



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

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y LA CONCENTRACIÓN
DE *Vibrio sp.* EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LARVAS DE
*Penaeus vannamei***

AUTORA

MVZ. Lecaro Mendoza, Hellen Alejandra

**INFORME DE INVESTIGACIÓN
Previo a la obtención del grado académico de
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

TUTORA

MSc. Ana Gabriela Balseca Vaca.

La Libertad - Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

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 **LECARO MENDOZA HELLEN ALEJANDRA**, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

TUTORA

MSc. Ana Gabriela Balseca Vaca

30 días del mes de julio del año 2025.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

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

MSc. Ana Gabriela Balseca Vaca.
TUTOR

MSc. Jimmy Villón Moreno.
ESPECIALISTA 1

PhD. Isabel Vera Vera.
ESPECIALISTA 2

Ab. María Rivera González, Mgs.
SECRETARIA GENERAL

AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR

Yo, LECARO MENDOZA HELLEN ALEJANDRA

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 Informe de investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico 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 30 días del mes de julio del año 2025.

AUTORA

MVZ. Lecaro Mendoza Hellen Alejandra

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, LECARO MENDOZA HELLEN ALEJANDRA

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Evaluación de la calidad de agua y la concentración de *Vibrio sp.* en el desarrollo del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei***, 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 30 días del mes de julio del año 2025.

AUTORA

MVZ. Lecaro Mendoza Hellen Alejandra

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR.....	V
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	VI
ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. Introducción	12
1.1. Planteamiento, Formulación y Justificación del Problema	15
1.1.1. Planteamiento	15
1.1.2. Formulación	17
1.1.3. Justificación del problema	17
1.2. Objetivo general y objetivos específicos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Planteamiento hipotético	19
2. Marco teórico	21
2.1. <i>Penaeus vannamei</i>	21
2.1.1. Clasificación taxonómica	21
2.1.2. Cultivo larvario.....	21
2.1.2.1. Etapa naupliar.....	22
2.1.2.2. Protozoa.....	23
2.1.2.3. Mysis	23
2.1.2.4. Post larva.....	24
2.2. Calidad del agua en el cultivo larvario	25
2.2.1. Parámetros físicos del agua	26
2.2.1.1. Temperatura	26
2.2.1.2. Oxígeno disuelto	26
2.2.1.3. Salinidad.....	26

2.2.2.	Parámetros químicos del agua	27
2.2.2.1.	pH	27
2.2.2.2.	Alcalinidad	27
2.2.2.3.	Iones	28
2.2.3.	Metabolitos tóxicos en el agua de cultivo	29
2.2.3.1.	Amonio.....	29
2.2.3.2.	Nitrito	31
2.3.	<i>Vibrio sp.</i> en el cultivo de <i>Penaeus vannamei</i>	32
2.3.3.	Características del género <i>Vibrio</i>	32
2.3.4.	Distribución y ecología.....	32
2.3.5.	Enfermedades causadas por el género <i>Vibrio</i> en el cultivo de larvas de <i>Penaeus vannamei</i>	33
2.3.5.1.	Vibriosis	33
2.3.5.2.	Necrosis hepatopancreática aguda post larvaria (AHPND-PL)	35
2.3.5.3.	Vibriosis postlarvaria translúcida (V_{TPD})	37
3.	Metodología	39
3.1.	Enfoque	39
3.2.	Modalidad de investigación	39
3.3.	Área de estudio	39
3.4.	Población y muestra.....	40
3.5.	Técnicas	41
3.5.1.	Medición de temperatura, oxígeno, salinidad y pH	41
3.5.2.	Medición de iones y metabolitos tóxicos	41
3.5.2.1.	Medición de alcalinidad.....	42
3.5.2.2.	Medición de calcio.....	42
3.5.2.3.	Medición de magnesio.....	43
3.5.2.4.	Medición de potasio.....	43
3.5.2.5.	Corrección de deficiencia de perfil iónico.....	43
3.5.2.6.	Medición de nitrito	44
3.5.2.7.	Medición de amonio no ionizado	45
3.5.3.	Bacteriología	47
3.5.3.1.	Bacteriología en estadios larvales.....	47
3.5.3.2.	Bacteriología en agua	47
3.5.4.	Estimación de unidades formadoras de colonias (UFC)	48

3.5.5.	Determinación de índices productivos	48
3.5.5.1.	Crecimiento	48
3.5.5.2.	Supervivencia	49
3.6.	Materiales.....	49
3.7.	Procesamiento y análisis de la información.....	50
4.	Resultados	51
4.1.	Valoración de la calidad de agua usada para el cultivo de <i>Penaeus vannamei</i> mediante parámetros físico químicos	51
4.2.	Estimación de la concentración de <i>Vibrio sp.</i> en agua de cultivo y su influencia en diferentes estadios larvarios de <i>Penaeus vannamei</i>	62
4.3.	Correlación de la calidad de agua y la concentración de <i>Vibrio sp.</i> con los índices productivos de supervivencia y crecimiento del cultivo de larvas de <i>Penaeus vannamei</i> . 67	
5.	Discusión.....	78
6.	Conclusiones	81
7.	Recomendaciones.....	83
8.	Referencias bibliográficas	85
9.	Anexos.....	92
	CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del estadio Protozoa	23
Tabla 2. Características del estadio Mysis.....	24
Tabla 3. Niveles recomendados de nitrógeno amoniacal total y amonio no ionizado para etapas de cría larvaria de <i>Penaeus vannamei</i>	31
Tabla 4. Enfermedades causadas o asociadas a especies de <i>Vibrio</i> que afectan a la larvicultura de <i>Penaeus vannamei</i>	34
Tabla 5. Factores de iones en el agua del mar a una salinidad estándar.....	44
Tabla 6. Media de concentración de iones encontrados por estadio expresados en porcentaje.....	59
Tabla 7. Promedio de crecimiento y supervivencia del cultivo de post larvas.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía externa de <i>Penaeus vannamei</i>	22
Figura 2. Ubicación geográfica del laboratorio de larvas.....	40
Figura 3. Fotómetro modelo YSI-9500	42
Figura 4. Valores promedio de temperatura por estadio.	51
Figura 5. Valores promedio de oxígeno disuelto por estadio.	52
Figura 6. Valores promedio de salinidad por estadio.	53
Figura 7. Valores promedio de pH por estadio.....	54
Figura 8. Valores promedio de alcalinidad por estadio.....	55
Figura 9. Valores promedio de calcio por estadio.....	56
Figura 10. Valores promedio de magnesio por estadio.	57
Figura 11. Valores promedio de potasio por estadio.....	58
Figura 12. Valores promedio de nitrito por estadio.....	60
Figura 13. Valores promedio de amonio no ionizado por estadio.....	61
Figura 14. Valores promedio de UFC/g en organismos de bacterias tipo 1 y tipo 2 en medio de cultivo TCBS.	62
Figura 15. Valores promedio de UFC/g en organismos en medio de cultivo cromogénico para <i>Vibrios</i>	63
Figura 16. Valores promedio de UFC/ml en agua de cultivo de bacterias tipo 1 y tipo 2 en medio de cultivo TCBS.	65
Figura 17. Valores promedio de UFC/ml en agua de cultivo en medio de cultivo cromogénico para <i>Vibrios</i>	66
Figura 18. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de las variables físico químicas y su impacto en la supervivencia de larvas de <i>Penaeus vannamei</i>	68
Figura 19. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de <i>Vibrio</i> sp. en organismos con la supervivencia.....	70
Figura 20. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de <i>Vibrio</i> sp. en el agua de cultivo con la supervivencia.....	71
Figura 21. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de las variables físico químicas y su impacto en el crecimiento.	73
Figura 22. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de <i>Vibrio</i> sp. en organismos con el crecimiento.....	75
Figura 23. Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de <i>Vibrio</i> sp. en el agua de cultivo con el crecimiento.....	76

RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro Este de Mar Bravo, Salinas, en la Provincia de Santa Elena, durante el periodo seco, en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2024. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar de manera integral la relación entre la calidad de agua y la concentración de *Vibrio sp.* con los índices productivos de supervivencia y crecimiento de *Penaeus vannamei*. Esto surge debido al impacto significativo de las variaciones ambientales adversas que influyen sobre la salud y el rendimiento larvario, afectando de manera directa la rentabilidad y sostenibilidad de la larvicultura. La investigación es de diseño no experimental, observacional, descriptivo y explicativo, los datos se recopilaron en un sistema de cultivo intensivo en un laboratorio de producción de post larvas en estadios críticos (N5, Z2, M2, PL2, PL5, PL7 y PL10). Se monitorizaron parámetros físico-químicos, tales como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, mediante herramientas portátiles y alcalinidad, iones (calcio, potasio y magnesio), amonio no ionizado y nitrito mediante fotometría. Además, se aplicaron técnicas bacteriológicas para estimar la concentración de *Vibrio sp.* mediante medios de cultivo TCBS y agar cromogénico para *Vibrio*. El empleo de métodos estadísticos permitió identificar patrones críticos y establecer umbrales claros, revelando que hay correlaciones fuertes directas con el crecimiento y supervivencia, y correlaciones moderadas entre parámetros físico químicos y ciertos recuentos de *Vibrio sp.*, lo que refuerza la idea de que estos factores actúan de forma sinérgica, y que su estabilidad y un microbioma equilibrado beneficia directamente al desempeño productivo. Estos hallazgos son de gran utilidad, ya que resaltan la importancia de implementar estrategias de manejo y protocolos de bioseguridad que mitiguen los efectos adversos y potencien la productividad. En este sentido, el enfoque integral adoptado aporta un avance metodológico y práctico para optimizar la gestión en la larvicultura de *Penaeus vannamei*, proporcionando información clave para la toma de decisiones en la industria camaronera.

Palabras clave: *Penaeus vannamei*, calidad de agua, *Vibrio sp.*, crecimiento y supervivencia.

ABSTRACT

The study was conducted at the East Center of Mar Bravo, Salinas, in the Province of Santa Elena, during the dry season, in the months of September, October, and November 2024. This study was carried out with the objective of comprehensively evaluating the relationship between water quality and the concentration of *Vibrio* sp. with the productive indices of survival and growth of *Penaeus vannamei*. This arises due to the significant impact that adverse environmental variations have on health and larval performance, directly affecting the profitability and sustainability of larviculture. The research is of a non-experimental, observational, descriptive, and explanatory design, and the data were collected in an intensive farming system in a post-larvae production laboratory at critical stages (N5, Z2, M2, PL2, PL5, PL7, and PL10). Physical-chemical parameters were monitored, such as temperature, dissolved oxygen, salinity, pH, using portable tools, and alkalinity, ions (calcium, potassium, and magnesium), un-ionized ammonium, and nitrite through photometry. Additionally, bacteriological techniques were applied to estimate the concentration of *Vibrio* sp. using TCBS culture media and chromogenic agar for *Vibrio*. The use of statistical methods allowed us to identify critical patterns and establish clear thresholds, revealing strong direct correlations with growth and survival, and moderate correlations between physical and chemical parameters and certain *Vibrio* sp. counts. This reinforces the idea that these factors act synergistically, and that their stability and balanced microbiome directly benefit productive performance. These findings are highly useful, as they highlight the importance of implementing management strategies and biosecurity protocols that mitigate adverse effects and enhance productivity. In this sense, the comprehensive approach adopted provides a methodological and practical advance to optimize management in *Penaeus vannamei* larviculture, providing key information for decision-making in the shrimp farming industry.

Keywords: *Penaeus vannamei*, water quality, *Vibrio* sp., growth and survival.

1. Introducción

La camaronicultura es una actividad importante en todo el mundo, en Ecuador la producción se da desde los años cincuenta y ha tenido un crecimiento gradual; la industrialización ha sido mediada por el desarrollo y aplicación de tecnología, nutrición y prevención sanitaria que han permitido en la actualidad posicionarse como el mayor productor mundial, generando para el país el mayor ingreso no petrolero de divisas (Panorama acuícola, 2022), no obstante, se ha visto afectada por fenómenos ambientales y enfermedades (Piedrahita, 2018).

El crecimiento del sector acuícola y su productividad se encuentran íntimamente relacionados al mantenimiento óptimo de la salud de organismos cultivados (Holt et al. (2021), sin embargo, los patógenos son la principal causa de pérdida de producción en el cultivo de camarón blanco lo que afecta y constantemente amenaza la sostenibilidad socioeconómica y ambiental de esta industria (Kumar et al., 2021), por lo que se busca constantemente estrategias y prácticas que permitan mejorar la salud del camarón (Guo et al., 2023).

La interacción entre el huésped, el medio ambiente, el patógeno y el estrés ambiental son factores inductores de enfermedad (Duan et al., 2018), mientras que Leyton y Riquelme, (2008) indican que esta interacción va a determinar la manifestación y la patogenicidad de las mismas, ya que la progresión de la enfermedad depende de factores ambientales como la mala calidad del agua y altas concentraciones de sustancias orgánicas y nutrientes, asociados a patógenos y relacionado con los hospedadores (Chandran et al., 2023).

