad. Castillo & Hernández (2011) También observan una disminución en el crecimiento con densidades más altas, aunque la productividad total fue mayor debido al número de organismos.

La densidad de siembra influye en el crecimiento de los animales, cuando la biomasa del cultivo genera una mayor concentración de los metabolitos tóxico como dióxido de carbono, amonio y nitritos por la oxidación de los desechos metabólicos orgánicos y los índices bajos del oxígeno disuelto (Sócola Sunción, 2016).

No obstante, en estadios como larvas y postlarvas, el efecto de la densidad sobre el crecimiento no está completamente determinado. Autores como Bermúdez *et al.* (2022) y De Lorenzo *et al.* (2016), no encontraron diferencia significativa en el peso final entre tratamientos de hasta 400 organismos por litro, lo cual sugiere que en etapas iniciales la densidad no se podría considerar el factor limitante para el crecimiento.

Supervivencia

La supervivencia es uno de los indicadores más relevantes en la acuicultura, ya que determina la eficiencia del proceso productivo. Según Bermúdez *et al.* (2022) la supervivencia mejora hasta alcanzar una densidad de 300 organismos por litro, mientras que densidades superiores pueden afectar negativamente este parámetro. Tanto De Lorenzo *et al.* (2016) y Rakhfid (2017) reportan que, en ciertos rangos de densidad, no se observan diferencias significativas en la supervivencia.

Por otro lado, Sorroza (2019) y Williams *et al.* (1996) señalan que, a medida que la densidad aumenta, la supervivencia tiende a disminuir, lo que evidencia la existencia de un límite óptimo para maximizar este indicador. Rodríguez *et al.* (2021) señala que en camarones el efecto negativo sobre la supervivencia se observa a partir de densidades superiores a 1000 organismos por metro cúbico. Mientras que, Sócola (2016) menciona que, en etapas tempranas son más vulnerables generando estrés o hipoxia en las post-larvas, por ende, estos factores ocasionaran que la tasa de supervivencia del cultivo se reduzca.

Briones *et al.* 2025 concluye que la densidad de siembra influye directamente en el crecimiento, salud, supervivencia y calidad de agua, en altas concentraciones puede generar hacinamientos, estrés y deterioro de la calidad de agua, mortalidad disminuyendo el rendimiento productivo. De forma contraria Castillo & Hernández (2011) sostiene que en las densidades que evaluó, la supervivencia fue similar y que con el nivel tecnológico adecuado la productividad mejora con altas densidades.

Factores que afectan el crecimiento

Nutrición y alimentación

La dieta es un factor que afecta el metabolismo y el estado fisiológico de cualquier organismo, lo que puede repercutir en un aumento o disminución de la susceptibilidad a enfermedades (Cabrera Stevens, 2018).

La nutrición y la calidad de alimento son determinantes para salud de los organismos (Briones *et al.*, 2025). Los requerimientos nutricionales en el cultivo de *P. vanamei* para los productores ha sido un tema clave para mantener un peso saludable, una alta supervivencia y la calidad del sistema de cultivo, ya que la dieta varía según su fase de ciclo de vida, en las etapas iniciales de zoea son filtradores se alimentan principalmente de fitoplancton entre otros nutrientes sólidos, en mysis empiezan a consumir zooplancton, al llegar a la etapa post-larval o juvenil se consideran carroñeros bentónicos y omnívoros (Maldonado *et al.*, 2024)

Los alimentos que se suministran a los camarones están desarrollados con estructuras químicas fundamentales para su función y salud, por lo tanto, del 100 % de los nutrientes que proporcionan al cultivo, el 15 % no lo consume la especie, pero del 85 % que ingiere el organismo, un 48 % se utiliza para generar y mantener la energía metabólica, necesaria para realizar el proceso de Asubia, el 20 % es expulsado por las heces fecales y el 17% usado

para la cosecha (Cárcamo & Ruiz, 2011)

El cultivo necesita de una dieta correcta para un desarrollo idóneo, en ocasiones los alimentos en este sector pueden ser superior al 50 % de los costos en la producción, la nutrición del camarón comprende de diferentes proporciones entre los más importantes la proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales necesarios para el crecimiento que se espera obtener al final de la producción (Carrión *et al.*, 2023).

Proteínas

Los aspectos claves para la nutrición de los organismos acuícolas son las fuentes proteicas utilizadas para procesamiento y fabricación de los alimentos adecuados para su digestión y absorción, las enzimas de las proteínas pueden mejorar las propiedades funcionales de las especies (Liang *et al.*, 2022).

La calidad de las proteínas presenta características principales como en el caso del coeficiente de utilización digestiva y valor biológico, el cual se refiere al equilibrio de los aminoácidos esenciales para el organismo, generalmente se considera a las fuentes de proteínas con el balance de aminoácidos esenciales para promover un índice de desarrollo y crecimiento más elevado (Carvajal & Bolaños, 2013)

Las proteínas son esenciales para el crecimiento de los camarones, ya que favorecen el aporte energético constituyendo aproximadamente el 70 % en el cuerpo, el nivel de proteína dependerá de la fase de producción, en las fases iniciales de ciclo de vida como las post-larvas que requieren de proporciones más elevadas (Carrión *et al.*, 2023)

Carbohidratos

En la nutrición de organismos acuícolas, los carbohidratos representan una fuente energética económica y funcional, aunque su importancia varía según la especie y su capacidad digestiva. A pesar de que la digestibilidad de los carbohidratos depende de su complejidad molecular y puede incrementarse mediante tratamientos térmicos, permitiendo que los crustáceos almacenen estos nutrientes como glucógeno, su principal función es de energía primaria de consumo rápido, esencial para procesos metabólicos. Sin embargo, el aprovechamiento de estos es menor en peces y crustáceos que en mamíferos, por lo cual su incorporación en dietas balanceadas debe ser muy cuidadoso (Novoa *et al.*, 1993).

Lípidos

Los lípidos son componentes esenciales en la nutrición acuícola, ya que aportan energía metabólica de alta densidad y cumplen funciones estructurales y fisiológicas fundamentales en los organismos acuáticos. Además de ser la principal fuente de energía para el metabolismo muscular, los lípidos participan en la formación y mantenimiento de membranas celulares, el transporte de vitaminas liposolubles y la provisión de ácidos grasos esenciales, indispensables para la integridad celular y la síntesis de hormonas. La inclusión adecuada de lípidos en las dietas acuícolas permite que las proteínas se destinen principalmente al crecimiento, optimizando así el desarrollo de las especies cultivadas (Rombenso, 2017).

Vitaminas

Las vitaminas son consideradas como un grupo heterogéneo de compuestos orgánicos, necesarios para el crecimiento y mantenimiento de vida del organismo (Carvajal & Bolaños, 2013). Como requerimiento nutricional son esenciales para el metabolismo de *P. vannamei*, las cuales solo se necesitan en proporciones mínimas, este componente es importante para el crecimiento y reproducción de la especie, en tal caso la más usada en el cultivo es la vitamina C, la cual provee beneficios como la síntesis del colágeno, actúa como antioxidante, mejora la fase de muda, reduce el estrés en el cultivo y contribuye en la supervivencia del camarón (Maldonado *et al.*, 2024)

Manejo y calidad de agua

La calidad de agua es un factor importante que beneficia o afecta directa o indirectamente en la salud de las especies acuáticas, mantener los niveles óptimos son cruciales para un buen crecimiento y una supervivencia favorable, en la acuicultura es uno de los principales desafíos, por lo tanto, este sector busca regular y mantener las condiciones adecuadas, abarcando las características físicas, químicas y biológicas, que influyen en el cultivo, como los parámetros físico-químicos que tienen un efecto significativo, es recomendable realizar un control riguroso y monitoreos constantes de estos parámetros para obtener información crucial evitando generar situaciones críticas en la producción (García, 2018).

Parámetros fisicoquímicos

Para el éxito de la producción larval del camarón es fundamental considerar los

parámetros fisicoquímicos del agua, entre los cuales lo que tienen mayor impacto en el cultivo son el oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y el pH, estos factores son necesarios en el desarrollo metabólico de los organismos, por lo tanto, es necesario monitorearlos constantemente, asegurando un control más preciso en el seguimiento del cultivo (Carbajal *et al.*, 2017).

Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno desempeña un papel importante para la mejora de la calidad de agua, si la concentración del oxígeno disuelto alcanza los niveles cercanos a la saturación óptima para el cultivo, los organismos mostrarán un crecimiento óptimo y un buen estado de salud (Rahmawati *et al.*, 2021). Este factor va de la mano con la supervivencia de los camarones, ya que puede influir de forma positiva o negativamente, cuando sus niveles son bajos los organismos pueden estresarse, disminuyen la ingesta de los alimentos y el crecimiento es tardío, por lo tanto, se deben controlar, en especial por las noches cuando la concentración es baja por la acumulación del dióxido de carbono provocando barbeos hasta alcanzar la mortalidad, para evitar problemas en el cultivo se realizan recambios prolongadamente, los intervalos óptimos para su desarrollo son de 4 a 10 mg/L (Bustamante, 2022)

Temperatura (°C)

El control de este parámetro durante el proceso de producción larval es crucial, debido a que las fluctuaciones térmicas podrían provocar el retraso en el desarrollo metamórfico, causando que el cambio de estadio tarde completarse, por otro lado, mantener la temperatura en un rango estable permitirá que el organismo obtenga un buen desarrollo en su peso, favoreciendo en un periodo más corto su oferta en el mercado (Rodríguez, 2014). El intervalo de la temperatura en *P. vannamei* es de entre 25 °C y 34 °C, al influir fuera de este rango puede ser letal para las larvas, afectando la solubilidad y el consumo de oxígeno, causando un impacto en su actividad biológica, si este factor aumenta el oxígeno disminuye causando mortalidades masivas, como prevención se reduce la densidad de los organismos o se realizan recambios de agua, los camarones no toleran cambios bruscos en la temperatura, por lo tanto, se recomienda aclimatarlos antes de ingresar a otro ambiente (Cárcamo & Ruiz, 2011).

Salinidad (‰)

La salinidad es la concentración total de iones disueltos, el cual comprende de 7 elementos con las siguientes concentraciones de sodio 10,500 mg/L, magnesio 1,450 mg/L, calcio 400 mg/L, potasio 370 mg/L, cloruro 19,000 mg/L, sulfato 2,700 mg/L y bicarbonato 142 mg/L en el agua de mar a 34.5 ppm, en ambientes salobres este compuesto varía según la fuente de agua, por otro lado, la especie *P. vannamei* se puede cultivar en estanques costeros en salinidades de 1 a 40 ppm, el sector camaronero prefiere mantenerse en un intervalo de 20 a 25 ppm para el mejor desarrollo de la especie (Ulloa Tello, 2015)

Potencial de hidrógeno (pH)

el pH es una medida de la acidez o la alcalinidad del agua, debido a las concentraciones de los iones hidrógenos, que se representa en una escala de 0 a 14, si el agua se encuentra en un índice de 7 se considera neutro, mientras que en niveles altos se denominan ácidos, y en niveles bajos como básicos, por lo regular en estanques de agua salobre se mantiene un intervalo de 7 a 8 en la mañana y en la tarde se eleva de 8 a 9, el cambio fotosintético del fitoplancton es responsable, ya que en el día consumen dióxido de carbono elevando el pH, pero por las noches lo expulsan provocando una acumulación en el medio disminuyendo el pH, su fluctuación será mínima si se mantiene la alcalinidad, véase en la tabla 1 (García Hoyos, 2018; Paredes & Rodríguez, 2024).