Yudiati et al., (2024) indican que *Penaeus vannamei* es una especie de gran adaptabilidad, sin embargo, Ahmed y Diana (2015) señalan que su cultivo es vulnerable al cambio climático y entre estas variables se encuentran la salinidad, temperatura del agua, calidad de suelo, la sequía y las precipitaciones, siendo estos factores causantes de estrés que influyen en la virulencia y la capacidad de transmisión de las enfermedades (Bush et al., 2010).

Palma et al., (2024) indican que anualmente en la industria camaronera se estima una pérdida de mil millones de dólares a causa de brotes de enfermedades, cuyo principal agente patógeno son las cepas virulentas de *V. parahaemolyticus*. Newman (2022) indica que en larvicultura se ha identificado a *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*, *V. mimicus*, *V. owensii*, *V. orientalis*, *V. mediterranei*, y *V. logei* asociados a enfermedades del síndrome de Zoea, bolitas blancas, vibriosis lumiscente, síndrome de mortalidad temprana también denominada necrosis hepatopancreática aguda (AHPNS).

Peña y Cuellar (2019) mencionan que la larvicultura es una etapa de desarrollo crítica en la producción, donde el estrés, altas densidades, temperatura elevada, alteración de la calidad de agua y disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua alteran la homeostasis del sistema inmunológico deprimiéndolo y ocasionando brotes de enfermedades, por lo que se recomienda condiciones ambientales estables y calidad de agua óptima para favorecer su crecimiento.

Omoriege (2023) hace énfasis en que la calidad de agua dentro del sistema de cría de organismos acuáticos tiene un gran impacto y su mantenimiento óptimo es esencial para la producción. Así mismo Bermudes-Lizárraga et al., (2023) señalan que en la larvicultura el desarrollo morfológico de los diferentes estadios y el rendimiento del cultivo está

influenciado por la calidad y suficiencia del alimento y el control de las condiciones hidrológicas del medio en que se desarrollan. Lema (2023) señala que los iones calcio, magnesio y potasio, compuestos nitrogenados y la alcalinidad son factores críticos en el bienestar de los organismos acuáticos y el equilibrio de estos mejoran la productividad y rentabilidad de los cultivos, sin embargo, Miranda et al., (2010) también menciona que el desbalance de estos iones influye principalmente en la osmorregulación, facilidad de la muda y formación de exoesqueleto.

En particular, las infecciones de tipo bacteriano son las que representan el mayor desafío en la industria acuícola, donde las especies de *Vibrios* son los principales patógenos del camarón (Prathiviraj et al., 2021), estos forman parte de la microbiota y colonizan el tracto gastrointestinal, cutícula y branquias, y se tornan oportunistas ante el estrés y alteraciones del medio que favorecen su proliferación, causando susceptibilidad ante otros patógenos, ocasionando baja supervivencia en el cultivo y por consiguiente grandes pérdidas económicas (Peña y Cuellar, 2019).

A pesar de la amplia documentación sobre aspectos individuales del manejo ambiental y la incidencia de patógenos en la larvicultura, existen pocos estudios que integren las variables físico químicas, el perfil iónico y la dinámica bacteriana específicamente en la época seca. Por ello la presente investigación pretende determinar mediante un enfoque integral y basado en datos operacionales reales, la relación de la calidad de agua y la concentración bacteriana con los parámetros productivos de crecimiento y supervivencia en el cultivo de larvas.

1.1.Planteamiento, Formulación y Justificación del Problema

1.1.1. Planteamiento

La larvicultura es un eslabón importante ya que provee de larvas al sector de la industria camaronera, sin embargo, diferentes factores causantes de mortalidad donde destacan los provocados por agentes bacterianos, afectan económicamente a los productores, a la calidad y las condiciones de salud de los organismos, por lo que constantemente se implementan prácticas de manejo, prevención, tratamientos y se buscan estrategias orientadas a minimizar el impacto de los agentes patógenos sobre la salud del cultivo.

Los organismos acuáticos son susceptibles a estímulos ambientales, sin embargo, mediante la regulación del metabolismo energético se adaptan a las condiciones del entorno. En crustáceos el estrés está relacionado con factores ambientales como el amoníaco, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad (Duan et al., 2018). Re et al. (2004) menciona que las variaciones ambientales en la etapa larvaria de *Penaeus vannamei* repercuten directamente en el equilibrio osmótico, balance de iones y crecimiento, por lo que el control de estas variables permitirá tener condiciones óptimas del cultivo.

El estrés ambiental y las enfermedades que conducen a la mortalidad masiva de camarones actúan en simultáneo. Bajos niveles de oxígeno disuelto, recirculación insuficiente del agua, el excesivo uso de proteína de la dieta y las altas densidades poblacionales conducen a que se generen altas cantidades de residuos de nitrógeno ocasionando el desequilibrio entre la nitrificación bacteriana del amoníaco y la desnitrificación bacteriana del nitrato favoreciendo a la acumulación y contaminación del agua de cultivo (Huang et al., 2020) .

Los análisis de calidad de agua permiten evaluar los suministros de agua y hacerlo rutinariamente permite tomar decisiones de gestión diaria y diagnosticar enfermedades

(Boyd y Tucker, 1998). Duan et al. (2018) y Guo et al. (2013) destacan que el amoníaco y el nitrito son los principales productos del catabolismo proteico y contaminantes ambientales en el sistema acuático y que por lo tanto estos podrían deteriorar la calidad del agua y afectar la supervivencia, retraso de crecimiento, muda y depresión de la función inmune haciéndolo susceptible a los patógenos. En comparación con el amoníaco, el nitrito se acumula con mayor facilidad y es difícil de eliminar, por lo que tiende a causar una toxicidad crónica en los organismos acuáticos (Huang et al., 2020).

Arunkumar et al. (2020) señala que la vibriosis es la enfermedad más importante que afecta a la industria acuícola y que las condiciones físico químicas del medio de cultivo favorecen la proliferación de *Vibrio* spp, lo que afecta directamente al desarrollo de este sector cuyas pérdidas se estiman en varios millones de dólares por año debido a los brotes de estas infecciones. El género *Vibrio* tiene importancia médica desde el punto de vista de inocuidad alimentaria y de salud pública debido a que estos patógenos se transmiten al ser humano a través del contacto con heridas y consumo de agua y alimentos contaminados. *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* tienen un mayor potencial epidémico que puede incrementarse con el cambio climático y calentamiento global que causa incremento en la temperatura del agua, turbidez y salinidad.

Aguirre-Guzmán et al., (2013) determinaron una supervivencia baja en estadios larvales y signos de enfermedad al ser inoculados mediante inmersión a dosis de 10^5 y 10^7 UFC/ml⁻¹ de *Vibrio harveyi*, información que a su vez Vivanco (2021) corrobora indicando que *Vibrio harveyi* y *Vibrio parahaemolyticus* son patógenos de importante vigilancia en el cultivo en estadios tempranos ya que causan mortalidad masiva. También, determinaron que los organismos cultivados en un sistema de biofloc tienen una menor incidencia de enfermedades y mayor resistencia frente a la infección por *Vibrio parahaemolyticus*, en comparación con los organismos cultivados en un sistema de intercambio de agua y entre otros beneficios.

Los antecedentes expuestos permiten evidenciar los problemas asociados a la calidad de agua, haciendo énfasis en el desequilibrio de parámetros físico químicos y la persistente presencia de *Vibrio sp.* como una amenaza directa a la sostenibilidad y productividad de la larvicultura de *Penaeus vannamei*. Esta investigación plantea profundizar en la comprensión de la interacción entre las variables físicas, químicas y microbiológicas con la supervivencia y el crecimiento. Se pretende desarrollar bases científicas sólidas para la optimización de protocolos de manejo y la implementación de medidas de bioseguridad, lo que beneficiará directamente a los productores al mejorar la eficiencia económica y la salud del cultivo, adaptando y validando estrategias en un contexto real, específicamente durante la época seca en la zona del Centro Este de Mar Bravo.

1.1.2. Formulación

¿La interacción entre parámetros fisicoquímicos, la acumulación de metabolitos tóxicos y concentración de *Vibrio sp.* afectan la supervivencia y el crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* en un entorno de cultivo bajo condiciones controladas?

1.1.3. Justificación del problema

El 90% de la producción de larvas se ubica en la provincia de Santa Elena, donde la larvicultura de *Penaeus vannamei* representa una actividad de importancia comercial y es considerada la piedra angular del proceso de producción de camarón blanco (Paredes et al., 2018). El sector de Mar Bravo ubicado en la zona centro del país, es una importante zona de producción de post larvas, sin embargo, tal como otras zonas, esta se ve amenazada por los efectos cambiantes del clima que afectan directamente a la calidad del agua (Acosta, 2016).

En el entorno de la zona de estudio se ha observado que los cultivos de larvas enfrentan problemas recurrentes de baja supervivencia y crecimiento, lo que impacta negativamente a la rentabilidad de productores locales y aunque la literatura documente los efectos negativos del amonio no ionizado, nitrito y proliferación de *Vibrio sp.*, pocos estudios lo han abordado de forma integral y bajo las condiciones particulares de la época seca.

Estudios previos realizados por Alday-Sanz et al. (2002); Suárez et al. (2015) y Flegel, (2012), ponen en evidencia que el manejo inadecuado de los parámetros físico químicos reduce la capacidad adaptativa de las larvas al medio y la concentración de *Vibrio sp.* propicia una vulnerabilidad mayor frente a infecciones bacterianas oportunistas, como las causadas por *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *V. harveyi*, ocasionando grandes pérdidas económicas causando mortalidad de hasta el 100% de la población (Flores Miranda et al., 2012).

Investigaciones realizadas por Yudiati et al. (2024); Pan et al. (2007); Kumar et al. (2024); Moura et al. (2023); y Duan et al. (2018) muestran como la densidad y el estrés derivado de las variaciones en salinidad y pH influyen en la actividad enzimática y en la función inmunológica de los crustáceos, afectando el crecimiento y la supervivencia de *Penaeus vannamei* y en nuestro caso, junto con el desbalance iónico y acumulación de metabolitos tóxicos generan un ambiente propicio para brotes infecciosos.

En síntesis, esta investigación propone evaluar de forma integral como las condiciones físico químicas y la dinámica de *Vibrio sp.* interactúan en nuestro entorno de cultivo durante la época seca, lo que permitirá diagnosticar deficiencias actuales, evaluar la consistencia y efectividad de estrategias operativas y ajustar protocolos, contribuyendo así a la toma de

decisiones de manejo y prevención oportuna, para maximizar la sostenibilidad económica y productiva.

1.2. Objetivo general y objetivos específicos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de agua y la concentración de *Vibrio* sp. para determinar su influencia en el desarrollo y supervivencia del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei* en la época seca del año 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- i.* Valorar la calidad de agua usada para el cultivo de *Penaeus vannamei* a través de parámetros físicos y químicos (temperatura, oxígeno, salinidad, pH, iones y metabolitos tóxicos).
- ii.* Estimar la concentración de *Vibrio* sp. en agua y su influencia en los diferentes estadios larvarios de *Penaeus vannamei*.
- iii.* Correlacionar la calidad de agua y la concentración de *Vibrio* sp. con los índices productivos de supervivencia y crecimiento del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei*.

1.3. Planteamiento hipotético

- Hipótesis

En la larvicultura de *Penaeus vannamei* en el centro este de Mar Bravo durante la época seca, la estabilidad de los parámetros físico-químicos y un manejo óptimo de la

concentración y composición de *Vibrio sp.* se asociarán positivamente con los índices de crecimiento y supervivencia larvario.

- Idea a defender

La calidad del agua y el manejo adecuado de la comunidad microbiana (especialmente *Vibrio sp.*, son factores determinantes para optimizar la supervivencia y el crecimiento larvario de *Penaeus vannamei*.

- Preguntas científicas

¿La interacción del balance iónico, metabolitos tóxicos y la concentración de *Vibrio sp.* afectan a la supervivencia y crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* en un entorno de cultivo?