Tabla 1. Efecto de diferencia de niveles de pH en el desarrollo del camarón

Efecto	pH
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4-5
Crecimiento lento	4-6
Mejor crecimiento	6-9
Crecimiento lento	9-11
Punto letal de alcalinidad	11

Fuente:(Ulloa Tello, 2015; Paredes & Rodríguez, 2024)

Turbidez

La turbidez es clave en la acuicultura, ya que está estrechamente vinculada con la productividad primaria y la disponibilidad de oxígeno disuelto, si este indicador se encuentra superior a 30 cm en el estanque significa que la productividad primaria es buena y los niveles de oxígeno son ideales, en caso contrario si se superan los 50 cm se relaciona con un exceso

de productividad ocasionando un declive crítico en el oxígeno especialmente en el transcurso de la noche, además, es importante controlar los niveles de fósforo y nitrógeno que son necesaria para el desarrollo fitoplanctoncito que es usado en el cultivo de los organismos acuícolas (Bustamante, 2022). Con los datos revisados, se detalla un resumen en la tabla 2 de parámetros de calidad de agua para el cultivo de *P. vannamei*.

Tabla 2. Parámetros de calidad de agua para el cultivo de *P. vannamei*

PARÁMETRO	RANGO OPTIMO
Temperatura (°C)	25-35
Oxígeno Disuelto (mg/L ⁻¹)	5.0-10.0
Salinidad (mg/L ⁻¹)	1-40
pH	6.0-9.0
Alcalinidad CaCO ₃ (mg/L ⁻¹)	100-140
Amonio Ionizado (mg/L ⁻¹)	0.1-1.0
Amonio no ionizado (mg/L ⁻¹)	<0.1
Nitritos N-NO ₂ , (mg/L ⁻¹)	<1
Nitratos N-NO ₃ , (mg/L ⁻¹)	0.2-10.0
Sólidos suspendidos totales (mg/L ⁻¹)	50-150

Fuente: (Burbano, 2016; Noguera, 2018) modificado por Martínez, (2025)

Métodos de evaluación de crecimiento y supervivencia

En la acuicultura moderna la precisión en la evaluación biométrica de organismos en etapas tempranas, como larvas y juveniles de camarón es esencial para optimizar la producción, minimizar las pérdidas y fortalecer la trazabilidad de los lotes. Tradicionalmente estos análisis se realizaban mediante merados manuales. Si bien estos procedimientos han demostrado ser efectivos, presenta limitaciones en cuanto a su velocidad, objetividad de los resultados y la capacidad de ampliarse a grandes volúmenes de muestras.

Herramientas tecnológicas actuales (Larvia)

LarvIA surge como una solución tecnológica que transforma este proceso de muestreo mediante el uso de inteligencia artificial. Esta aplicación permite analizar muestras de larvas, juveniles y adultos de camarón con una precisión superior al 99% generando resultados certeros, objetivos y en apreciadamente 15 segundos por muestra. Su implementación ha sido adoptada por más de 725 empresas en 17 países, lo que evidencia su impacto en la industria acuícola. Su uso mejora la eficiencia operativa e introduce un marco de estandarización y análisis comparativo en tiempo real.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio ha sido cuidadosamente diseñada para garantizar la validez y reproducibilidad de los resultados obtenidos en la evaluación del crecimiento de *P. vannamei* bajo diferentes densidades de siembra en condiciones de laboratorio. Considerando la relevancia de los factores experimentales en la acuicultura, se han establecido procedimientos rigurosos para el control de variables, la selección de tratamientos y el análisis estadístico.

Área de estudio

El presente estudio se condujo, en la provincia de Santa Elena, Ecuador sector Capaes, presentado en la figura 11, dentro de instalaciones de un laboratorio comercial especializado en la producción de larvas de camarón *P. vannamei*. En las instalaciones se dispuso del área experimental, del laboratorio en la cual simula en la escala correspondiente los tanques de producción del laboratorio, como se observa en el Anexo 1.

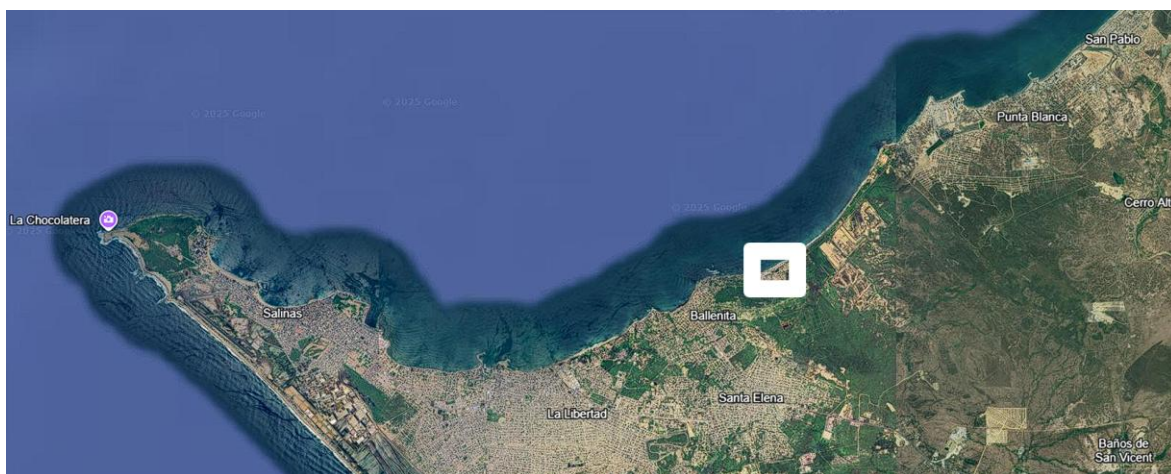


Figura 11. Geolocalización del área del experimento, sector los Capaes, Santa Elena-Ecuador.
Fuente: Google Earth, 2025.

Diseño Experimental

Se utilizaron tanques cilíndricos plásticos de 1000 L, provistos de fondo plano y equipados con sistema de calentamiento de agua por serpentines de manguera de polietileno no tóxica. Un esquema de este se puede observar en la figura 12. El suministro de oxígeno se garantizó a través de aeración inducida por tubería de cloruro de polivinilo perforadas y un blower (modelo VFC300p-5T, marca Fuji, Japón) regenerativo eléctrico de 2 Hp de

potencia, siguiendo los procedimientos recomendados en la literatura (Seidman & Lawrence, 1985).

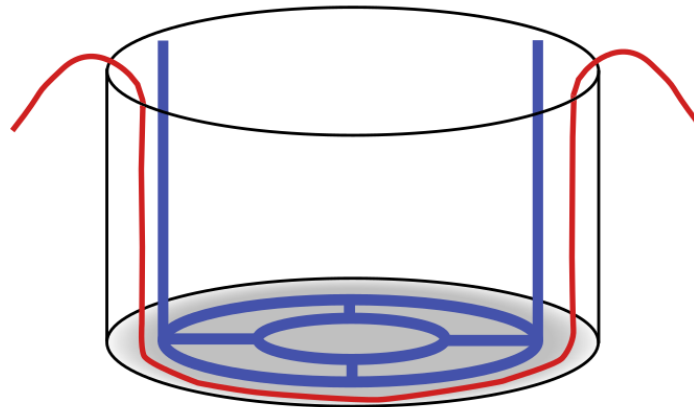


Figura 12. Esquema de tanque de 1000 L con aeración y calefacción
Fuente: propia

Se evaluó cinco densidades de siembra, 100 (E1), 200 (E2), 300 (E3), 400 (E4) y 500 (E5) individuos por litro por triplicado. Se utilizaron larvas de *P. vannamei* adquiridas de un criadero certificado en estadio nauplio 5 en la zona San Pablo, Ecuador. La calidad de los nauplios fue verificada mediante análisis microscopio, de acuerdo con los criterios descritos por Treece & Yates (1993). El conteo de organismos fue realizado mediante el método volumétrico adaptado, basado en la técnica propuesta por Juárez *et al.* (1996), recolectando cuatro muestras aleatorias de 1 mL de cada contenedor de 20 L, homogenizados previamente por aireación intensa y contando el número de nauplios en la muestra; mediante una relación directa con el volumen fue estimado el número de animales.

Los individuos fueron transportados en bolsa plástica, con agua de mar saturada de oxígeno (salinidad de 31 ppt, temperatura de 31 °C), en concordancia con los protocolos de transporte empleado por Godínez *et al.* (2005) en su trabajo. La siembra se realizó inmediatamente a la llegada, ajustando la densidad según el diseño experimental. La metodología se presenta en forma de diagrama de flujo en la Figura 13.