2. Marco teórico

2.1. *Penaeus vannamei*

2.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica según Pérez Farfante y Kensle, (1997) el camarón blanco pertenece a:

Filo: Arthropoda

Clase: Malacostraca

Orden: Decápoda

Suborden: Dendobranchiata

Familia: Penaeidae

Género: *Penaeus*

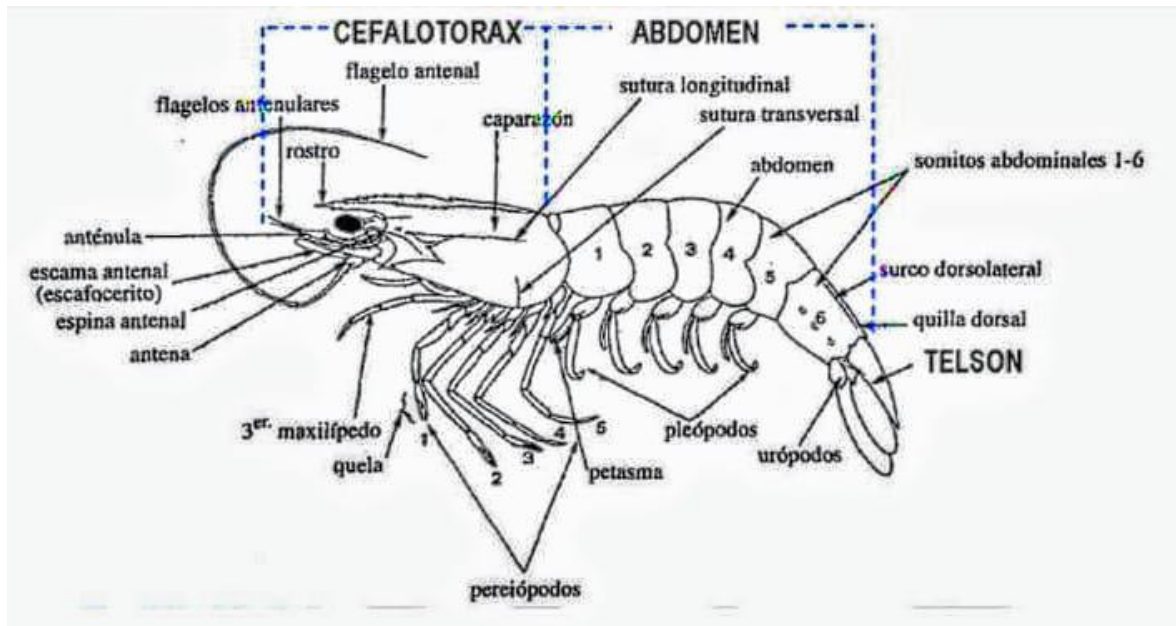
Especie: *vannamei*

2.1.2. Cultivo larvario

Según Goytortúa et al. (2023) la demanda de post larvas de camarón es cubierta en su totalidad por laboratorios comerciales que realizan controles del estado morfofisiológico y de salud para garantizar el desarrollo, calidad, crecimiento y supervivencia de los organismos en el engorde. En la figura 1 se observa la anatomía externa de *Penaeus vannamei*.

Figura 1.

Anatomía externa de *Penaeus vannamei*



Nota: La figura 1 indica la anatomía externa de *Penaeus vannamei*. Fuente: (Palacios, 2024).

2.1.2.1. Etapa naupliar

En esta etapa no hay alimentación exógena, los nutrientes provienen de la reserva vitelina, ya que aún no se encuentra abierta ni la boca ni el ano. Se presentan cinco mudas con una diferencia de siete horas cada una, donde cada una representa un estadio diferente. Presentan fototropismo positivo, el cuerpo es de morfología piriforme, más grande en el extremo anterior, tres pares de apéndices cefálicos que comprenden un par de anténulas, un par de antenas y un par de mandíbulas (Goytortúa et al., 2023).

2.1.2.2. Protozoa

Es la segunda etapa larval y comprende tres subestadios descritos en tabla 1, que se caracterizan por la ingesta continua de alimento, presencia del hilo fecal y respuesta positiva a la luz. El cuerpo se torna alargado, el nado es continuo hacia adelante y presentan un par de maxilípedos bien desarrollados para la ingesta de alimentos (Goytortúa et al., 2023).

Tabla 1.

Características del estadio Protozoa

Subestadios	Características morfológicas
Protozoa I	Presenta un ojo naupliar, un par de mandíbulas, cuerpo dividido en cabeza y abdomen, tracto digestivo desde la boca hasta el ano.
Protozoa II	Presentan dos ojos compuestos y pedunculados, un rostrum ventral, un par de espinas supraorbitales y abdomen segmentado.
Protozoa III	Presentan urópodos, espinas dorsales sobre los segmentos abdominales, un telson y rostrum más evidente.

Nota: La tabla indica los cambios morfológicos del estadio de protozoa en *Penaeus vannamei*. *Fuente:* Modificado de (Goytortúa Bores et al., 2023).

2.1.2.3. Mysis

Es la última etapa larval, de apariencia más parecida a un juvenil y presenta tres subestadios descritos en la tabla 2. El cuerpo está ligeramente encorvado en el abdomen, cuentan con pereiópodos desarrollados y funcionales para el nado de forma activa hacia atrás y asistencia de los maxilípedos (Goytortúa et al., 2023).

Tabla 2.

Características del estadio Mysis

Subestadios	Características morfológicas
Mysis I	Se observa el caparazón, anténulas, antenas, pereiópodos funcionales, urópodos, telson desarrollado, primordios de pleópodos.
Mysiss II	Presentan pleópodos desarrollados no segmentados, telson de forma rectangular.
Mysis III	Cabeza en flexión y cuerpo en posición vertical, pleópodos desarrollados, aparece primera espina rostral, ojos compuestos y desarrollados con el pedúnculo pigmentado.

Nota: La tabla indica los cambios morfológicos del estadio de Mysis en *Penaeus vannamei*.

Fuente: Modificado de (Goytortúa Bores et al., 2023).

2.1.2.4. Post larva

Presenta un total de 30 a 35 estadios post larvales para convertirse en juveniles. El nado se torna hacia adelante utilizando los pleópodos setosos, mientras que los pereiópodos desarrollados son funcionales para la alimentación y presentan una quela funcional en su segmento distal telson toma forma trapezoidal, y se consideran las etapas de desarrollo branquial (Goytortúa et al., 2023)

2.2. Calidad del agua en el cultivo larvario

La producción eficiente y rentable de camarón blanco del pacífico, *Penaeus vannamei*, depende directamente del entorno en que estos se desarrollan, por lo tanto, se debe considerar que las modificaciones ambientales causan estrés y alteran el crecimiento esperado de los organismos (Barajas-Sandoval et al., 2024), además, Yu et al. (2022) indican que la microbiota compleja y dinámica en el agua y/o sedimentos tendrán un importante impacto en la salud del huésped.

Arrobo et al. (2017) señalan que el agua es la principal fuente para la producción acuícola y generalmente para el cultivo de los organismos se toma directamente del mar y dependiendo del lugar se efectúan diversos tratamientos. Se debe considerar que el agua de cultivo está directamente influenciada por patrones climáticos caracterizados por una estación seca y de baja temperatura, un periodo de transición y otra estación lluviosa y con aumento de temperatura, causando cambios en el equilibrio químico, ecológico, de concentración de minerales y micronutrientes (Buike, 2018).

Moura et al. (2023) destacan que la composición iónica es un factor importante y la proporción adecuada de estos influyen en la calidad del agua, el crecimiento y fisiología de *P. vannamei*, por lo que se considera importante evaluar constantemente estos parámetros. Para esto Boyd y Tucker (1998) mencionan que la calidad de agua puede verse deteriorada principalmente por la propia actividad del cultivo donde el aporte de nutrientes y materia orgánica supera la capacidad de asimilación del medio, causando estrés en el cultivo lo que conduce a un bajo crecimiento e incremento de la mortalidad y enfermedades

2.2.1. Parámetros físicos del agua

2.2.1.1. Temperatura

La temperatura es un factor ambiental importante en la acuicultura (Z. Wang et al., 2020), cuya fluctuación influencia las respuestas fisiológicas de *P. vannamei*, pudiendo afectar directamente al crecimiento, supervivencia, adaptabilidad, interrupción de la alimentación y la actividad natatoria (Wang et al., 2019).

2.2.1.2. Oxígeno disuelto

Boyd C (1998) menciona que el oxígeno disuelto es la variable más importante de la calidad de agua en la acuicultura, esta se ve influenciada principalmente por la temperatura y la salinidad. La disminución de los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua se manifiesta con la reducción del crecimiento, incremento de la susceptibilidad a enfermedades, baja conversión alimenticia y en ocasiones puede ocasionar la muerte de los organismos acuáticos.

2.2.1.3. Salinidad

Boyd C (1989) define a la salinidad como la concentración total de todos los iones disueltos en el agua, Vinatea Arana (2006) señala que los iones que contribuyen mayormente son el calcio, magnesio, potasio, sodio, cloro, sulfato y bicarbonato, y en menor cantidad el fósforo, nitrógeno inorgánico, hierro, zinc, manganeso, cobre y boro.

2.2.2. Parámetros químicos del agua

2.2.2.1. pH

Este se basa en la ionización del agua y hace referencia a la concentración de iones de hidrógeno, donde un pH de 7 es neutro, un valor inferior a 7 se considera ácido y superior a 7 se considera básico (Boyd C, 1989). En organismos acuáticos es ideal un valor de pH entre 7 y 8 donde no se ve afectado el crecimiento ni la reproducción, mientras que los puntos letales de acidez y alcalinidad se dan a un pH de 4 y 11, respectivamente (Vinatea Arana, 2006).

Este parámetro participa en una serie de fenómenos químicos y biológicos que influyen en la solubilidad de micronutrientes necesarios principalmente para la producción primaria y en la toxicidad de parámetros químicos como el amonio no ionizado, que incrementa cuando el pH se torna básico y el ácido sulfhídrico que incrementa cuando el pH es ácido. También tiene efecto en el metabolismo y fisiología de los organismos acuáticos, al actuar en los procesos de permeabilidad de la membrana celular, actuando en el transporte iónico intra y extra celular entre los organismos y el medio en que se desarrollan (Vinatea Arana, 2006).

2.2.2.2. Alcalinidad

Este término hace referencia a la concentración total de bases titulables con la capacidad de neutralizar los cationes de hidrógeno en el agua (Furtado et al., 2011), es expresada en mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3), mientras que la alcalinidad total es la capacidad buffer o de mantener el equilibrio ácido base, una alcalinidad alta reduce la fluctuación diaria del pH. Entre las bases en el agua que se incluyen en mayor concentración son el carbonato (CO_3^{2-}) y el bicarbonato (HCO_3^-) en relación con otras bases como el

fosfato, borato, silicato, hidróxido y amoníaco que están presentes en menor cantidad (Boyd C, 1998).

2.2.2.3. Iones

Los minerales juegan un papel fundamental en el sistema osmorregulador e intervienen en el mantenimiento de los potenciales de membrana, *P. vannamei* requiere de minerales para el mantenimiento del metabolismo basal y el crecimiento, además estos son constituyentes de tejidos, actúan como cofactores enzimáticos, intervienen en el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos y en el balance ácido-base (Valenzuela-Madrigal et al., 2017) y (Martínez Córdova, 2009). Por otra parte, un ambiente iónicamente desfavorable afecta principalmente la tasa de crecimiento y la reducción de la frecuencia de la ecdisis, por lo que la composición del agua de cultivo va a influir en la energía consumida para el mantenimiento del equilibrio iónico interno y la mineralización del exoesqueleto de organismos que mudan con frecuencia (Vinatea Arana, 2006).

El calcio es un factor primordial en la supervivencia y desarrollo de las larvas, según Ahearn et al. (2004), este catión se considera el segundo mensajero intracelular de la acción hormonal y está íntimamente relacionado con la biomineralización necesaria para la ecdisis, además y en conjunto con el magnesio participa en procesos de osmorregulación, formación de exoesqueleto y muda. Por otro lado, el potasio a pesar de que no contribuye en gran medida al mantenimiento de la osmolalidad de la hemolinfa de los crustáceos, tiene una importante participación en la activación de la $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPasa involucrada en el transporte de iones y en el mantenimiento de los gradientes de concentración en las membranas celulares para el funcionamiento de la bomba de sodio potasio (Martínez Córdova, 2009). La limitación de estos elementos en el cultivo se ha asociado con la reducción del crecimiento y supervivencia de los organismos (Ricardo, 2022).

El magnesio es un mineral importante para los crustáceos cuya muda del exoesqueleto se da de forma cíclica, participa durante este proceso en la estabilización biológica de las fases minerales de calcio amorfo (Tao et al., 2009) y tiene especial importancia en la biodisponibilidad del fitoplancton y las diatomeas (Ricardo, 2022), además, se relaciona con el equilibrio osmótico, es un componente menor del exoesqueleto y junto con el sodio es requerido por la enzima ATPasa en la membrana plasmática del tejido branquial. Su deficiencia puede afectar directamente los procesos de muda, actividad enzimática y finalmente perjudicar el crecimiento y supervivencia (Moura et al., 2023).

2.2.3. Metabolitos tóxicos en el agua de cultivo

2.2.3.1. Amonio

Boyd y Tucker (1998) señalan que es el principal producto de desecho nitrogenado excretado por los crustáceos, y resulta del catabolismo de proteínas y de la descomposición de la materia orgánica por parte de las bacterias, en los sistemas de producción puede alcanzar niveles letales o subletales en función del nivel de tolerancia de los organismos cultivados y las rutas de excreción se da principalmente por difusión del NH_3 de la hemolinfa hacia el agua y mediante el intercambio de NH_4 por Na^+ (Vinatea Arana, 2006).

En el agua el nitrógeno amoniacal se presenta como amonio no ionizado (NH_3) que es un gas potencialmente tóxico y como ion amonio (NH_4), ambos se encuentran en un equilibrio dependiente del pH, temperatura y menor medida de la salinidad (Boyd C, 1989). Boyd (2020) señala que es importante conocer la proporción del amonio no ionizado para el mantenimiento de la calidad del agua y para la predicción y mitigación de la toxicidad del amoniacal. La tolerancia de los organismos acuáticos varía según la especie y los factores ambientales y su mecanismo de toxicidad se da inicialmente con el incremento de la concentración de amoniacal en el agua y la disminución de la excreción, lo que ocasiona el

incremento de la presión arterial y pH, aumentando el consumo de oxígeno por los tejidos, afectando las branquias al dañar su tejido y reduciendo la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.