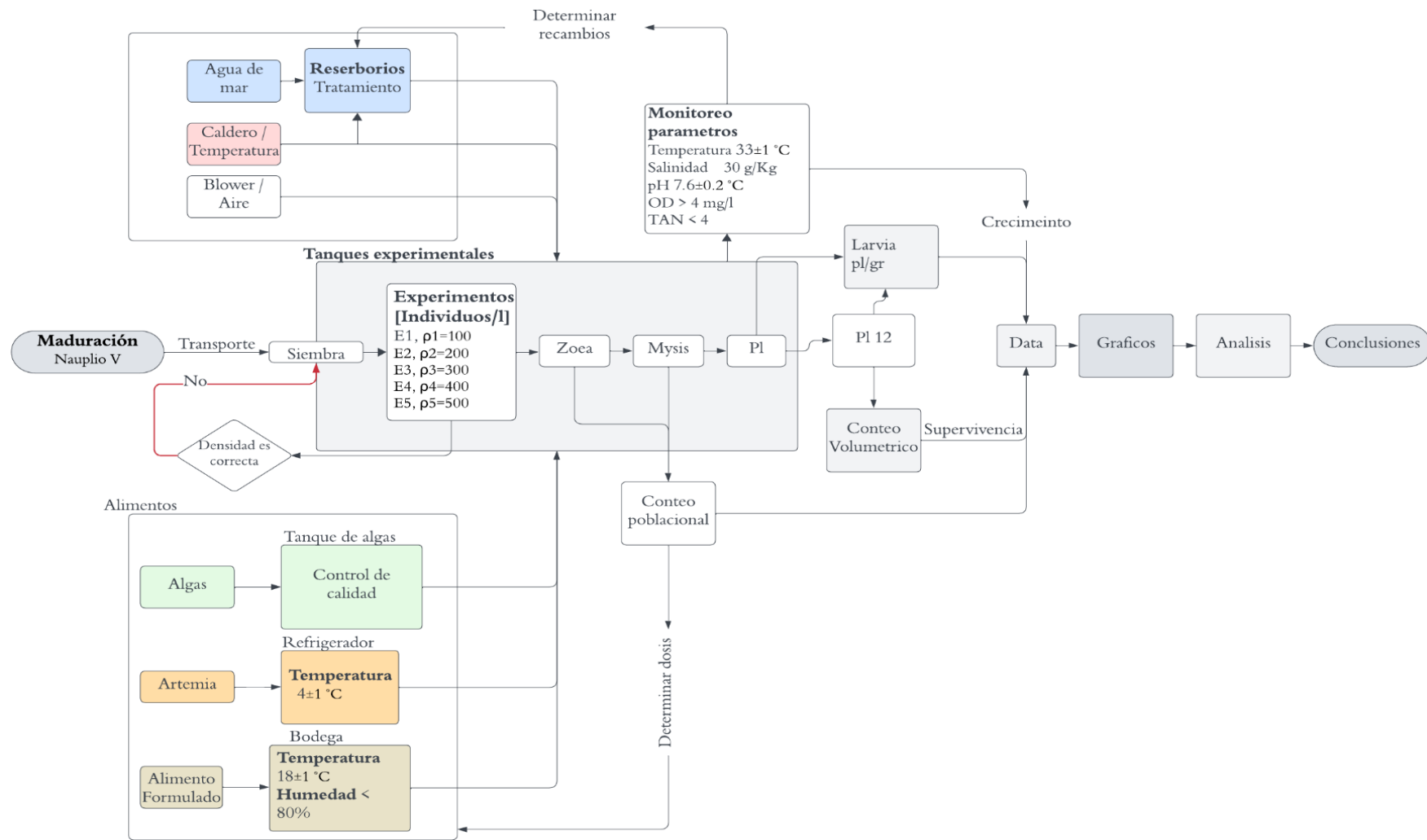


Figura 13. Diagrama de flujo de sistema experimental
Fuente: Autoría propia

Preparación de agua

El agua utilizada en el cultivo se obtuvo de la costa del Pacífico y se filtró mediante arena y filtros verticales de algodón con apertura de 10 μm . Se utilizó un refractómetro para determinar la salinidad de 31 ppt, ajustando la concentración mediante la adición de agua dulce. Posteriormente, fue tratada con una solución de hipoclorito sódico al 10% con una dosificación de 12 mL/l para desinfección. Posteriormente, se realizó la neutralización de cloro residual mediante la adición de ácido ascórbico a razón de 5 mg/L, procedimiento respaldado por Boyd & Tucker (1998).

Monitoreo de parámetros fisicoquímicos

El monitoreo y control de los parámetros fisicoquímicos se realizó según las siguientes directrices: la temperatura y OD fueron registrados a intervalos de una hora utilizando un medidor multiparámetro (modelo Pro2030, marca YSI, EE. UU.). Las variaciones de temperatura se ajustaron regulando el flujo de agua a través de los serpentines, asegurando la estabilidad térmica en los sistemas experimentales. Para determinar la salinidad, se utilizó un refractómetro previamente calibrado (modelo HI9682, marca Hanna, EE. UU.), realizando controles diarios para asegurar la estabilidad del parámetro. En cuanto al, pH y $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ se midió dos veces por día, empleando un pH-metro (modelo Pinpoint pH Monitor, marca American Marine Inc., EE. UU.) y kits de análisis API para nitrógeno amoniacal totales (TAN), respectivamente. Los valores de TAN sirvieron como referencia para determinar el volumen de recambio de agua tratada en los contenedores, manteniendo las condiciones óptimas para el desarrollo larval. El valor de amoníaco no ionizado se calcula mediante las fórmulas descritas por Spotte & Adams (1983).

$$\text{NH}_3 = \frac{\text{TAN}}{1 + 10^{(pK-pH)}} \quad (1)$$

$$pK = 0.09018 + \frac{2729.92}{T + 273.1} + (0.1552 - 0.000314 * T) * I \quad (2)$$

$$I = 19.973 * \frac{S}{1000 - 1.2005109 * S} \quad (3)$$

Donde:

NH_3 = amoníaco

pK= termino experimental en función de temperatura y salinidad

T= temperatura en $^{\circ}\text{C}$

S = Salinidad

I = fuerza iónica molar

Alimentación

La selección de alimentación empleada en el experimento utilizó la metodología expuesta por J. F. Bermúdez *et al.* (2023), adaptada con base en recomendaciones proporcionadas por el personal especializado del laboratorio. Se restringió a microalgas, artemia y alimento formulado.

Respecto a la alimentación, se suministró *Thalassiosira weissflogii* por sus ventajas nutricionales para *P. vannamei* (Tam *et al.*, 2021), obtenida de laboratorios comerciales, en concentraciones iniciales de $200,000 \pm 10,000$ cel/mL, reduciendo su densidad a 40,000 cel/mL para almacenamiento, manteniendo condiciones de 24–26°C, 31 ppt de salinidad y pH entre 8.4 a 9.2 (Piña *et al.*, 2006). Adicionalmente, se empleó pasta comercial de *Artemia sp.* (Wilforf, Ecuador) en forma de nauplio en estadio instar 1 con densidad de 70,000 nauplios/g y complementariamente se empleó los alimentos balanceados Elevia (Skretting, Fontenay, Francia) y Origin (Nicovita, Callao, Perú) con una dosificación diaria equivalente al 25% de la biomasa estimada. El resumen de dieta dosificada se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Régimen alimenticio durante el ensayo.

Alimento	Estadíos larvarios			
	Zoea	Mysis	Pl-1 a 5	Pl-6 a 10
<i>Thalassiosira weissflogii</i> (cel/mL)	10.000-20.000	25.000	25.000	
<i>Artemia sp.</i> (nauplios/org)		30	20	10
Elevia 0 (g / mil org al día)	2-8			
Elevia I (g / mil org al día)		10-30		
Origin 0.3 (g / mil org al día)			35-100	
Origin 0.5 (g / mil org al día)				120-200

Fuente: Elaboración propia.

Alimento empleado en los estadíos larvarios en, donde se implementan las dietas Elevia 0 (60% proteína), Elevia 1 (60% proteína) (Skretting, 2022), Origin 0.3 (45% proteína), Origin 0.3 (45% proteína) (Nicovita, 2025) distribuida en ocho dosis desde la simbra hasta Pl-2 y doce hasta la cosecha.

Mediciones Biométricas

La estimación poblacional fue efectuada diariamente mediante dos muestreos volumétricos de 250 mL de cada contenedor, desde la siembra hasta el estadio mysis 3. Para el análisis biométrico larval se utilizó la aplicación LarvIA (LarvIA AI, Ecuador) permite

obtener datos precisos de conteo, longitud (mm) y estimación de peso (mg) a partir de imágenes digitales de la muestra, también calcula uniformidad mediante un coeficiente de variación de forma porcentual, tanto para longitud como peso a partir de imágenes digitales de las larvas y datos de biomasa calculado mediante gravimetría. Al finalizar el experimento, la población se determinó mediante volumetría. Con la volumetría se adquiere el número de animales cosechados, con los cuales se determina la supervivencia (Su) del experimento. Con los datos adquiridos hasta el momento se establece un Índice de Rendimiento (IR) calculado mediante la siguiente ecuación.

$$Su = \frac{N}{N_0} * 100 \quad (4)$$

Donde:

Su= supervivencia porcentual

N_0 = número de organismos sembrados

N= número de organismos cosechados

$$IR = \frac{N * \bar{w}}{\delta} \quad (5)$$

Donde:

IR= índice de rendimiento

\bar{w} = peso promedio

δ = densidad de siembra

Para el monitoreo y control de los parámetros fisicoquímicos se midió temperatura y OD. Estos fueron registrados en intervalos de dos horas utilizando un medidor multiparámetro (modelo Pro2030, marca YSI, EE. UU.). Las variaciones de temperatura se ajustaron regulando el flujo de agua a través de los serpentines, buscando una variación térmica mínima en los sistemas experimentales. Para medición de salinidad, se empleó un refractómetro (modelo HI9682, marca Hanna, EE. UU.), con controles diarios que aseguraron la estabilidad de este parámetro.

En cuanto al, pH y $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ se midió dos veces por día, empleando un pH-metro (modelo Pinpoint pH Monitor, marca American Marine Inc., EE. UU.) y kits de análisis API para nitrógeno amoniacal totales (TAN), respectivamente. Los valores de TAN sirvieron como referencia para determinar el volumen de recambio de agua tratada en los contenedores, manteniendo las condiciones óptimas para el desarrollo larval. El valor de

amoníaco no ionizado se calcula mediante las fórmulas descritas por Spotte & Adams (1983).

Materiales

- **Tanques experimentales**
 - Tanques cilíndricos plásticos de 1000 L, fondo plano.
- **Equipos de control y monitoreo**
 - Sistema de calentamiento de agua por serpentines de manguera de polietileno no tóxica.
 - Aeración inducida por tubería de cloruro de polivinilo perforada.
 - Blower eléctrico regenerativo (modelo VFC300p-5T, marca Fuji, Japón, 2 Hp).
 - Medidor multiparámetro (modelo Pro2030, marca YSI, EE. UU.).
 - Refractómetro (modelo HI9682, marca Hanna, EE. UU.).
 - pH-metro (modelo Pinpoint pH Monitor, marca American Marine Inc., EE. UU.).
 - Kits de análisis API para nitrógeno amoniacal total (TAN).
- **Material biológico**
 - Larvas de *P. vannamei* en estadio nauplio 5, adquiridas de criadero certificado.
- **Materiales para transporte y siembra**
 - Bolsas plásticas para transporte de larvas.
 - Agua de mar saturada de oxígeno (salinidad de 31 ppt, temperatura de 31 °C).
- **Materiales para preparación y tratamiento de agua**
 - Filtros de arena y filtros verticales de algodón (apertura de 10 µm).
 - Solución de hipoclorito sódico al 10%.
 - Ácido ascórbico.
- **Materiales para alimentación**
 - Microalgas: *Thalassiosira weissflogii*.
 - Pasta comercial de *Artemia sp.* (Wilforf, Ecuador).
 - Alimentos balanceados: Elevia (Skretting, Francia), Origin (Nicovita, Perú).
- **Materiales para muestreo y medición**
 - Material volumétrico para muestreo (vasos, pipetas, etc.).
 - Aplicación LarvIA (LarvIA AI, Ecuador) para biometría digital.

- **Materiales para análisis estadístico**
 - Software R Studio para análisis de datos.

Análisis estadístico

Los datos colectados fueron analizados utilizando el software R Studio. Se empleo la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad, mientras que la prueba de Levene permitió determinar la homogeneidad de varianzas. Las diferencias entre tratamientos fueron examinadas mediante un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), para encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones fisicoquímicas de los tanques de ensayo se mantuvieron dentro de los rangos previstos, como se presenta en las figuras y tablas a continuación. La figura 14, 15 y 16 presentan series de mediciones por estadio para cinco tratamientos. Cada tratamiento aparece representado por una línea continua con una banda sombreada que indica la variabilidad alrededor de la media.

La figura 14 presenta la evolución de la temperatura promedio y del OD promedio a lo largo de los estadios para los cinco tratamientos evaluados. Como se puede observar las variaciones de temperatura se mantienen en un ± 0.5 °C, entre 32.5 y 33.5 °C, lo cual es relativamente constante, con mínimas oscilaciones y baja variabilidad entre las réplicas.

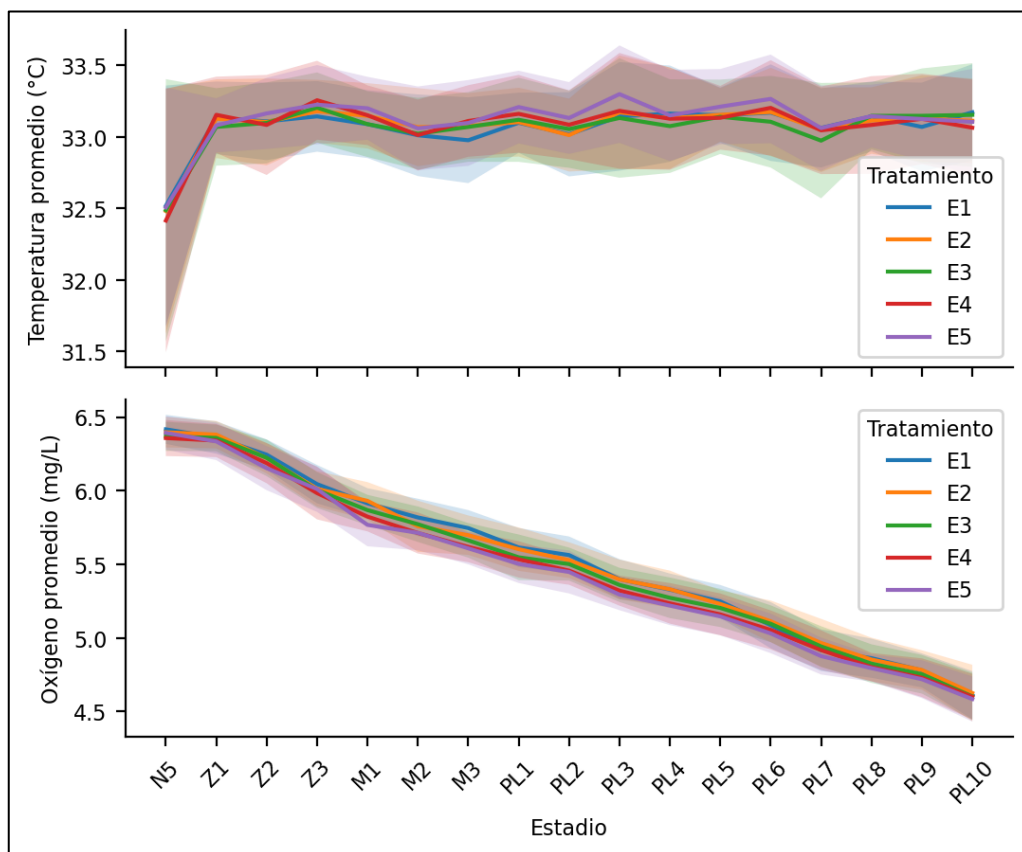


Figura 14. Promedios de temperatura y oxígeno en función de los estadios.

Fuente: Autoría propia

En contraste el oxígeno mostro una disminución sostenida desde los 6.5 mg/L hasta valores de 4.5 mg/L, con una tendencia de decrecimiento constante. La oscilación entre replica es baja. El oxígeno del tratamiento E5 siempre fue el menor mientras E1 el mayor, lo cual es previsible por las densidades estudiadas, sin embargo, el incremento del consumo de oxígeno es notorio más por el incremento de la biomasa, y no tanto por la densidad.

En la figura 15, el panel superior muestra la salinidad en ppt, mientras que el inferior muestra el pH. La salinidad se fue reduciendo hasta M2, se mantuvo constante hasta PL-7 y se comenzó una nueva reducción en su salinidad. Esto se hizo con la intención de mantener un estado osmótico libre de estrés para las larvas y postlarvas. El pH se mantuvo en un rango estrecho entre 7.4 a 8.0, con oscilaciones mores y menor variabilidad entre tratamientos de menor densidad. La reducción en el pH inicial responde al ingreso de algas y mantener valores menores de pH para mitigar los efectos tóxicos del amoniaco.

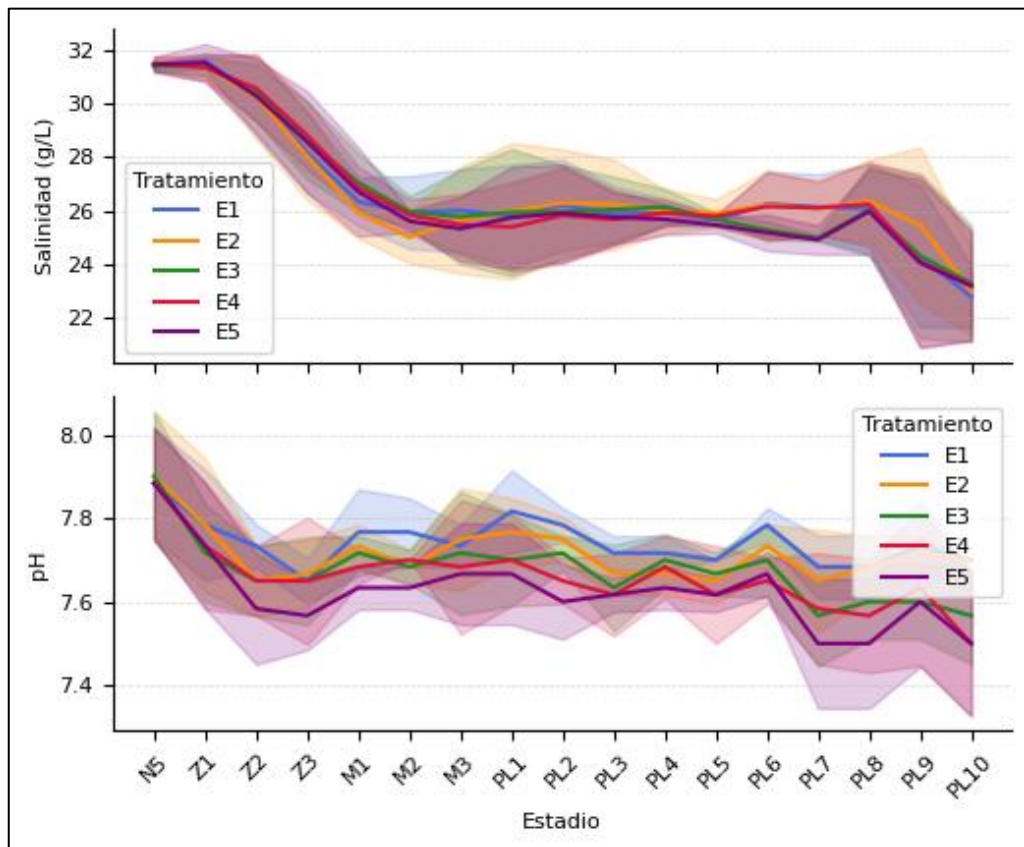


Figura 15. Promedio de Salinidad y pH en función de los estadios.

Fuente: Autoría propia

La figura 17 muestra la distribución del TAN promedio y del NH₃-N, promedio a lo largo de los estadios evaluados, para los 5 tratamientos. El TAN presenta variaciones marcadas entre estadios, con picos mayores en los tratamientos E5 y E2. A pesar de ser irregular, marca una tendencia clara de crecimiento, que, combinándolo con la información de continuos recambios en mayores medidas según las acumulaciones de amoniaco, se convierte en un tema crítico para el desarrollo del ensayo, por lo cual, se detuvo la toma de datos en PL-10. Como se puede observar en los anexos 5,6 y 7, el alto nivel de materia orgánica acumulada, combinados con limitaciones físicas al aumentar los recambios limitaron el trabajo.

Entre los estadios más notorios se encuentra M2 donde el crecimiento paulatino de amonio se vuelve irregular, consecuencia de los recambios que iniciaron. En PI-6, se observa un pico muy marcado en el crecimiento de TAN, coincidente con el cambio de dieta a partículas mayores. También se observa un valle en PI-7, consecuencia de incrementar la tasa de recambio. A pesar de este esfuerzo, se vuelve a ver crecimiento abrupto de TAN en los siguientes estadios.

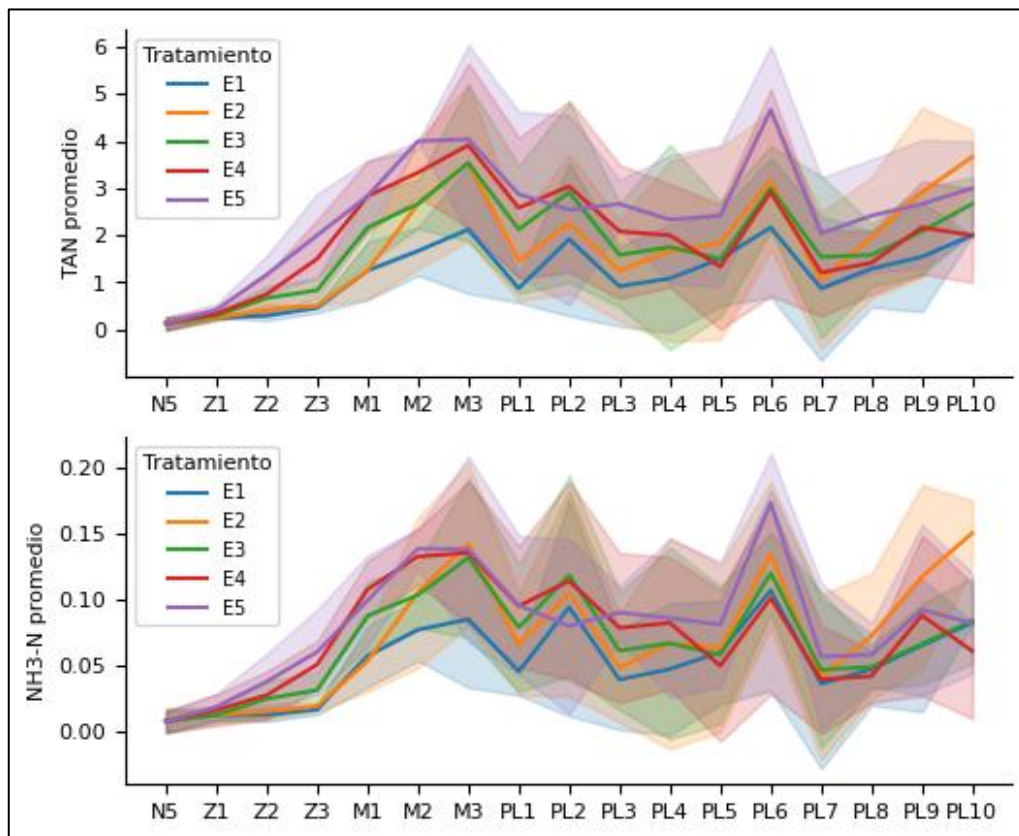


Figura 16. TAN y amoníaco en función de los estadios.

Fuente: Autoría propia

Además, se puede observar que en amoníaco mantiene un patrón similar al TAN, con la variación de que sus picos y valles son más acentuados. Consecuencia de las demás variables de las que depende, como la salinidad y el pH. A pesar de los intentos, a partir de PI-9, se vuelve insostenible mantener el amoníaco debajo de 0.1 mg/L.

para obtener una visión general de los datos recolectados sobre los parámetros físicos y químicos durante el experimento, se presenta la tabla 4, que resume las mediciones realizadas durante el periodo experimental. El análisis de estos datos permite observar una tendencia clara en los tratamientos de mayor densidad, se registra un incremento en la concentración de TAN, así como amoníaco. Este patrón refleja consistentemente los

resultados esperados, evidenciando la influencia de la densidad en la acumulación de amonio, al mantener una dieta relativa a la biomasa del tratamiento. La tabla facilita la determinación de esta relación.

Tabla 4. Promedios y desviación estándar de parámetros fisicoquímicos del agua monitoreados.