El monitoreo constante del nitrógeno amoniacal total y el nitrito permiten mantener condiciones óptimas de cultivo, que mejoran la productividad y el control de la concentración de estos desechos nitrogenados representan un desafío para la salud y sostenibilidad de los sistemas acuícolas, ya que la exposición de los organismos cultivados induce a respuestas toxicofisiológicas como la disminución del crecimiento y respuesta inmune ante patógenos, disfunción osmorregulatoria e inducción a la apoptosis (W. Wang et al., 2025).

La larvicultura es una etapa relevante, a partir de la cual se deben producir larvas cualificadas para obtener los mayores rendimientos en fincas camaroneras. Los estadios de Zoea y post larvarios son los más sensibles a la exposición al amoniaco por 24 horas que el estadio de Mysis, los valores referenciales se indican en la tabla 3. Durante el cultivo la calidad de agua puede deteriorarse rápidamente, alcanzando altas concentraciones de amoniaco que afectan las tasas de crecimiento, supervivencia y mayor incidencia de enfermedades, por lo que su determinación en el cultivo contribuye a la optimización de la gestión de la calidad de agua (Cobo et al., 2012).

Tabla 3.

Niveles recomendados de nitrógeno amoniacal total y amonio no ionizado para etapas de cría larvaria de *Penaeus vannamei*.

Estadio	TAN mg/L	N-NH₃ mg/L
Zoea	0.4 – 1.6	0.06-0.24
Mysis	1.73 – 1.90	0.25 – 0.28
Post larva	1.32	0.19

Nota: La tabla indica los niveles recomendados de TAN y N-NH₃ en diferentes estadios larvarios. *Fuente:*(Cobo et al., 2012).

2.2.3.2.Nitrito

El nitrito es un producto intermedio la nitrificación bacteriana a partir del amoniaco o la desnitrificación bacteriana a partir del nitrato (Vinatea Arana, 2006). Según Hong et al. (2009) menciona que en *P. vannamei* los nitritos ejercen estrés ambiental, disminuyen la función inmunitaria, alteran el consumo de oxígeno, la excreción de amoniaco y la hemocianina de la hemolinfa. El nitrito se absorbe a través de las branquias contra un gradiente electroquímico mediante el mecanismo de absorción activa, el ingreso del nitrito al plasma se asocia con la oxidación de los átomos de cobre, causando que la hemocianina funcional se convierta en metahemocianina que no puede unirse reversiblemente al oxígeno molecular causando hipoxia en los tejidos y afectando al metabolismo respiratorio, los efectos tóxicos se dan también mediante las vías del sistema digestivo microbiano alterando la homeostasis de la diversidad bacteriana incrementando principalmente la familia *Vibrionaceae* y la disminución de la capacidad metabólica.

2.3. *Vibrio sp.* en el cultivo de *Penaeus vannamei*

2.3.3. Características del género *Vibrio*

Los *Vibrios* son bacilos Gram negativos, halófilos, anaerobios facultativos, de metabolismo fermentativo y respiratorio, oxidasa positivos y reducen el nitrato a nitrito. se desarrollan sobre los 15° centígrados y la salinidad óptima está entre los 15 y 25 ppt (Borroto, 1997) y (Brenner et al., 2005). Según Brenner et al. (2005) tienen forma de varillas pequeñas que pueden ser rectas, ligeramente curvas, curvas o en forma de coma, son móviles con uno o más flagelos y se pueden presentar como células simples, en forma de S, espiral, en parejas o cadenas cortas (Colwell y Chun, 2008).

Estos microorganismos forman parte del microbioma de ambientes estuarinos y se consideran oportunistas para los organismos acuáticos ante alteración de factores ambientales como la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto (Aguilera-Rivera et al., 2019). Brenner et al. (2005) y De Souza Valente y Wan (2021) indican que hay algunas cepas que tienen la capacidad de emitir luz en respuesta a estímulos ambientales, la bioluminiscencia se asocia con la patogenicidad y depende de la detección del quorum que es la capacidad de las especies bacterianas para reconocer densidades relativas de población en su entorno inmediato, permitiendo que estos actúen como individuos sociales que se comunican mediante la producción, liberación y detección de moléculas de señal (Natrah et al., 2011) y cooperar entre sí para inducir funciones celulares específicas una vez que se ha alcanzado determinada concentración bacteriana

2.3.4. Distribución y ecología

Se distribuyen en regiones geográficas de climas templados o tropicales, en ambientes estuarinos y marinos en la superficie asociados a tejidos y especialmente a exoesqueletos quitinosos, contenido intestinal de los animales y adheridos a varias formas

de vida microscópicas como zooplancton, cianobacterias y fitoplancton (Brenner et al., 2005). Y según Yildiz y Visick (2009) esta capacidad de establecer relaciones simbióticas o patógenas con huéspedes eucariotas es lo que favorece su mantenimiento y amplia diseminación en los ecosistemas marinos y salobres.

Guerrero (2015) indica que la dinámica y distribución de las poblaciones está influenciada por gradientes medio ambientales que modulan en el entorno marino la disponibilidad de fuentes de carbono y energía, concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos, salinidad, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, abundancia de hospederos, corrientes marinas y exposición a luz ultravioleta (Brenner et al., 2005).

La salinidad ejerce como factor de regulación de las especies de *Vibrio* en función de su afinidad y presión osmótica, sin embargo, este efecto es menos significativo en zonas donde este parámetro tiene variaciones mínimas a lo largo del año (Palacio, 2022). Independiente de la salinidad, la densidad de *Vibrio* incrementa en aguas cálidas cuando hay suficientes nutrientes y cuando la temperatura del agua disminuye este organismo sobrevive en el sedimento marino, y al haber un aumento de la misma se favorece la proliferación y la reintroducción a la columna de agua, por lo que se ha evidenciado un patrón estacional claro (Broberg et al., 2011).

2.3.5. Enfermedades causadas por el género *Vibrio* en el cultivo de larvas de *Penaeus vannamei*

2.3.5.1. Vibriosis

Cuellar (2015) menciona que es una enfermedad ocasionada por cepas patógenas de varias especies del género *Vibrio* que afectan principalmente en la etapa de larvicultura, tal como se muestra en la tabla 4. La transmisión puede ser horizontal cuando el ingreso al organismo se da a través del exoesqueleto mediante heridas o perforaciones ocasionadas por bacterias quitinolíticas, las branquias o mediante ingestión de sedimento y alimentos, o transmisión vertical durante el desove y eclosión de los nauplios al tener contacto con las heces de sus progenitores.

Signos clínicos

Los brotes se producen ante cambios súbitos de las condiciones ambientales que incrementan la reproducción bacteriana superando las cargas toleradas por los organismos. En larvas y postlarvas la colonización se da en la región oral y en los apéndices, se puede observar coloración rojiza, cromatóforos distendidos, opacidad muscular, acalambramiento, arrastre de muda, melanización en región oral, branquias o apéndices, pérdida de setas y apéndices, y en función de las cepas se puede presentar bioluminiscencia (Cuellar, 2015).

Tabla 4.

Enfermedades causadas o asociadas a especies de Vibrio que afectan a la larvicultura de Penaeus vannamei

Enfermedad	Especie	Referencia
Síndrome de Zoea II	<i>V. alginolyticus</i> <i>V. harveyi</i>	(Sathish Kumar et al., 2017) (Morales-Covarrubias y Cuellar-Anjel, 2014)
Vibriosis luminiscente	<i>V. harveyi</i> <i>V. campbellii</i> <i>V. splendidus</i>	(Soto-Rodríguez et al., 2006)

Necrosis hepatopancreática aguda post larvaria (AHPND-PL)	<i>V. parahaemolyticus</i>	(Soto-Rodríguez et al., 2022)
	<i>V. harveyi</i>	(Morales-Covarrubias y Cuellar-Anjel, 2014)
	<i>V. owensii</i>	(L. Liu et al., 2018)
	<i>V. campbellii</i>	
	<i>V. punensis</i>	
Vibriosis post larvaria translúcida (V _{TPD})	<i>V. parahaemolyticus</i>	
	<i>V. alginolyticus</i>	(Zhang et al., 2024)
	<i>V. campbellii</i>	
	<i>V. owensii</i>	

Nota: La tabla indica las enfermedades causadas por especies de *Vibrio sp.*. *Fuente:*
Elaborado por el autor

2.3.5.2. Necrosis hepatopancreática aguda post larvaria (AHPND-PL)

Es una enfermedad emergente, entérica, altamente infecciosa cuya patogenia, complejidad y diversa etiología representan una amenaza para el cultivo de camarón que es más susceptible en sus primeros estadios larvales, con una dosis infectiva $>10^4$ UFC/ml y que además del efecto citotóxico se menciona también la alteración de la estructura comunitaria de la microbiota en el agua al causar la reducción de otros taxones bacterianos (Soto-Rodríguez et al., 2022).

Las cepas virulentas de *Vibrio parahaemolyticus* (*Vp*) tienen un plásmido conjugativo de 70 kbp (pvA1) que permite la transferencia horizontal a otras especies dando origen así a nuevas cepas patógenas, por lo que AHPND puede ser causado por diversas especies de *Vibrio*, entre los cuales se ha identificado *V. harveyi*, *V. owensii*, *V. campbellii* y *V. punensis* (Soto-Rodríguez et al., 2022), este plásmido contiene los genes pirA^{vp} y pirB^{vp}

que expresa una toxina binaria PirAB^{VP} que es homóloga a la toxina Pir secretada por el insecto *Photorhabdus spp* (Fu et al., 2020).

La expresión de los genes PirA^{VP} y PirB^{VP} influyen en el grado de virulencia, y a pesar de que estos se encuentran en el mismo operón en el plásmido pVA1, en teoría ambos genes deberían mostrar una virulencia similar, sin embargo, en esta expresión influyen factores como la densidad bacteriana, la secreción diferencial de las células bacterianas, el estilo de vida de las cepas, ya que estas pueden preferir adherirse al fondo y/o permanecer suspendida en la columna del agua.

Q. Yang et al. (2021) indican que la virulencia está mediada por genes implicados en la motilidad flagelar y el metabolismo primario, por la formación de agregados celulares y biopelículas como mecanismos de supervivencia como respuesta al cizallamiento del fluido y a las fuerzas hidrodinámicas. El estrés ambiental incrementa los mecanismos horizontales de transferencia de genes de cepas de *Vibrio parahaemolyticus* causantes de AHPND y se propaga de forma más eficiente a elevada salinidad por lo que puede haber una mayor cantidad de toxinas que desencadenen esta patología.

Signos clínicos

Ocasiona mortalidad repentina y de forma masiva en el cultivo de larvas o juveniles de 30 a 35 días de cultivo (Pascal et al., 2024), y se caracteriza por causar disfunción grave del hepatopáncreas junto con signos clínicos y cambios histopatológicos en la etapa aguda de la enfermedad (Soto-Rodríguez et al., 2022). La fase temprana se caracteriza por presentar una ligera infiltración de hemocitos después del desprendimiento celular, mientras que en la

fase aguda-terminal se da el desprendimiento masivo de células hepatopancreáticas, necrosis, pérdida de la arquitectura del hepatopáncreas, restos celulares en la luz y pérdida de la membrana peritrófica (Intriago et al., 2023).

Otros signos clínicos menos específicos de la enfermedad según Williams et al. (2017) son el retraso en el crecimiento, letargia, cromatóforos expandidos, anorexia, nado errático, tracto digestivo vacío, atrofia y coloración pálida del hepatopáncreas antes de la muerte

Diagnóstico

Observación de las lesiones histopatológicas en la etapa aguda de la enfermedad y detección molecular de PirA^{VP} y PirB^{VP} ya que los signos clínicos se asemejan a los observados en otras enfermedades bacterianas (Soto-Rodríguez et al., 2022).

2.3.5.3. Vibriosis postlarvaria translúcida (V_{TPD})

Es una enfermedad letal que afecta a post larvas en estadio de PL6 a PL12, también se ha identificado como la enfermedad postlarvaria de cristal, enfermedad de las postlarvas de vidrio, síndrome vitrificado bacteriano (BVS) y la enfermedad altamente letal por *Vibrio* (HLVD) (F. Yang et al., 2022), es ocasionada por el gen *Vibrio* de proteína 2 altamente virulento (vhvp-2) ubicado tanto en plásmidos como en cromosomas que codifica al factor de virulencia proteína 2 altamente virulenta de *Vibrio* (VHVP-2), el agente causal con mayor frecuencia cepas hipervirulentas de *Vibrio parahaemolyticus*, sin embargo, el gen se ha identificado también en *V. alginolyticus*, *V. campbellii* y *V. owensii* (Zhang et al., 2024) y la

manifestación de la enfermedad ha mostrado cierta estacionalidad, causando brotes de corta duración con una elevada tasa de morbilidad y mortalidad de hasta el 90% (Jia et al., 2024).