Tratamiento	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Salinidad (ppt)	pH	TAN (mg/L)	Amoniacó (mg/L)
E1	33,07±0,36	5,54±0,54	26.87±2.54	7.74±0,09	1.17±1.09	0,05±0,05
E2	33,09±0,36	5,53±0,53	26.89±2.57	7.71±0.10	1.70±1.57	0,07±0,06
E3	33,07±0,38	5,50±0,53	26.82±2.60	7.68±0,12	1.80±1.41	0,07±0,05
E4	33,09±0,38	5,47±0,53	26.86±2.59	7.66±0,13	1.96±1.51	0,07±0,06
E5	33,13±0,36	5,45±0,54	26.65±2.68	7.63±0.13	2.44±1.61	0,08±0,06

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: En resumen, se pudo mantener las condiciones esperadas hasta el estadio Pl-10, mas no se continuo hasta estadios más grandes por la tendencia a menores niveles de oxígeno disuelto y un incremento del amoniaco.

Durante el primer día de experimento, la temperatura del agua en los contenedores fue elevada a 33°C. Esto se debe a que temperaturas superiores a 32°C promueven la metamorfosis larval y actúan como una medida de control contra enfermedades como mancha blanca (Cook & Murphy, 1969). La salinidad se reguló para que descienda a lo largo del ensayo, manteniendo un promedio de 26.8 ppt. Los niveles de oxígeno disuelto (OD), se mantuvieron superiores a 4 mg/L (Seidman & Lawrence, 1985). Las concentraciones de TAN permanecieron en valores menores a 4 mg/L, acorde al valor expuesto por De Lourdes Cobo *et al.* (2014) con LC50 para Z1; en ningún momento superaron las 12 horas de exposición. El pH durante el cultivo permaneció por debajo de 8 (Magallón Barajas *et al.*, 2006).

La Figura 17 muestra la relación entre tamaño longitudinal en mm en los estadios de los distintos tratamientos, con el porcentaje de crecimiento diario a partir de Pl-4 hasta Pl-10. El diagrama de cajas se puede observar que las Pl, crecen longitudinalmente conforme pasan los estadios, aunque la dispersión y variabilidad difieren entre tratamientos. E1 y E4 se observa una mayor dispersión de longitudes en los estadios mayores (Pl-8 a Pl-10), indicando que hay un crecimiento desigual, probablemente por competencia o acceso desigual a recursos. Por otro lado, E5, a pesar de ser la densidad elevada, presenta menor variabilidad en la longitud, que podría ser causado por una competencia uniforme por los recursos. E2 sostienen un menor crecimiento general y una menor dispersión mayormente.

El gráfico de razón de crecimiento longitudinal indica que en PI-6 el intervalo de confianza del 95%, incrementa en todos los tratamientos, consecuencia de una mayor variabilidad; al igual que su tasa de crecimiento de forma general aumenta. Se estabiliza en PI-7 donde, de forma general, todos los tratamientos reducen la dispersión y el crecimiento presente el PI-6. A partir de ese estadio, la dispersión se mantiene moderada y los rangos de crecimiento también se estabilizan. El tratamiento con mayor dispersión es el E2, mientras E1 y E5, mantuvieron la menor dispersión durante todo su crecimiento.

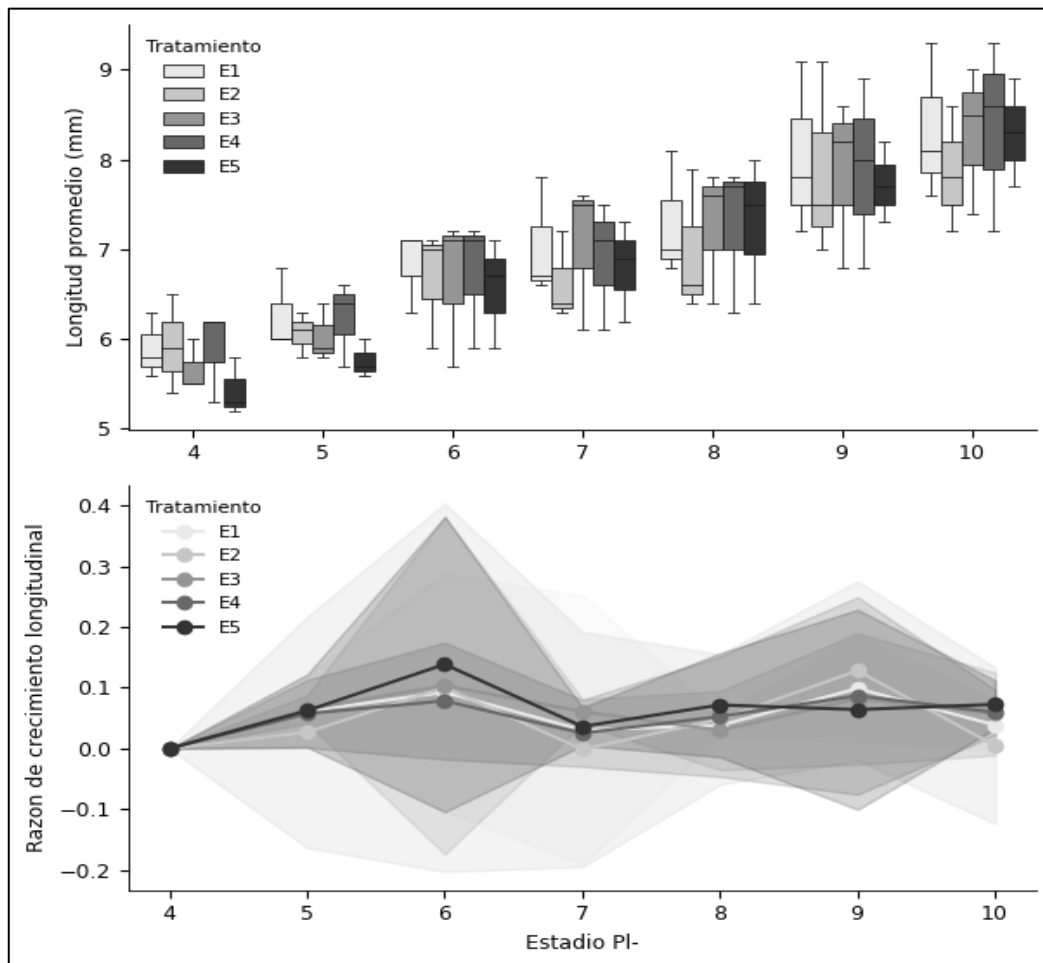


Figura 17. Longitud en diagrama de cajas y razón de crecimiento con intervalo de confianza de 95% por estadio y tratamiento.
Fuente: Autoría propia

El efecto de la densidad sobre el peso, tamaño y supervivencia en PI-10 se presenta en la Tabla 3. Los pesos promedio de las larvas variaron ligeramente entre los tratamientos, con E4 mostrando el mayor peso promedio (3.98 ± 1.37 mg) y E2 el menor (3.35 ± 0.85 mg). Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. En cuanto a la longitud promedio, las larvas de E4 mostraron la mayor longitud (8.37 ± 1.07 mm), mientras que las de E2 tuvieron la menor (7.87 ± 0.70 mm), aunque estas diferencias tampoco fueron significativas. En términos de supervivencia, las larvas en E1 tuvieron la mayor

supervivencia ($75.33\pm 11.50\%$), mientras que las de E4 registraron la menor ($46.66\pm 10.65\%$), valores que no difieren con los tratamientos E3 y E5. El IR, indica que el mejor resultado fue obtenido en E1 (0.29 ± 0.05) en concordancia con la supervivencia, mientras que E3 y E4, presentan el valor más bajo de 0.19.

Tabla 5. Comparación de promedios de peso, longitud, supervivencia e índice de rendimiento según tratamiento experimental en PI-10.

Tratamiento	Peso (mg)	Longitud (mm)	Supervivencia (%)	IR
E1	3.91 ± 1.27	8.33 ± 0.87	75.33 ± 11.50	0.29 ± 0.05
E2	3.35 ± 0.85	7.87 ± 0.70	64.33 ± 16.17	0.21 ± 0.03
E3	3.89 ± 1.12	8.30 ± 0.82	47.78 ± 20.85	0.19 ± 0.10
E4	3.98 ± 1.37	8.37 ± 1.07	46.66 ± 10.65	0.19 ± 0.09
E5	3.82 ± 0.76	8.30 ± 0.60	52.93 ± 12.41	0.20 ± 0.06

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 18 se presenta la distribución, mediana, dispersión y presencia de valores atípicos para cada variable en los diferentes tratamientos experimentales. Para peso promedio (mg) se observa que E1 y E4 muestran medianas altas, mientras que E2 presentan valores bajos y menor dispersión, E3 registra valores medio de peso, pero una mayor dispersión y E5 presenta una mediana intermedia y una dispersión moderada. La longitud promedio (mm) sigue una tendencia similar al peso, con E1 y E4 destacando por valores medianos superiores. E2 y E3 presentan longitudes menores y mayor variabilidad. E5 se situó en un rango intermedio.

La supervivencia muestra diferencias apreciables entre experimentos. E1 presenta la mayor valor y menor dispersión, indicando una alta y consistente supervivencia. E2 y E5 muestran valores medios altos, pero con mayor variabilidad. E3 y E4 presentan las supervivencias más bajas y dispersas, lo que podría estar relacionado con las condiciones experimentales o la densidad de siembra. Finalmente, el IR presenta mayor valor en E1, lo que sugiere que estos experimentos lograron una mayor biomasa relativa por densidad. E2, E3, E4 y E5 presentan valores menores pero consistente entre ellos, y E2 indica la menor dispersión.

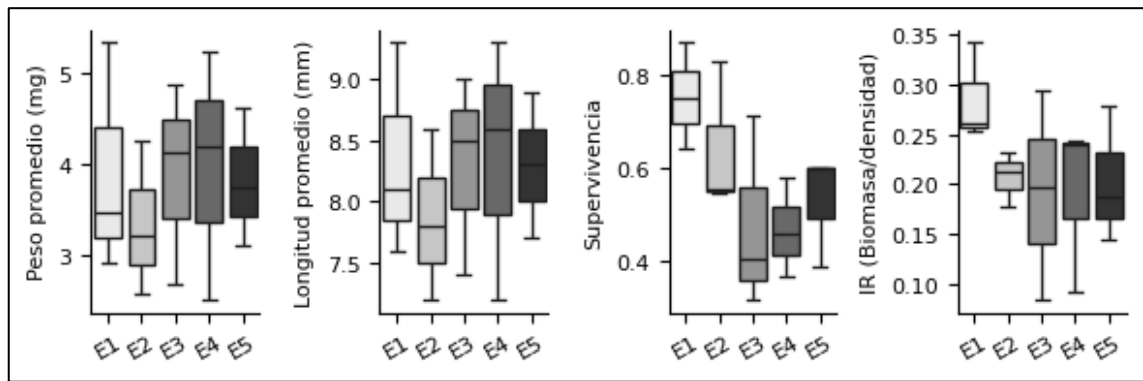


Figura 18. Diagrama de caja Para peso, longitud, supervivencia e IR en PI-10.
Fuente: Autoría propia

El peso, longitud, supervivencia e IR presentan una distribución compatible con la normalidad, según la prueba de Shapiro-Wilk tanto de forma global como por grupos (p -values > 0.05). La prueba de Levene indicó homogeneidad de varianzas entre los grupos para todas las variables (todos los p -valores > 0.05). En la Tabla 6. resumen los valores obtenidos para las variables analizadas mediante la prueba estadísticas de ANOVA cuyos resultados muestran valores de p superiores a 0.05, confirmando la ausencia de diferencias significativas entre los grupos experimentales respecto a peso, longitud y supervivencia.

Tabla 6. Comparación de Resultados Estadísticos entre ANOVA

Variable	ANOVA	
	F-Statistic	P-Value
Peso (mg)	0.160	0.954
Longitud (mm)	0.187	0.940
Supervivencia	2.043	0.164
IR	0.895	0.502

Fuente: Elaboración Propia

Al no contar con una diferencia significativa, se agrupa los datos de forma global, determinando que el peso medio es de 3.79 ± 0.961 (mm) y una longitud media de 8.3 ± 0.726 . Este dato de peso equivale a un PI/g de 263.8 en PI-10. Los resultados obtenidos en este estudio indican que las variables dependientes (peso, longitud, supervivencia e IR) no presentan variaciones estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos de densidad.

Luego de comprobar la normalidad y homogeneidad, se empleó pruebas paramétricas ANOVA. Los valores de significancia obtenidos ($p > 0.05$) sugieren que no hay evidencia de un efecto atribuible a la densidad de siembra sobre las variables estudiadas. Este hallazgo

indica que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, las diferencias observadas pueden deberse al azar.

En términos de peso y longitud, los tratamientos E1 y E4 mostraron un mayor crecimiento y una dispersión alta, con E4 alcanzando el mayor tamaño. El tratamiento E5, que obtuvo un crecimiento medio, presentó una menor dispersión. Estos resultados no indican una tendencia de que el tamaño alcanzado dependa de la densidad de siembra. Al ser experimentos con parámetros controlados, lo que sugiere que otros factores, como la congregación de organismos o la segregación desigual de recursos alimenticios, pueden influir en el crecimiento. La investigación de Bermudes *et al.* (2022), analizó el efecto de la densidad larvaria, y la ración alimenticia desde el estadio zoea y concluyó en mysis en el que determinó que la densidad de 300 org/L, tuvieron los mejores resultados, valores que difieren de los resultados de la presente investigación hasta P1-10, donde el mayor tamaño en peso y longitud se alcanzó con densidades de 400 org/L.

Tabla 5. Resultados de diferentes densidades estudiadas con sus respectivas etapas analizadas.

Autor (año)	Etapas	Densidades evaluadas	Principales Resultados
Bermudes <i>et al.</i> (2022)	N5 a M1	100, 200, 300, 400 org/L	El crecimiento y supervivencia mejoraron hasta la densidad de 300 org/L
De Lorenzo <i>et al.</i> (2016)	M1a P1-5	200, 250, 300, 350	Sin diferencias significativas en peso y supervivencia al final del experimento.
Rakhfid (2017)	PL-10	0.5, 1, 1.5 Pl/L	Mayor densidad menor crecimiento, pero no hay diferencia significativa entre las supervivencias.
Sorroza (2019)	A partir de P1-12	20, 30, 40 Pl/L	A mayor densidad menor crecimiento y supervivencia
Noguera Muñoz (2018)	Superior a P1-17	300, 500, 700 Pl/m ³	A mayor densidad el peso disminuye, pero la supervivencia es estable.
Loaiza Guillen & Ordoñez Jumbo (2022)	Juveniles	100, 300 org/ m ³	El crecimiento y supervivencia se relacionan directamente con la densidad y nivel tecnológico
Williams <i>et al.</i> (1996)	Juveniles	28.4-284.1 org/ m ³	La supervivencia y crecimiento decrecen con el aumento de densidad.
Alonso Castillo & Hernández Fernández (2011)	Juveniles	40-80 org/m ²	La supervivencia fue similar, y el crecimiento disminuyó con la densidad, obteniendo una mayor productividad con alta densidad.
Rodríguez <i>et al.</i> (2021)	Juveniles	500, 1 000, 1 500 org/m ³	El efecto de dependencia de la densidad se observó para densidades mayores a 1000 org/ m ³

Fuente: Elaboración Propia

Al iniciar las mediciones de longitud, se observó que E5 presentó la menor longitud. El rango de tamaños alcanzados en P1-5, de 6.07 ± 0.36 está dentro del rango de tamaños expuesto por De Lorenzo *et al.* (2016), quienes analizaron el comportamiento de varias densidades de mysis 1 a P1-5 y el peso, reportando no encontrar diferencias significativas, pero aseguran que existió diferencias de longitudes, siendo 250 org/L la de menor longitud; mientras que, en el presente documento E5 fue el de menor longitud y entre las densidades

comparables, E3 presentó menor crecimiento, posiblemente debido a que por la diferencia de supervivencia afectó directamente en la disponibilidad de recursos.

El valor registrado en PI-5 (6.07 ± 0.36) se encuentra dentro del rango documentado por De Lorenzo *et al.* (2016), quienes, si bien no reportaron diferencias significativas en atribuibles a la densidad, identificaron una menor longitud a 250 PI/L. Es relevante señalar que, el estudio se realizó bajo condiciones experimentales y periodos distintos a las del presente trabajo. En esta investigación, el tratamiento E5 registró la menor longitud en dicho estadio, mientras E3 presentó el menor crecimiento entre densidades comparables. Esta diferencia podría explicarse porque tanto E3 como E5 fueron sometidos a una extensión experimental mayor, que permitió observar efectos acumulativos sobre la supervivencia y, en consecuencia, la disponibilidad de recursos, impactando en los resultados obtenidos.

La supervivencia fue mayor en las bajas densidades, como se observó en el tratamiento E1; sin embargo, la disminución no fue lineal, ya que el valor mínimo se registró en E4 y posteriormente se incrementó en E5. Cabe mencionar que las tasas de supervivencia en densidades de 300 a 500 org/L fueron muy similares entre sí. Inicialmente, este comportamiento concuerda con estudios anteriores que señalan una mayor supervivencia a densidades más bajas. Por su parte, Vite Arismendiz (2018) comparó densidades de 100 y 115 org/L, obteniendo supervivencias de 87.66% y 79.94% respectivamente desde el estadio PI-7 a PI-13, lo que indica una disminución de la supervivencia al aumentar la densidad. No obstante, al emplear densidades elevadas, es posible observar una tendencia asintótica, en la que, si se mantienen constantes las condiciones del cultivo, la supervivencia no continúa disminuyendo con el aumento de la densidad.

Es importante destacar que, la metodología para medir el peso y la longitud de las larvas probablemente influyó en los resultados. En este estudio, se utilizó la aplicación LarvIA, que permitió obtener datos precisos de longitud a partir de imágenes digitales, lo que reduce la acumulación de errores de medición e incrementa el número de individuos analizados de cada grupo proporcionando una media estadística más robusta. La precisión de la balanza, la humedad residual, la diversidad biológica y materia orgánica filtrada con los animales, afectan el peso medido. Según Moreira-Ferreira *et al.* (2020), el método de medición puede afectar considerablemente los resultados. Por lo que en este experimento, se buscó reducir el error asociado al método gravimétrico mediante el uso de LarvIA, y mejorar la confiabilidad al reducir la incertidumbre del conteo de organismos, minimizando la propagación de errores (Taylor, 1997).

En cuanto al IR, los resultados muestran que el tratamiento E1 presentó el mayor IR (0.29 ± 0.05), lo que sugiere que las densidades bajas favorecen un mejor rendimiento biológico. sin embargo, en términos de recursos y espacio, la variación de rendimiento entre E2 y E5, no fue mayor, con lo cual puede resultar económicamente más atractivo trabajar con densidades mayores, dejando abierto a consideración los costos de producción y manejo del sistema.

CONCLUSIONES

El estudio permitió cultivar larvas de *Penaeus vannamei* hasta postlarva 10, manteniendo un estricto control sobre los parámetros fisicoquímicos como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y concentración de amoníaco. Sin embargo, el ensayo debió finalizar en P1-10 debido a complicaciones asociadas a la acumulación de amonio en los sistemas de cultivo, lo que limitó la continuidad experimental. A pesar de este inconveniente, se logró obtener información relevante sobre el desarrollo larval y el impacto de la densidad de siembra bajo condiciones controladas.

Los resultados obtenidos indican que la densidad de siembra evaluadas no constituye un factor limitante para el crecimiento de larvas de *P. vannamei*, en condiciones controladas. Aún con condiciones tan disímiles de siembra, no se observaron diferencias significativas en el crecimiento analizado por peso y longitud.

Al finalizar el experimento se constató que el tamaño y la supervivencia de las postlarvas no presentan variaciones significativas entre los diferentes tratamientos de densidad. El peso medio global fue de 3.79 ± 0.96 mg y la longitud media de 8.3 ± 0.73 mm.

Las densidades de siembra bajas favorecieron la supervivencia y mejoraron el rendimiento biológico; mientras que, las densidades altas mostraron una mejor uniformidad en peso y longitud, además la supervivencia a partir de densidades medias presentó valores con tendencias constantes. Este comportamiento sugiere la existencia de una asíntota de mortalidad, donde la supervivencia no continúa disminuyendo con el aumento de la densidad, siempre y cuando los parámetros del cultivo se mantengan dentro de los rangos óptimos.

El IR obtenido fue mayor en el tratamiento con menor densidad, lo cual señala que, para condiciones de baja competencia, el aprovechamiento biológico es mejor. Sin embargo, entre densidades medias y altas no hubo una diferencia marcada, lo que da indicios de una optimización de producción con un uso elevado de densidades.

RECOMENDACIONES

Se recomienda extender el periodo de análisis, ya que el experimento fue interrumpido en postlarva 10 debido a la acumulación de amonio. Con la meta de superar esta limitante se sugiere el uso de otros sistemas de recambio de agua, como recirculación o maduración de agua previa a recambio. Estas sugerencias una hipótesis para superar la limitante de acumulación de amonio es este estadio a densidades de más de 300 animales por litro.

Al ver una tendencia de estabilidad en cuanto al índice de rendimiento biológico, se vuelve atractiva la idea de ampliar el rango de estudio a valores de densidad mayores. Este enfoque permitirá determinar la existencia de una asíntota en el límite de rendimiento en función de la densidad de siembra.