Signos clínicos

Los síntomas son similares a los de AHPND, sin embargo V_{TPD} afecta en etapas más tempranas de las post larvas, se observa disminución de la actividad, anorexia, crecimiento lento y entre los signos clínicos más notables está el blanqueamiento o transparencia del hepatopáncreas y tracto digestivo, lo que da al cuerpo apariencia transparente o semitransparente como el vidrio (Zhang et al., 2024). La mortalidad ocurre de forma masiva dentro de las primeras 24 a 48 horas de haber identificado organismos enfermos.

Diagnóstico

Se considera que la toxicidad es 1000 veces mayor a AHPND, la histología muestra gran colonización, necrosis y desprendimiento de células epiteliales de los túbulos del hepatopáncreas y del intestino medio (S. Liu et al., 2023).

3. Metodología

3.1. Enfoque

El estudio se realizó bajo un enfoque de investigación analítico, el cual se fundamenta en la recolección y análisis cuantitativo de datos para evaluar la estabilidad de las variables ambientales y su posible impacto en calidad del agua y el desarrollo larvario.

3.2. Modalidad de investigación

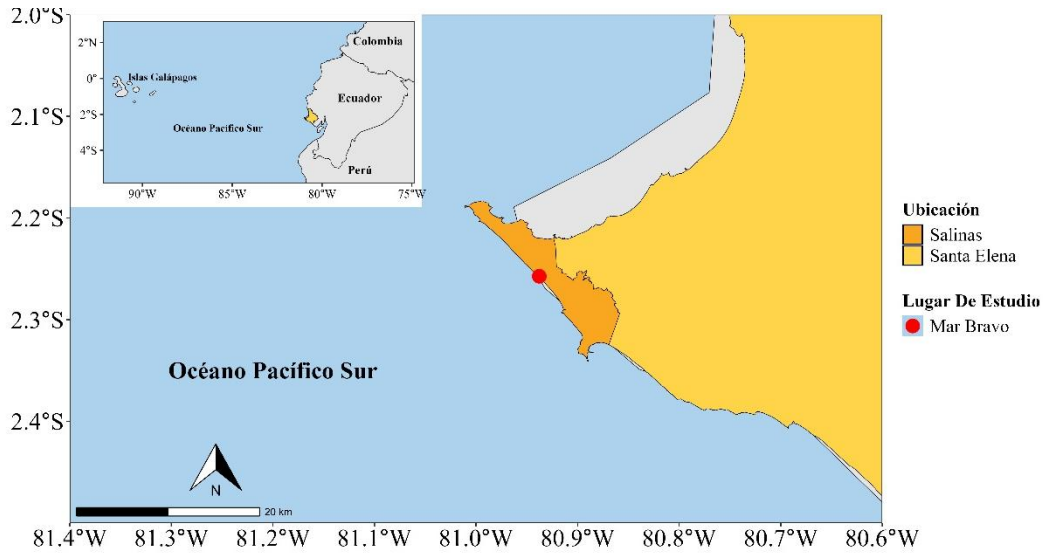
La investigación se realizó bajo un diseño no experimental, no hubo manipulación de las variables durante el estudio y es de tipo observacional, descriptivo y explicativo, ya que implica el seguimiento continuo de parámetros físico-químicos y microbiológicos en diferentes estadios larvarios durante el periodo de septiembre, octubre y noviembre de 2024, y se determinó estadísticamente su relación con los parámetros productivos de crecimiento y supervivencia.

3.3. Área de estudio

La investigación se desarrolló en un laboratorio de producción de post larvas de *Penaeus vannamei* ubicado en el sector de Mar bravo, parroquia José Luis Tamayo, cantón Salinas, provincia de Santa Elena, con las siguientes coordenadas latitud -2.257341° y longitud -80.937757° , cuya ubicación se muestra en la figura 2. La recolección de los datos se realizó durante los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2024.

Figura 2.

Ubicación geográfica del laboratorio de larvas.



Nota: La figura 2 indica la ubicación geográfica del laboratorio de larvas donde se realizó el estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Población y muestra

El área de larvicultura se encuentra conformada por 20 tanques, con capacidad operativa de 25 toneladas cada uno. De los tanques que entraron a producción se seleccionó cuatro tanques de forma aleatoria para ser analizados durante el periodo de desarrollo larvario que dura aproximadamente entre 16 a 18 días, esto por tres ciclos productivos (septiembre, octubre y noviembre).

Para la selección de los cuatro tanques durante cada ciclo productivo, se consideró que estos sean del mismo día de siembra, pertenezcan a la misma maduración y que se siembren a la misma densidad. Siguiendo la metodología modificada de Ricardo (2022) los muestreos a considerar se realizaron en los siguientes estadios: nauplio V, zoea II, mysis II, post larva 2, post larva 5, post larva 7 y post larva 10. Los parámetros de temperatura y

oxígeno se tomaron *in situ* y se registró cada dos horas, mientras que el pH y salinidad se tomó una vez al día. Las muestras de agua y de larvas se tomaron directamente de los tanques en producción y se llevaron a analizar al departamento de bacteriología y calidad de agua. Para los análisis bacteriológicos se empleó medios de cultivo TCBS y agar cromogénico para *Vibrios*, mientras que el agua se analizó mediante fotometría y se midió niveles de alcalinidad, calcio, magnesio, potasio, amonio y nitrito.

3.5. Técnicas

3.5.1. Medición de temperatura, oxígeno, salinidad y pH

La medición de temperatura y oxígeno se realizó mediante un oxigenómetro YSI Pro-2030 cada 2 horas, mientras que la salinidad se tomó con un refractómetro portátil de mano con compensación automática de temperatura (ATC) y el pH, mediante un pHmetro digital. Estos parámetros se tomaron a diario en el mismo sitio, directamente en cada uno de los tanques, considerando que la sonda no toque las paredes, ni tenga contacto con las mangueras de calefacción y enjuagándola entre una toma y otra. Los datos se registraron de forma manual en una bitácora, para posteriormente ser transcritos a una hoja de cálculo.

3.5.2. Medición de iones y metabolitos tóxicos

Para la medición de alcalinidad, iones (calcio, magnesio y potasio) y metabolitos tóxicos (amonio no ionizado y nitrito) en agua de cultivo se empleó la metodología determinada para el fotómetro YSI-9500, detallada a continuación. Los datos se registraron en una hoja de cálculo.

Figura 3.

Fotómetro modelo YSI-9500



Nota: La figura 3 muestra el fotómetro modelo 9500, empleado para los análisis de alcalinidad, iones, amonio y nitrito. *Fuente:* *Elaboración propia.*

3.5.2.1. Medición de alcalinidad

- a) Colocar 10 ml de agua a analizar en un tubo y agregar la tableta Alkaphot, triturar y mezclar hasta disolver; b) dejar reposar durante un minuto y volver a mezclar, colocar en el fotómetro y seleccionar la opción phot 2; c) el resultado se obtiene en mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3).

3.5.2.2. Medición de calcio

- a) Colocar 10 ml del agua a analizar en un tubo y agregar la tableta Calcicol 1, triturar, colocar la tableta Calcicol 2, triturar y mezclar hasta disolver; b) esperar dos minutos para realizar la lectura; c) seleccionar la opción phot 60; d) el resultado se obtiene en mg/l de Ca.

3.5.2.3. Medición de magnesio

- a) Colocar en un tubo 9 ml de agua desionizada + 1 ml de agua a analizar; b) agregar la tableta Magnecol, triturar y mezclar hasta disolver completamente, se formará una solución color naranja; c) esperar cinco minutos, colocar en el fotómetro y seleccionar la opción phot 21; d) el resultado se obtiene en mg/l de Mg.

3.5.2.4. Medición de potasio

- a) Colocar 10 ml de agua a analizar en un tubo y agregar la tableta Potassium K, triturar y mezclar hasta disolver, se formará una solución turbia; b) leer inmediatamente, seleccionar la opción phot 30; c) el resultado se obtiene en mg/l de K.

3.5.2.5. Corrección de deficiencia de perfil iónico

La composición iónica del agua de cultivo es variable y el calcio, potasio y magnesio son los iones más importantes para el desarrollo y supervivencia de los camarones. Ante la deficiencia de estos que puede ser una limitante, se pueden adicionar para lograr las concentraciones adecuadas, es necesario aplicar la ecuación presentada por Davis et al., (2004), donde se aplica los factores de multiplicación especificados en la tabla 6.

$$A_x = (B)(C_x)$$

Donde:

A: Concentración equivalente del agua de mar diluida del ion x

B: Salinidad en ppt

C: Relación entre la concentración del ion x en el agua de mar y la salinidad estándar del mar.

Tabla 5.

Factores de iones en el agua del mar a una salinidad estándar.

Ion	Factor
Calcio – Ca ⁺²	11.6
Magnesio – Mg ⁺²	39.1
Potasio – K ⁺	10.7

Nota: La tabla indica la relación entre la concentración promedio de cada ion en el agua de mar a salinidad estándar. *Fuente:* (Davis et al., 2004).

3.5.2.6. Medición de nitrito

- Colocar 10 ml de agua a analizar en un tubo; b) agregar una tableta de Nitricol, triturar y mezclar; c) esperar diez minutos, realizar la lectura seleccionando phot 64; d) el resultado se obtiene en mg/l de NO₂.

3.5.2.7. Medición de amonio no ionizado

Medición de amonio

- a) Para garantizar que los resultados representen las condiciones del entorno se tomaron datos de temperatura, pH y salinidad *in situ*.
- b) Colocar 10 ml de agua a analizar en un tubo y agregar una cucharada de reactivo cada 10 ppt y mezclar; b) agregar la tableta de Ammonia N°1, triturar, agregar una tableta de Ammonia N°2, triturar y mezclar hasta disolver; c) dejar reposar por diez minutos; d) colocar en el fotómetro y seleccionar la opción amonio/nitrógeno phot 4; e) el resultado se obtiene en mg/l de N; f) para convertir N a NH₃ (amoniac) multiplicar el resultado por 1.2; g) para convertir N en NH₄ (amonio) multiplicar por 1.3.

Determinación de nitrógeno amoniacal total (TAN)

Una vez realizado el análisis de amonio mediante espectrofotometría con los valores obtenidos de NH₃ y NH₄⁺, (Edwards et al., 2024) indica la siguiente ecuación:

$$TAN = NH_3 + NH_4^+$$

Donde:

TAN: Nitrógeno amoniacal total

NH₃: Concentración de amoniaco en mg/l

NH₄⁺: Concentración de ion amonio en mg/l

Cálculo de proporción de amonio no ionizado

Para el cálculo de la fracción de nitrógeno en forma de amonio no ionizado en mg/l se emplearon las ecuaciones propuestas por (Emerson et al., 1975) y se tomó el valor de pKa ajustados a la salinidad y temperatura propuesto por (Clegg y Whitfield, 1995), quienes emplean la siguiente fórmula basada en la constante de equilibrio la misma que para aplicación práctica ha sido optimizada en una hoja de procesamiento.

$$f = \frac{1}{1 + 10^{(pKa-pH)}}$$

Donde:

F: Fracción de amonio no ionizado respecto al nitrógeno amoniacal total

pKa: Constante de disociación del equilibrio químico entre NH₃ y NH₄⁺, ajustada según la temperatura y salinidad

pH: Valor del pH de la muestra

Los valores pKa ajustados a la salinidad fueron obtenidos de la tabla 12 del artículo “A Chemical Model Of Seawater Including Dissolver Ammonia and the Stoichiometric dissociation constant of Ammonia in Estuarine Water and Seawater From -2 to 40°C” de (Clegg y Whitfield, 1995). Esta tabla proporciona las constantes de equilibrio pKa confiables en función de la temperatura (>25°C) y salinidad (0 – 40 ppt) para el cálculo del equilibrio de NH₃/NH₄ en sistemas acuáticos.

Para el cálculo de la concentración de amonio no ionizado se empleó la siguiente ecuación:

$$N - NH_3 = TAN \times f$$

Donde:

NH₃: Concentración de amonio no ionizado en la muestra en mg/l

TAN: Concentración total de nitrógeno amoniacal en mg/l

F: Fracción de amonio no ionizado, calculada en la ecuación anterior.

3.5.3. Bacteriología

3.5.3.1. Bacteriología en estadios larvales

Según Cuellar (2015), la bacteriología en larvas de *Penaeus vannamei* se desarrolla de la siguiente manera:

- a) Colectar y enjuagar los organismos con solución salina estéril al 2.5%.
- b) Tomar 0.1g y macerar en un tubo Eppendorf.
- c) Realizar las diluciones en 900 µl de solución salina estéril.
- d) Sembrar en una placa Petri con medio de cultivo TCBS y agar cromogénico para *Vibrios* el volumen de 100 µl
- e) Incubar a 32°C por 24 horas.
- f) En oscuridad observar la presencia de luminiscencia, realizar el conteo de colonias y registrar los resultados.

3.5.3.2. Bacteriología en agua

- a) Colectar la muestra en envases estériles y se llevaron al área de bacteriología.
- b) Inocular en una placa Petri con medio de cultivo TCBS y agar cromogénico para *Vibrios* de manera directa 100 µl.
- c) Incubar a 32°C por 24 horas.
- d) En oscuridad observar la presencia de luminiscencia, realizar el conteo de colonias y registrar los resultados.

3.5.4. Estimación de unidades formadoras de colonias (UFC)

Se seleccionó las placas cuyo número de colonias este en el rango de 30 a 300 colonias, las unidades formadoras de colonias se determinaron a través de la siguiente fórmula:

$$UFC/g = \frac{\text{N}^\circ \text{ de colonias x factor de dilución}}{\text{Volumen de siembra}}$$

(Cuellar, 2015)

3.5.5. Determinación de índices productivos

3.5.5.1. Crecimiento

Se empleó la metodología modificada de Ricardo (2022) y Marcillo (2010), la estimación del crecimiento se realizó a partir de post larva 5 como parte del protocolo del laboratorio y se llevó a cabo mediante conteo por peso, para garantizar una mayor homogeneidad se consideró tomar como mínimo 4 submuestras de diferentes zonas del tanque, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Post larvas por gramo} = \frac{\text{Cantidad de larvas}}{\text{Peso de muestra}}$$

3.5.5.2. Supervivencia

El porcentaje de supervivencia se determinó a cosecha con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de supervivencia} = \frac{\text{Cantidad de organismos cosechados}}{\text{Cantidad de organismos cultivados}}$$

(Arzola González et al., 2013)

3.6. Materiales

- **Equipos:** Espectrofotómetro YSI 9500, pH metro, oxigenómetro YSI pro 20, salinómetro (ATC), autoclave, balanza digital, estufa con homogeneizador, pipeta automática.
- **Insumos:** Gradilla, maceradores, tubos redondos de vidrio de 10 ml, envases para recolección de muestra, mechero de alcohol, tubos Eppendorf, puntas, cajas Petri, malla de recolección, pinza, agitadores magnéticos.
- **Reactivos:** Tabletas magnecol, alkaphot, potassium, Ammonia 1 y 2, agua desionizada, nitricol, calcicol 1 y 2, medio de cultivo TCBS, agua destilada, solución salina, cloruro de sodio, alcohol.
- **Insumos de campo:** Tanques en producción.
- **Recursos bibliográficos:** Libros, artículos científicos, revistas, páginas web.

3.7. Procesamiento y análisis de la información

El procesamiento de los datos se realizó en una hoja de cálculo y una vez organizada la información se determinó la normalidad de los mismos utilizando una prueba de Anderson-Darling y así también, se realizó una prueba de igualdad de varianzas (homocedasticidad de Levene). Luego, para comparar las medias se aplicó ANOVA de una vía, con $p < 0.05$ como valor significativo y un test a posteriori de Tukey para los valores paramétricos, mientras que para los datos no paramétricos se utilizó la prueba de Kruskal - Wallis ($p < 0,05$).

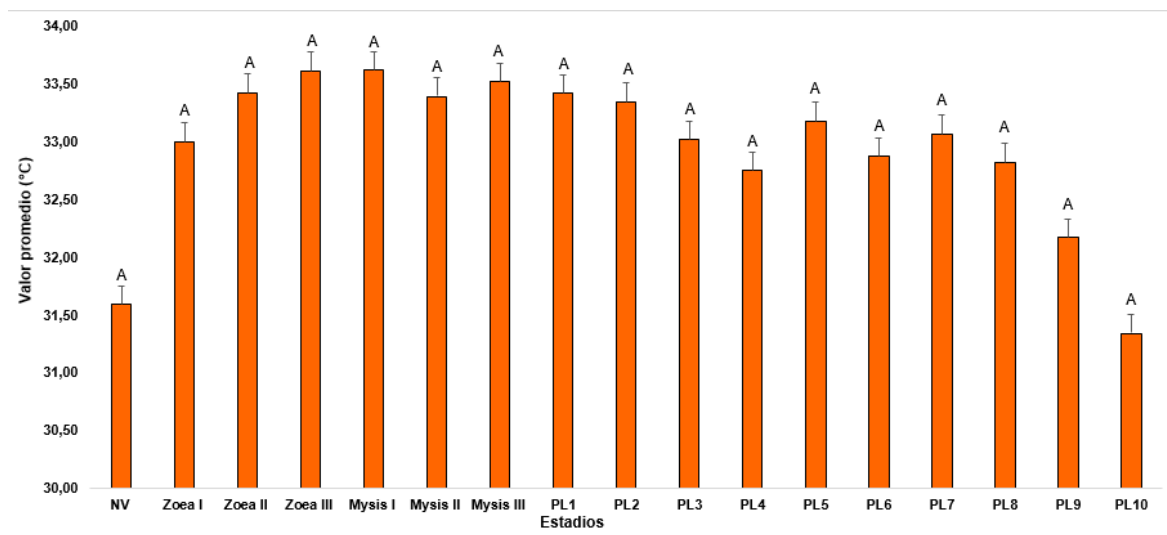
Para estudiar la correlación de los parámetros físico-químicos del agua y su relación con la supervivencia y crecimiento se realizó un test paramétrico de Pearson, y se construyó una matriz de datos para realizar un análisis de componentes principales de correlación (ACP). Todos los análisis se realizaron usando el programa Minitab 19.0.

4. Resultados

4.1. Valoración de la calidad de agua usada para el cultivo de *Penaeus vannamei* mediante parámetros físico químicos

Figura 4.

Valores promedio de temperatura por estadio.



La figura 4 muestra los valores promedio de temperatura por estadio. Los datos se presentan en barras con la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas indican que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los grupos según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), lo que sugiere que, a pesar de las pequeñas fluctuaciones, el sistema mantiene de forma consistente la temperatura en un rango óptimo para el desarrollo de las larvas.

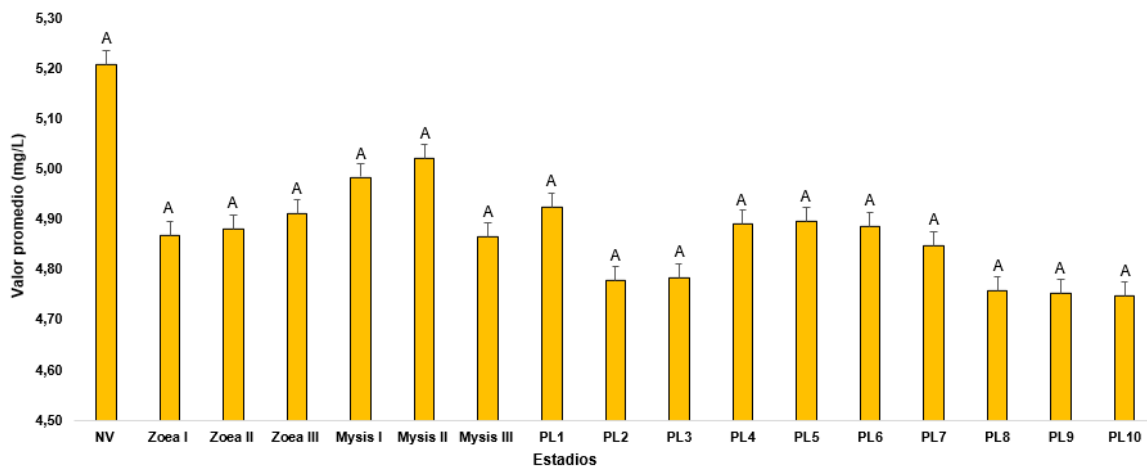
El grafico permite observar las variaciones de temperatura a lo largo del cultivo y evidencia las estrategias de manejo operativo y control térmico, donde se destaca que al inicio del cultivo en NV se registra uno de los valores ligeramente más bajos (31,5°C), probablemente para favorecer la reducción en la tasa metabólica de las larvas y estabilizar el entorno antes de estimular el crecimiento en fases posteriores.

Por otra parte, en Mysis I se observa el valor más elevado (33,6°C), no obstante, este forma parte de una estrategia donde se ha incrementado gradualmente la temperatura en

estadios críticos (Zoea I a post larva 1) para incrementar moderadamente la actividad metabólica para que los procesos bioquímicos y enzimáticos se vuelvan más eficientes, sin inducir estrés para favorecer la ecdisis y el desarrollo saludable de las larvas.

Figura 5.

Valores promedio de oxígeno disuelto por estadio.

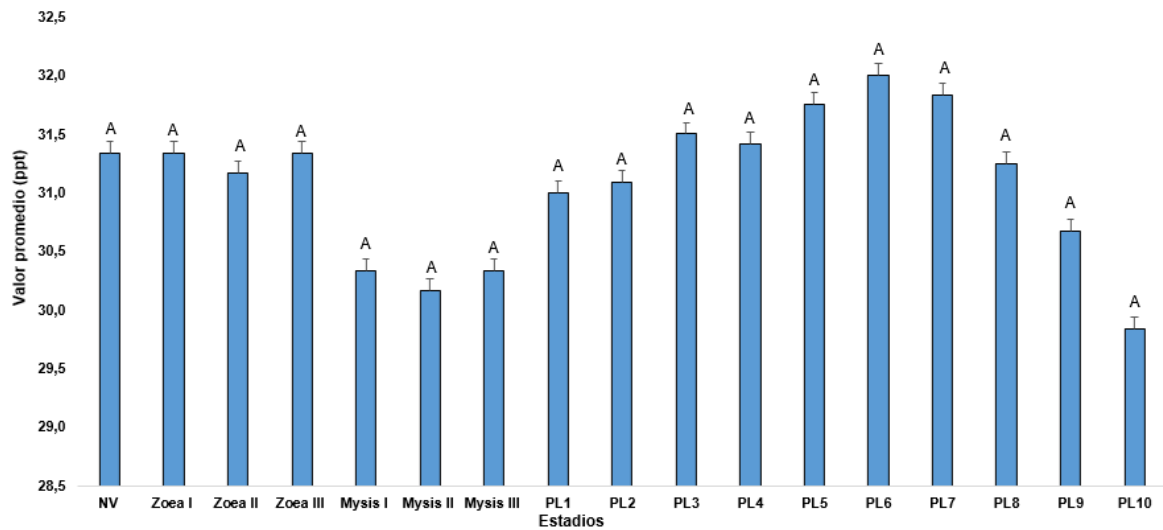


La figura 5 muestra los valores promedio del oxígeno disuelto por estadio. Los datos se presentan en barras con la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas indican que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los grupos según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), lo que sugiere que el sistema está manteniendo de forma consistente la concentración de oxígeno en condiciones óptimas para el desarrollo de las larvas.

Se observan ligeras variaciones numéricas, donde el valor máximo se registra en NV con 5.21 mg/L y el valor mínimo es de 4.75 mg/L en algunos estadios post larvales, estas variaciones pueden ser atribuibles a las fluctuaciones operativas o a las inherentes a la variabilidad biológica como el incremento de la biomasa.

Figura 6.

Valores promedio de salinidad por estadio.

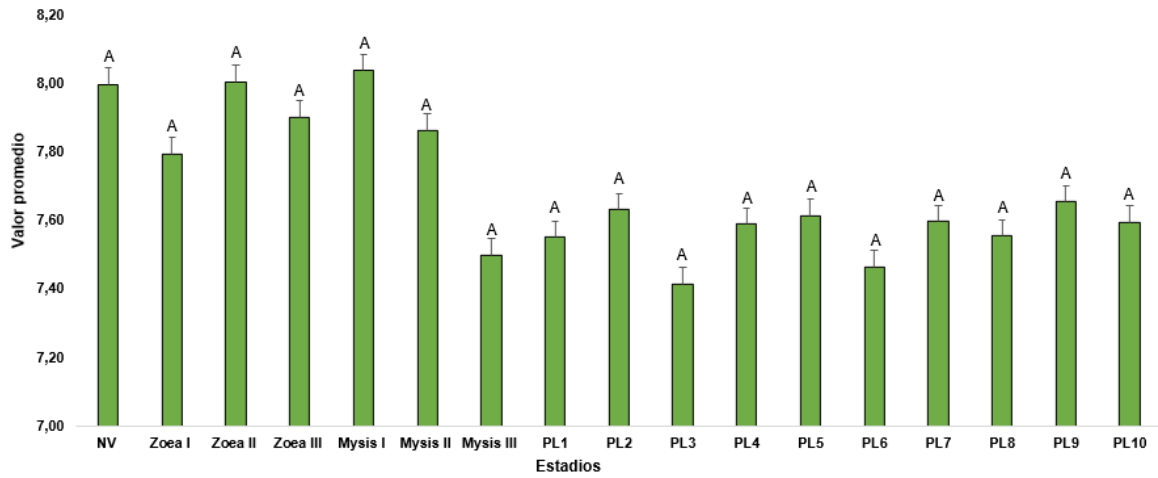


La figura 6 muestra los valores promedio de salinidad por estadio. Los datos se presentan en barras con la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas indican que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los grupos según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), lo que sugiere que las operaciones de manejo han sido efectivas para mantener la salinidad en un rango estable, lo cual es esencial para evitar fluctuaciones osmóticas que pudieran afectar la fisiología y desarrollo de las larvas.

Se observan ligeras fluctuaciones en la salinidad, dentro de un rango aceptable, que varían entre 29.8 ppt en post larva 10 y a 32 ppt en otros estadios. Estas variaciones posiblemente atribuibles al manejo operativo del cultivo que comprende los recambios frecuentes de agua y el ajuste de la salinidad a parámetros requeridos por camarónera.