También se propone adicionar un estudio económico que establezca la relación entre el índice de rendimiento y los costos de producción, al incrementar las tasas de recambio de agua. Tanto para sistemas de recirculación como sistemas abiertos. Con esto se pretende determinar un punto de equilibrio óptimo entre rendimientos y gastos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acaro, O. (2023, febrero). *Sectorial Ecuador: Sector acuicultura y pesca de camarón*. PCR Ratings. https://informes.ratingspcr.com/Files/notas/ecuador/1683042705/ec-sectorial_acuicultura_y_pesca_de_camaron_202302.pdf
- Alonso Castillo, L. A., & Hernández Fernández, A. J. (2011). *Crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado en dos densidades de siembra en estanques de concreto con aeración*.
- Álvarez, M. (2020). *Informe sobre el desarrollo de la acuicultura en el Ecuador*. FAO. <https://www.fao.org/4/ad020s/AD020s06.htm>
- Arancibia Cano, E. I., Cáceres Balmaceda, D. J., García, V., & Palacios Sánchez, K. M. (2018). *Comparación del ritmo de crecimiento del *Litopenaeus vannamei* y las fluctuaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos, de los estanques 1 y 2 de la granja camaronera Playa Hermosa, en el periodo comprendido de abril a junio del 2017* [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29349.17128>
- Bermudes-Lizárraga, J. F., Flores-Alarcón, J. M., & Mario, N.-S. (2022). Effect of the larval density and food ration on *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) zoea. *Agro Productividad*, 15(8).
- Bermudes-Lizárraga, J. F., Nieves-Soto, M., Flores-Higuera, F. A., & Peraza, D. J. L. (2023). Supervivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con dietas tradicionales y no-tradicionales. *Revista MVZ Córdoba*, 28(1), Article 1. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2682>
- Bravo, S. (2025). *Comparación de crecimiento y la supervivencia de larvas *Litopenaeus vannamei* con regímenes alimenticios microextruidos y microencapsulados* [Instituto de Postgrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/40214491-aafb-407f-a4cd-1e859f97662a>
- Briones-Bravo, R. A., Vargas-Figueroa, C. M., & Moreira-Vera, D. W. (2025). Evaluación productiva del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* según su densidad de siembra y dieta alimenticia. *Revista Científica Arbitrada en Investigaciones de la Salud GESTAR*. ISSN: 2737-6273., 8(16), 520-537. <https://doi.org/10.46296/gt.v8i16.0276>
- Burbano Gallardo, E. (2016). *Supervivencia de poslarvas de *Litopenaeus vannamei* sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda* [Tesis, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/1339/1/90040.pdf>

- Cabrera Stevens, M. J. (2018). *Efecto de alimentos funcionales para camarón blanco (Penaeus vannamei) sobre la expresión de genes asociados a la resistencia al virus de la mancha blanca (WSSV) y a una cepa toxigénica de Vibrio parahaemolyticus (AHPND)* [Centro De Investigaciones Biológicas Del Noreste, S.C.]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2832>
- Carbajal-Hernández, J. J., Sánchez-Fernández, L. P., Hernández-Bautista, I., & Hernández-López, J. (2017). Modelo basado en redes neuronales artificiales para la evaluación de la calidad del agua en sistemas de cultivo extensivo de camarón. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(5), 71-89. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-05>
- Cárcamo Blanco, R. J., & Vallecillo Ruiz, M. M. (2011). *Comparación de dos condiciones del manejo del parámetro físico del agua (temperatura alta con retención de calor y con temperatura ambiente) sobre los parámetros poblacionales de camarón Litopenaeus vannamei en etapa de postlarva (PL12-PL42 días)* [Thesis, Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua Unan-León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5409>
- Caridad. (2008, abril). Larva de camarón blanco. *El blog de la Kary*. <https://bachopez.blogspot.com/2008/04/larva-de-camarn-blanco.html>
- Carrión-Herrera, J. O., Galarza-Mora, W. G., Quizhpe-Cordero, P., & Romero-Sánchez, O. R. (2023). Efecto de alimentos balanceados comerciales y predigeridos con probióticos sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles del camarón blanco *Litopenaeus Vannamei*. *Polo del Conocimiento*, 8(8), 1532-1570. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i8.5924>
- Carvajal, J. Y., & Bolaños Núñez, M. B. (2013). *Efecto de dos tipos de dietas: Comercial y experimental sobre el crecimiento de camarones Litopenaeus vannamei en etapa de postlarvas* [Thesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/3107>
- Chalán Jumbo, M. G. (2022). *Evaluación de la uniformidad de postlarvas de camarón Litopenaeus vannamei, en el laboratorio Ecufriendly S.A., en los meses de abril a julio de 2021* [Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8112>
- Chen, H., Sun, D., Liu, W., Li, S., & Tan, H. (2023). Stocking Density Effects on Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Hatchery Performance in Algal-Bacterial Biofloc Systems. *North American Journal of Aquaculture*, 85(1), 3-12. <https://doi.org/10.1002/naaq.10264>
- CMS, A. (2024, agosto 7). *El top ten de exportadoras de camarón en el primer semestre de 2024*. Forbes Ecuador. <https://www.forbes.com.ec/rankings/el-top-ten-exportadoras-camaron->

- CNA. (2025, marzo 31). *Estadísticas -Cámara* [Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales]. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Cuéllar-Anjel, J., Lara, C., Morales, V., De Gracia, A., & Suárez, O. G. (2010). Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. *Organismo Internacional Regional De Sanidad Agropecuaria (OIRSA)*. Panamá.
- De Lorenzo, M. A., Poli, M. A., Candia, E. W. S., Schleder, D. D., Rodrigues, M. S., Guimarães, A. M., Seiffert, W. Q., & Do Nascimento Vieira, F. (2016). Hatchery performance of the pacific white shrimp in biofloc system using different stocking densities. *Aquacultural Engineering*, 75, 46-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.10.005>
- García Hoyos, N. V. (2018). *Efecto del uso de probióticos sobre el crecimiento y Supervivencia de camarón blanco Litopenaeus Vannamei, en sistema superintensivo con invernadero* [Monografía, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/8291/>
- Garibay-Valdez, E., Martínez-Porchas, M., Calderón, K., Gollas-Galván, T., Martínez-Córdova, L. R., Vargas-Albores, F., & Arvayo, M. A. (2020). La microbiota del tracto digestivo de camarones peneidos: Una perspectiva histórica y estado del arte. *Biotechnia*, 22(1), 5-16. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i1.1119>
- Garnica Delgado, F. (2016). *Rediseño del sistema térmico para la producción de nauplios de camarón* [Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36934>
- Goytortua Bores, E., Andrade Vizcaino, K., Cadena Roa, M. A., & Civera Cerecedo, R. (2023). *Manual para la identificación de estadios larvales del camarón blanco del pacífico Litopenaeus vannamei* (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3175>
- Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: Oportunidades y desafíos. *AquaTechnica Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 5(3), 134-155. <https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814>
- Liang, Q., Yuan, M., Xu, L., Lio, E., Zhang, F., Mou, H., & Secundo, F. (2022). Application of enzymes as a feed additive in aquaculture. *Marine Life Science & Technology*, 4(2), 208-221. <https://doi.org/10.1007/s42995-022-00128-z>

- Maldonado Guzmán, S. del R., Bazán Avilés, S. del R., Córdova Bravo, A. L., & Ordoñez Gualan, F. A. (2024). La Evolución de los Procesos de Elaboración de Alimento con Alto Valor Nutricional y su Relación para la Producción de Crustáceos *Litopenaeus Vannamei*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 2602-2617. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12509
- Noguera Muñoz, F. A. (2018). *Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de camarón blanco Litopenaeus vannamei, en sistema hiper intensivo bajo condiciones de laboratorio* [Monografía, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/8293/>
- Novoa, O., Martínez Palacios, C. A., & Real de León, E. (1993). *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustaceos*.
- Panchana Suárez, K. D. (2025). *Análisis de la eficiencia de dos promotores comerciales como acelerador en el proceso de muda en cultivo de larvas de "Penaeus vannamei" en condiciones de laboratorio* [Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0f1ebac4-0ff5-4763-adc2-56174fac7829/content>
- Paredes Mendoza, J. R., & Rodríguez Romero, J. S. (2024). *Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (Litopenaeus vannamei Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz* [Tesis, Universidad de El Salvador]. <https://harvester.ues.edu.sv/vufind/Record/DSpace-20.500.14492-25505?sid=830676#description>
- Pulgarin Bustamante, A. C. (2022). *Importancia de los parámetros físicos-químicos y biológicos del agua de cultivo del Litopenaeus vannamei en sistemas intensivos y superintensivos* [Tesis, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19789>
- Rahmawati, A. I., Saputra, R. N., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Junaedi, H., Cahyadi, D., Hadi, H. K. S., Prabowo, W. T., Kartamiharja, U. K. A., Shafira, H., & Noviyanto, A. (2021). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. *Aquaculture and Fisheries*, 6(3), 277-282. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.005>
- Rakhfid, A. (2017). Growth and survival rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at different density. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*. <https://doi.org/10.29239/J.AKUATIKISLE.1.2.1-6>
- Ríos, H. (2022, febrero 16). *Importancia del sector acuícola en el desarrollo económico en el Ecuador durante la última década*. Universidad Técnica de Machala. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18532/1/ECUACA-2022-EA->

- Rodríguez Rosales, R. S. (2014). *Análisis y mejoramiento del sistema de producción en el Laboratorio Lepabi mediante la aplicación de técnicas de TPM*. [Tesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/725cebef-3b70-441d-bf39-03a08449c37d>
- Rodríguez-Olague, D., Ponce-Palafox, J. T., Castillo-Vargasmachuca, S. G., Arámbul-Muñoz, E., De Los Santos, R. C., & Esparza-Leal, H. M. (2021). Effect of nursery system and stocking density to produce juveniles of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 20, 100709. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100709>
- Rombenso, A. N. (2017). Lípidos Alternativos en la Nutrición de Peces Marinos| Alternative Lipids in Nutrition of Marine Finfish. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Romero Hernandez, R. F. (2020). *Actividad y expresión de aspártico proteasas en el desarrollo larvario del camarón blanco Litopenaeus vannamei* [Master Thesis, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/3015>
- Rondinone, G. (2024, julio 2). Ecuador: Políticas y apoyos al sector agropecuario, acuícola y pesquero 2017-2021 [Informativa]. *Sostenibilidad*. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/ecuador-politicas-y-apoyos-al-sector-agropecuario-acuicola-y-pesquero-entre-2017-y-2021/>
- Sócola Sunción, M. S. (2016). *Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de post larvas Litopenaeus vannamei en raceway camaronera La Bocana S A Tumbes Perú* [Thesis, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9873>
- Sorroza, L. S. (2019). Evaluación de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de post-larvas en raceway. *Cumbres*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v5n1a8>
- Ulloa Tello, R. F. (2015). *El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón Litopenaeus vannamei* [Tesis, Universidad Técnica de Machala]. https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/UTMACH_8c6d0a15f4506b933e200e6666622ee1?sid=5827647#description
- Vite Arismendiz, A. M. (2018). *Influencia de la densidad en el crecimiento de post larva Pl 7 hasta Pl 13 de langostino blanco (Litopenaeus vannamei) en Raceway en la empresa Marinazul SA Tumbes, 2018*. Universidad Nacional de Piura.