Figura 7.

Valores promedio de pH por estadio.

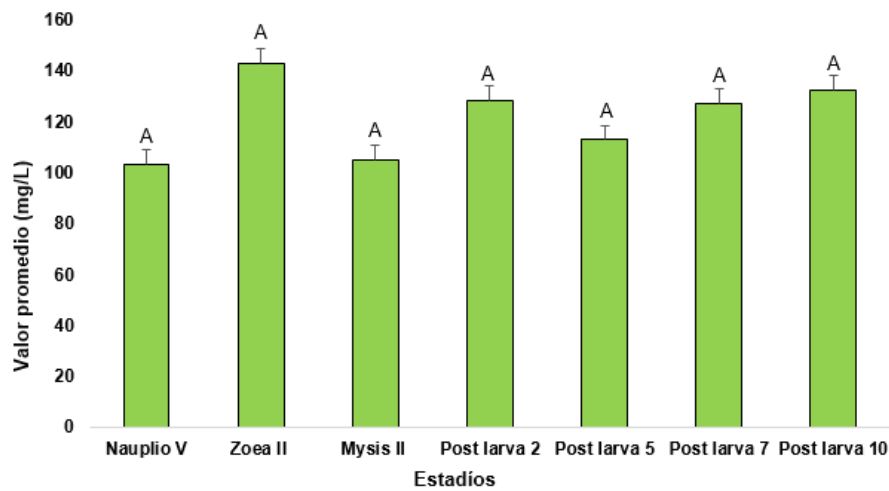


La figura 7 muestra los valores promedio de pH por estadio. Los datos se presentan en barras con la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), esta estabilidad es determinante ya que el pH es un parámetro sensible que influye en múltiples procesos fisiológicos.

Los valores de pH se ubican entre 7.41 y 8.04, lo cual se alinea con los rangos recomendados para el cultivo, lo que sugiere que el sistema mantiene un medio relativamente estable y bufferado. Estas variaciones pueden atribuirse a la actividad metabólica de las larvas, producción orgánica, recambios de agua, aplicación de tratamientos y condiciones ambientales del medio.

Figura 8.

Valores promedio de alcalinidad por estadio.



La figura 8 muestra los valores promedio de alcalinidad por estadio. Los datos se presentan en barras con la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas indican que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los grupos según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), lo que sugiere que, en general la alcalinidad se mantiene relativamente estable entre ciertos estadios y que los procesos fisiológicos de las larvas toleran estos rangos.

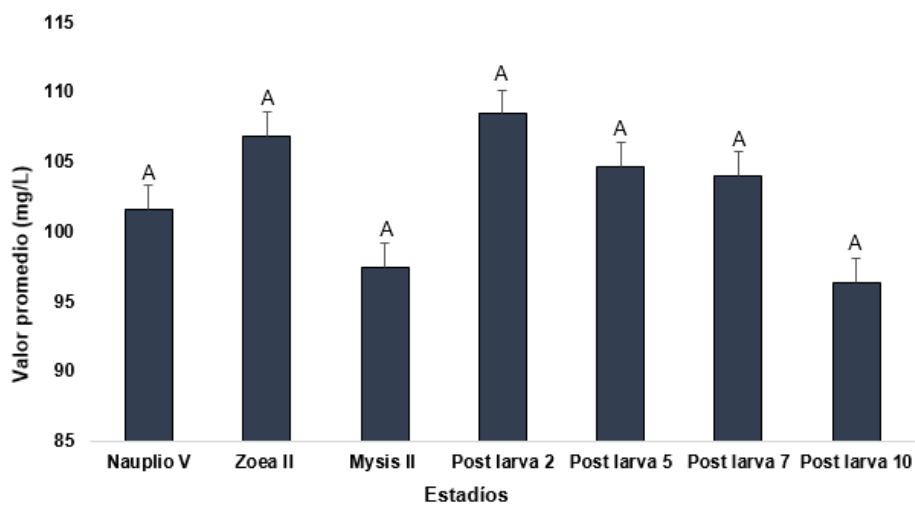
Sin embargo, en el estadio de Zoea II se registran los valores más altos (143 mg/L), lo cual podría asociarse con el incremento gradual de los niveles en los tanques. Por otro lado, en estadio de NV y Mysis II se observan los valores más bajos (103 y 105 mg/L, respectivamente), lo que podría sugerir una mayor demanda de carbonatos debido a procesos de calcificación del exoesqueleto, además de la variación del agua de reposición para alcanzar el nivel operativo de los tanques (25 toneladas).

Estos resultados sugieren que, aunque la alcalinidad del sistema en general se mantiene en concentraciones adecuadas, es fundamental monitorear y ajustar este parámetro

en fases de mayor dispersión para evitar fluctuaciones que comprometan la estabilidad del cultivo.

Figura 9.

Valores promedio de calcio por estadio.

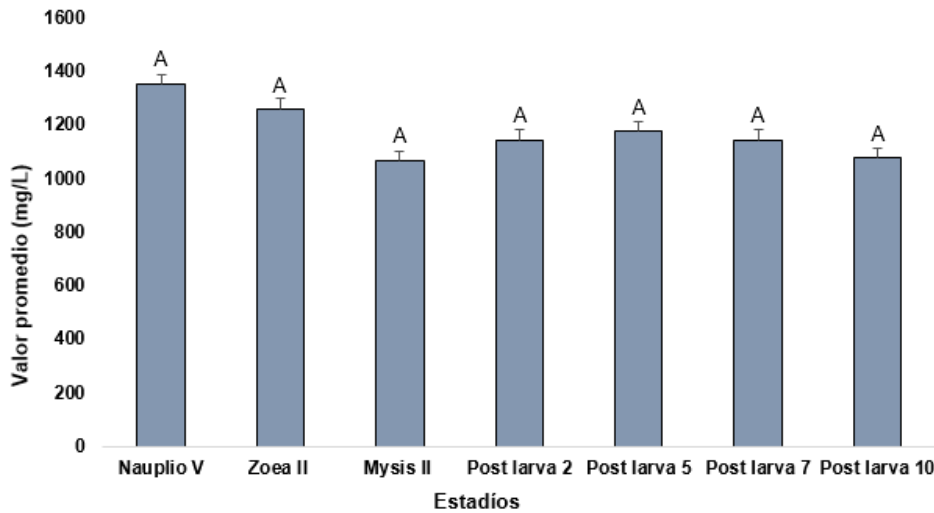


La figura 9 muestra los valores promedios de calcio (mg/L) en diferentes estadios larvarios, presentados en barras que incluyen el valor de la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas, derivadas de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, lo que sugiere que, aunque hay fluctuaciones el calcio se mantiene en un rango relativamente estable a lo largo del desarrollo larvario.

En el estadio de post larva 2 se observa el valor más alto (108 mg/L), lo cual podría asociarse a que los tanques se encuentran en niveles operativos y que los recambios se realizan en mayor proporción con agua salada. En contraste, en Mysis II y en post larva 10 se observan los valores más bajos (97 y 96 mg/L, respectivamente), lo que podría deberse en primer lugar, a la satisfacción de la demanda fisiológica de calcio de las larvas conforme varía su metabolismo, y, en segundo lugar, a ajustes operativos realizados antes de la cosecha.

Figura 10.

Valores promedio de magnesio por estadio.

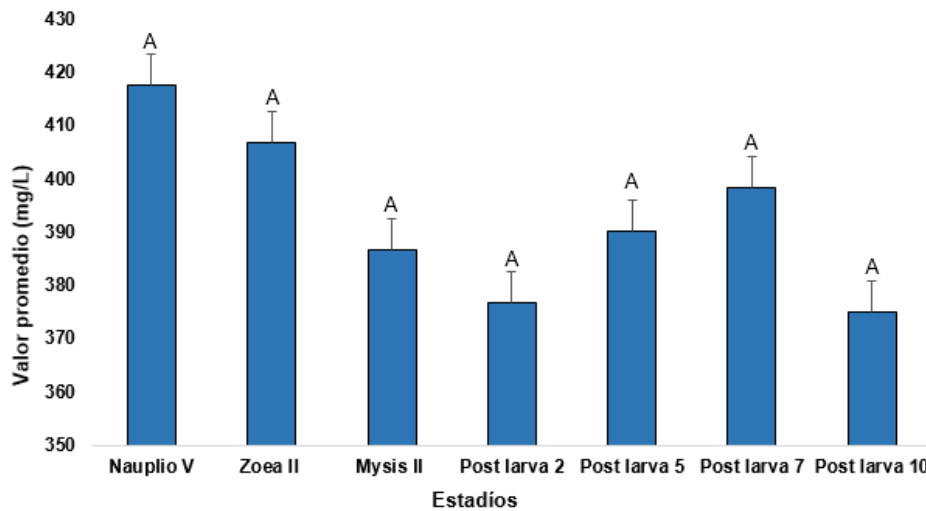


La figura 10 muestra los valores promedios de magnesio (mg/L) en diferentes estadios larvarios, presentados en barras que incluyen el valor de la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas, derivadas de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, lo que sugiere condiciones homogéneas en todas las fases de desarrollo.

La concentración más elevada se observó en el estadio de Nauplio V (1348 mg/L), lo cual podría estar asociado directamente a las condiciones iniciales del agua y preparación del sistema. Por otra parte, los niveles más bajos se obtuvieron en Mysis II y Post larva 10 (1063 y 1074 mg/L, respectivamente). Estos valores menores podrían deberse, en primer lugar, a una mayor demanda metabólica de las larvas y a la calidad del agua empleada para alcanzar niveles operativos en los tanques, y, en segundo lugar, debido a los ajustes a los parámetros requeridos en camaronera.

Figura 11.

Valores promedio de potasio por estadio.



La figura 11 muestra los valores promedios de potasio (mg/L) en diferentes estadios larvarios, presentados en barras que incluyen el valor de la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas, derivadas de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, lo que sugiere que, a pesar de las fluctuaciones, el sistema mantiene condiciones constantes para este parámetro.

Se observa que la concentración más alta se observa en el estadio de Nauplio V (418 mg/L), lo cual podría atribuirse a la calidad intrínseca del agua o a los ajustes operativos realizados al inicio del cultivo. Por otro lado, las concentraciones más bajas en potasio se observan en post larva 2 y 10 (377 y 375 mg/L), lo que podría asociarse con factores de manejo como recambios con agua de una concentración iónica de potasio diferente, provocando dilución, así como ajustes de parámetros previos a la cosecha.

Tabla 6.

Media de concentración de iones encontrados por estadio expresados en porcentaje.

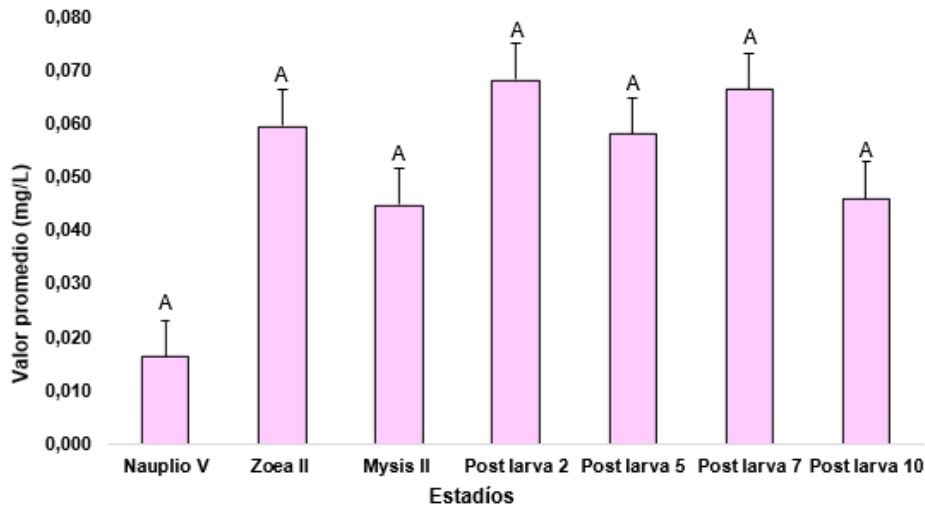
Estadio	Salinidad	% Calcio		% Magnesio		% Potasio	
		Encontrado	Faltante	Encontrado	Faltante	Encontrado	Faltante
NV	32	27	73	108	-8	122	-22
Zoea II	31	30	70	103	-3	122	-22
Mysis II	30	28	72	90	10	120	-20
PL2	31	30	70	94	6	113	-13
PL5	32	28	72	94	6	115	-15
PL7	32	28	72	92	8	117	-17
PL10	30	29	71	96	4	120	-20

La tabla 6 indica los iones en porcentaje, comparando los valores encontrados con los esperados de acuerdo a la salinidad.