- Williams, A. S., Davis, D. A., & Arnold, C. R. (1996). Density-Dependent Growth and Survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a Semi-Closed Recirculating System. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(1), 107-112. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1996.tb00600.x>
- Wyban, J., & Sweeney, J. N. (1991). *Intensive shrimp production technology: The Oceanic Institute shrimp manual*. The Institute.
- Yagual Vergara, K. N. (2023). *Incidencia de vibrios en cultivo larval de camarón Litopenaeus vannamei en mar bravo y punta carnero en laboratorio WANBRI* [Tesis, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/YAGUAL%20VERGARA%20KEILA%20NELLY.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Fotos de las instalaciones experimentales



Anexo 2. Fotos de separadores de alimentos y equipos empelados



Anexo 3. Chequeo visual de los tanques



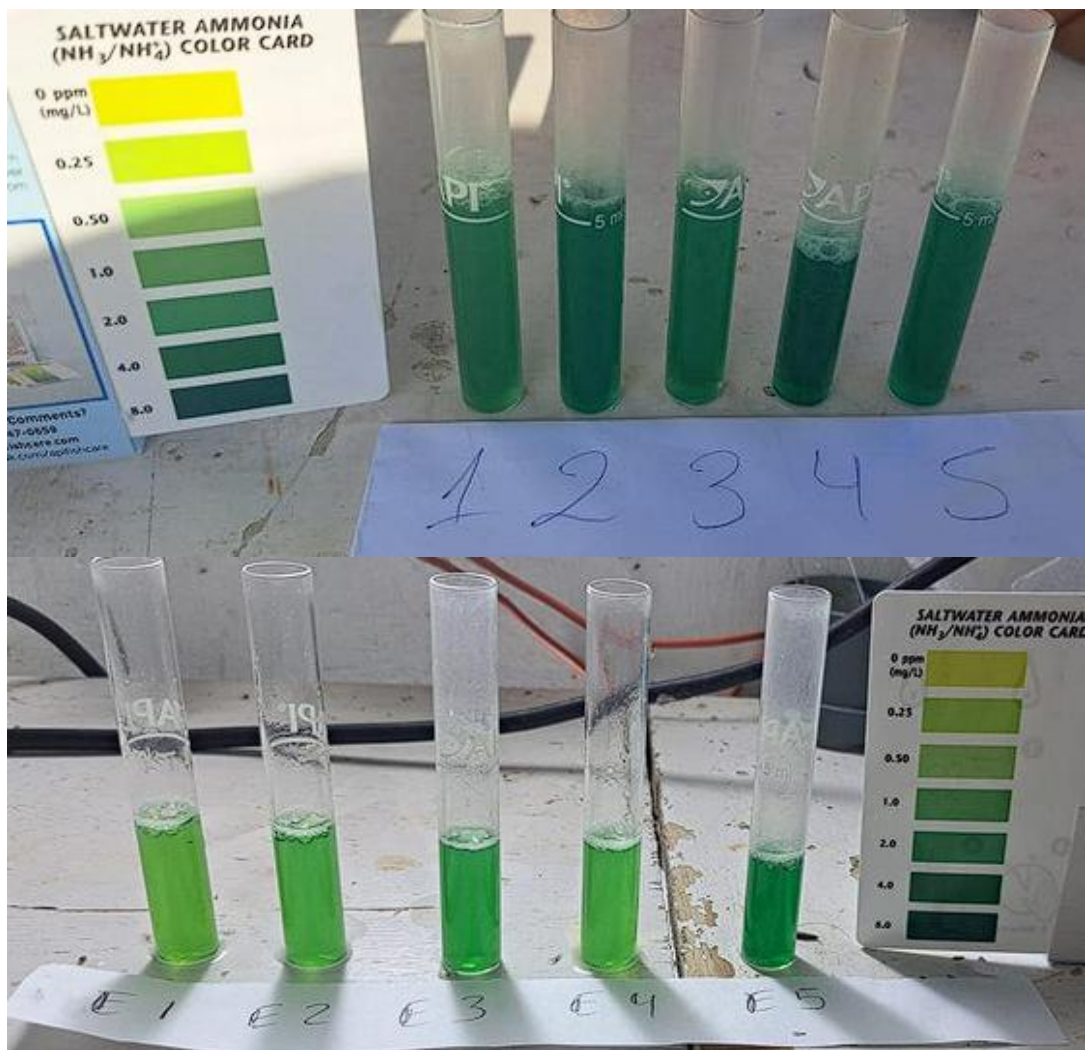
Anexo 4. Foto de toma de muestras para volumetría



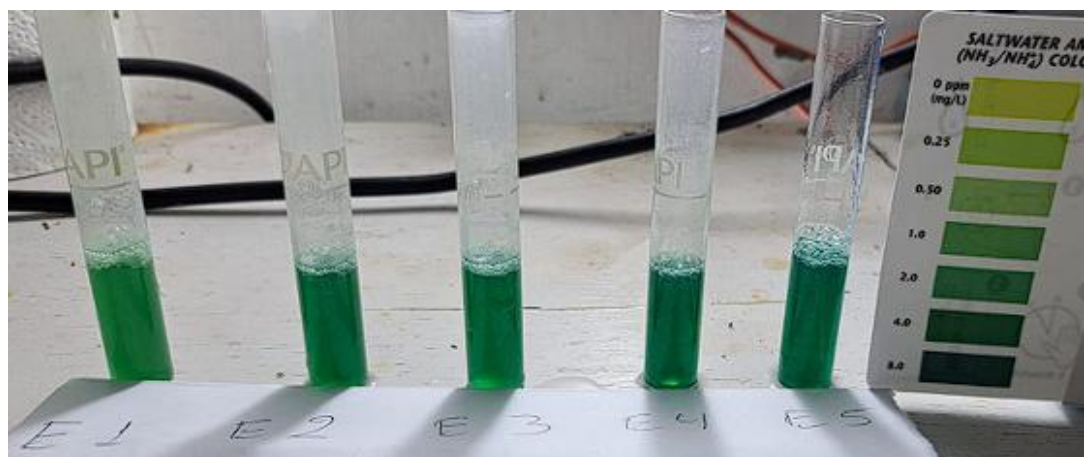
Anexo 5. Fotos de las tinajas con exceso de materia orgánica posterior a la cosecha



Anexo 6. Fotos de mediciones con kit API para TAN en PI-8 precio y posterior a recambio



Anexo 7. Fotos mediciones con kit API para TAN en PI-9 previo y posterior a recambio



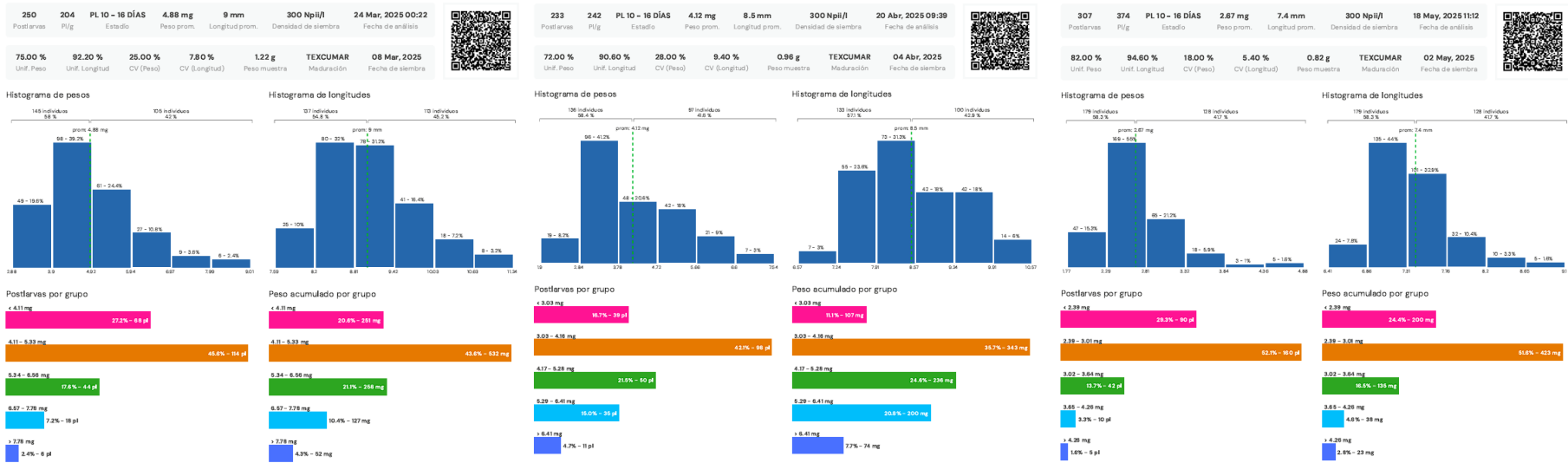
Anexo 8. Reportes de LarvIA en PI-10 para experimento E1



Anexo 9. Reportes de LarvIA en PI-10 para experimento E2



Anexo 10. Reportes de LarvIA en PI-10 para experimento E3



Anexo 11. Reportes de LarvIA en PI-10 para experimento E4



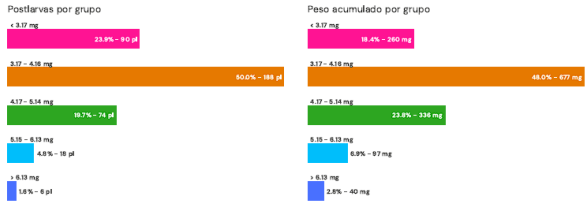
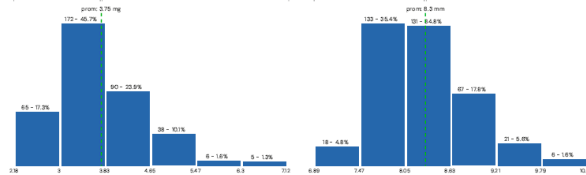
Anexo 12. Reportes de LarvIA en Pl-10 para experimento E5

376	266	PL 10 - 16 DÍAS	3.75 mg	8.3 mm	500 Npl/l	24 Mar, 2025 00:27
Postlarvas	PI/g	Estado	Peso prom.	Longitud prom.	Densidad de siembra	Fecha de análisis
79.00 %	92.80 %	21.00 %	7.20 %	1.41 g	TEXCUMAR	08 Mar, 2025
Unif. Peso	Unif. Longitud	CV (Peso)	CV (Longitud)	Peso muestra	Maduración	Fecha de siembra

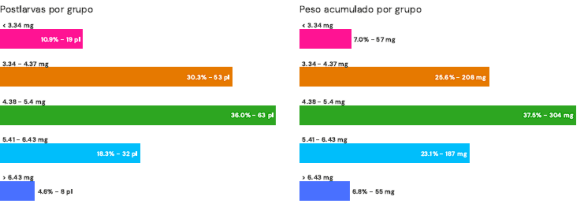
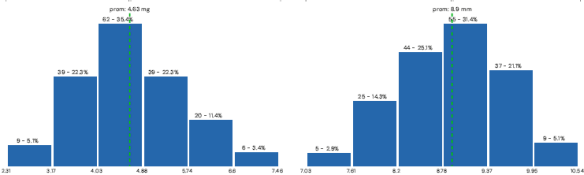
175	216	PL 10 - 16 DÍAS	4.83 mg	8.9 mm	500 Npl/l	20 Abr, 2025 09:45
Postlarvas	PI/g	Estado	Peso prom.	Longitud prom.	Densidad de siembra	Fecha de análisis
78.00 %	92.10 %	22.00 %	7.90 %	0.81 g	TEXCUMAR	04 Abr, 2025
Unif. Peso	Unif. Longitud	CV (Peso)	CV (Longitud)	Peso muestra	Maduración	Fecha de siembra

281	322	PL 10 - 16 DÍAS	3.1 mg	7.7 mm	500 Npl/l	18 May, 2025 11:19
Postlarvas	PI/g	Estado	Peso prom.	Longitud prom.	Densidad de siembra	Fecha de análisis
77.00 %	92.20 %	23.00 %	7.80 %	0.87 g	TEXCUMAR	02 May, 2025
Unif. Peso	Unif. Longitud	CV (Peso)	CV (Longitud)	Peso muestra	Maduración	Fecha de siembra

Histograma de pesos Histograma de longitudes



Histograma de pesos Histograma de longitudes



Histograma de pesos Histograma de longitudes