Para la corrección de deficiencia en el perfil iónico, se analiza la media de los porcentajes de los iones encontrados comparados con los esperados según la fórmula y factores presentados por (Davis et al., 2004), lo que permite establecer los niveles óptimos ajustados a la salinidad. Respecto a los niveles de calcio, se observa un déficit a lo largo del cultivo, siendo el menor (70%) en estadio de Zoea II y el mayor (73%) en NV. En contraste, en el ion magnesio se registra un déficit, con un mínimo del 4% en PL10 y un máximo del 10% en estadio de Mysis II, mientras que en los estadios iniciales se observa un excedente en NV del 8% y en Zoea II del 3%. Finalmente, en cuanto al potasio, se evidencia que sus niveles exceden los valores óptimos en todos los estadios evaluados, destacándose un exceso mínimo del 13% en PL2 y un máximo del 22% en NV y Zoea II. Estas variaciones sugieren la necesidad de ajustar tanto la composición del agua de reposición como las estrategias de suplementación para favorecer el desarrollo y osmorregulación larvaria.

Figura 12.

Valores promedio de nitrito por estadio.



La figura 12 muestra los valores promedios de nitrito (mg/L) en diferentes estadios larvarios, presentados en barras que incluyen el valor de la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas, derivadas de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, lo podría sugerir que el sistema mantiene estable este parámetro, lo que fundamental para prevenir acumulaciones tóxicas en el sistema.

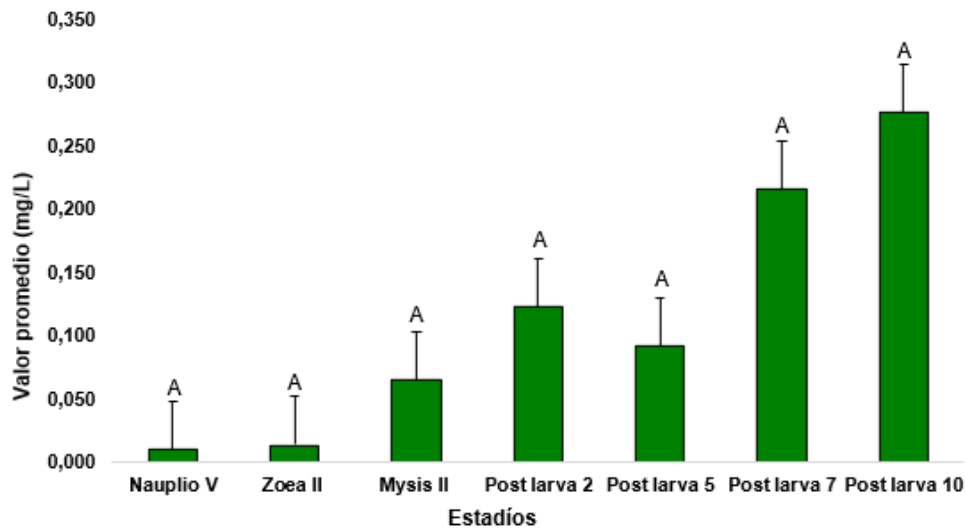
La concentración más alta se obtuvo en el estadio de post larva 2 (0.045 mg/L), probablemente en respuesta a cambios en la calidad del agua y al incremento de la actividad metabólica de las larvas. Como consecuencia la producción de desechos nitrogenados aumenta, lo que puede generar un aumento transitorio de nitrito en el sistema, si la nitrificación no compensa este exceso, además las condiciones físicas y químicas del agua en esta fase podría influir en la comunidad bacteriana que procesa en amoníaco y el nitrito.

Por otro lado, la concentración más baja fue en el estadio de Nauplio V (0.016 mg/L), lo que se asocia a la baja producción de desechos nitrogenados en esta fase inicial y a la

menor biomasa larvaria en comparación con los estadios posteriores. Además de que el agua de cultivo en esta etapa suele contar una calidad inicial óptima.

Figura 13.

Valores promedio de amonio no ionizado por estadio.



La figura 13 muestra los valores promedios de amonio no ionizado (mg/L) en diferentes estadios larvarios, presentados en barras que incluyen el valor de la media \pm desviación estándar. Las letras idénticas, derivadas de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, lo que sugiere que se estaría aplicando estrategias de mantenimiento eficaces.

En los estadios de post larva 7 y 10 se observaron las concentraciones más elevadas (0.215 y 0.277, respectivamente), superando incluso las concentraciones recomendadas (<0.190 mg/L), lo que representa un posible factor de estrés para las post larvas. Este incremento podría estar relacionado con un aumento en la producción de desechos metabólicos y materia orgánica, asociado al incremento de la densidad y tasas de alimentación características de estas fases, lo que conlleva a una mayor descomposición

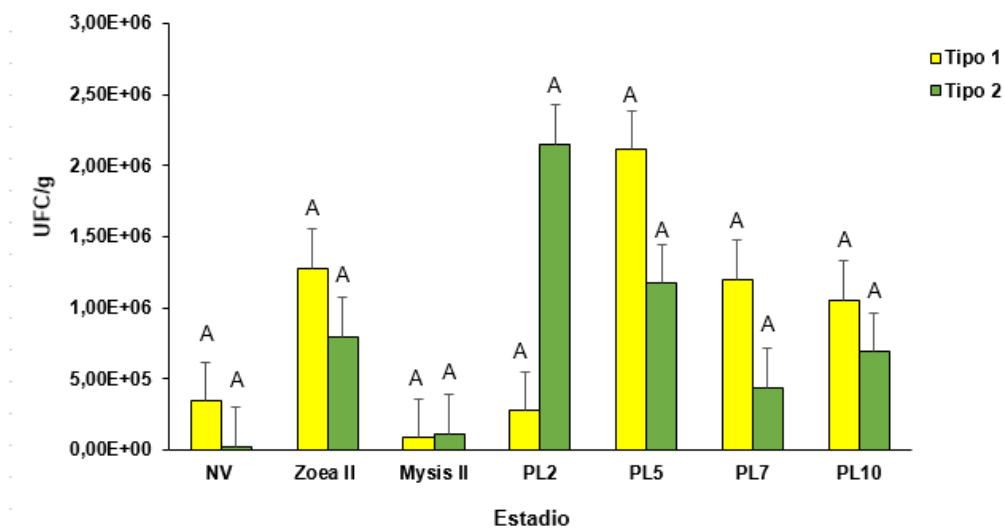
proteica, y en consecuencia una producción elevada de amoníaco, cuyo exceso se traduce en niveles más elevados de amonio no ionizado en el agua, así mismo podría atribuirse a la saturación de la capacidad de conversión de bacterias nitrificantes del sistema.

Por otro lado, la concentración más baja se observó en el estadio de Nauplio V (0,010 mg/L), probablemente debido a la baja producción de desechos por la limitada biomasa y actividad metabólica, en conjunto con condiciones iniciales controladas.

4.2. Estimación de la concentración de *Vibrio sp.* en agua de cultivo y su influencia en diferentes estadios larvarios de *Penaeus vannamei*.

Figura 14.

Valores promedio de UFC/g en organismos de bacterias tipo 1 y tipo 2 en medio de cultivo TCBS.



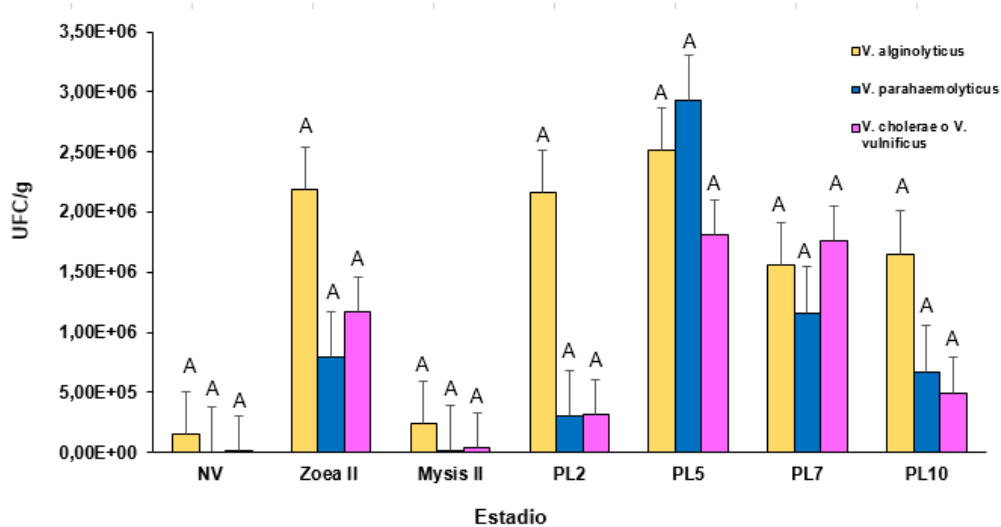
La figura 14 indica los valores promedio de UFC/g en organismos de bacterias tipo 1 y 2 en medio de cultivo TCBS, presentados como media \pm desviación estándar. El análisis estadístico, basado en un ANOVA de una vía seguido de un test de Tukey, reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los estadios larvarios ($p < 0,05$), lo cual se señala con en la asignación de letras idénticas a todas las barras.

Estadísticamente los recuentos bacterianos se mantienen homogéneos, lo que es fundamental ya que una carga bacteriana excesivamente variable contribuye a generar estrés e incrementa el riesgo de infecciones en las larvas, sin embargo, es importante destacar que la carga bacteriana en las larvas se encuentra elevada en todos los estadios evaluados y en general, las bacterias tipo 1 son predominantes. En términos absolutos, las bacterias tipo 1 alcanzan un valor mínimo de $8,40E+04$ UFC/g en Mysis II y un valor máximo de $2,11E+06$ UFC/g en PL5, mientras que las bacterias tipo 2 muestran un valor mínimo de $2,33E+04$ UFC/g en estadio de NV y un valor máximo de $2,15E+06$ UFC/g en PL2.

Estos hallazgos sugieren que, aunque el manejo del cultivo permite tener una estabilidad relativa en la carga bacteriana, estos recuentos son elevados y pueden contribuir al aumento del riesgo de patogenicidad y estrés en las larvas, mientras que la variación de la predominancia de bacterias tipo 1 en Mysis II y PL2 podrían indicar adaptaciones o respuestas específicas a condiciones ambientales y de manejo.

Figura 15.

Valores promedio de UFC/g en organismos en medio de cultivo cromogénico para *Vibrios*



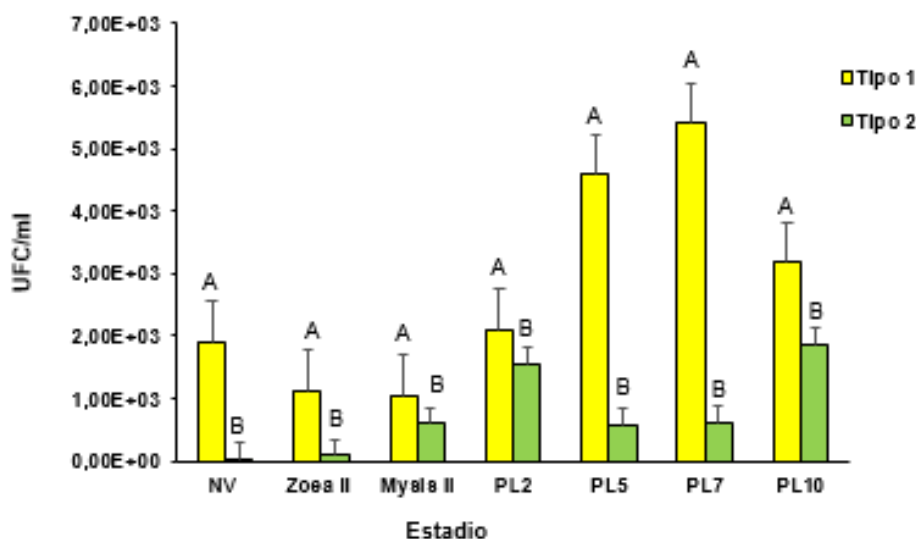
La figura 15 indica los valores promedio de UFC/g en organismos de tres tipos de bacterias en agar cromogénico para *Vibrios* medidos en organismos de *Penaeus vannamei* y expresados como media \pm desviación estándar. El análisis estadístico mediante un ANOVA de una vía, complementado con un test de Tukey reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes estadios larvarios ($p < 0,05$), lo cual se refleja en la asignación de letras idénticas a todas las barras.

Cabe destacar que, en la mayoría de los estadios, *V. alginolyticus* domina; no obstante, en PL5 se observa una inversión en la que *V. parahaemolyticus* se vuelve predominante, y en PL7 se evidencia una mayor preponderancia de *V. cholerae/V. vulnificus*. Específicamente *V. alginolyticus* alcanza un mínimo de $1,54E+05$ UFC/g en NV y un máximo de $2,51E+06$ UFC/g en PL5. Por el contrario, *V. parahaemolyticus* muestra un valor mínimo de $1,13E+04$ UFC/g en Mysis II y un valor máximo de $2,92E+06$ UFC/g en PL5, mientras que, *V. cholerae / V. vulnificus* muestra valores mínimos de $1,23E+04$ UFC/g en NV y valores máximos de $1,81E+06$ UFC/g en PL5.

Estos hallazgos sugieren que la homogeneidad en los recuentos bacterianos indica que la carga de *Vibrio sp.* se mantiene estable a lo largo del ciclo, lo que sugiere condiciones ambientales y de manejo uniforme y controlada. No obstante, la elevada carga bacteriana en todos los estadios evaluados podría tener implicaciones tanto positivas al favorecer la competitividad frente a otros patógenos, como negativas en caso de que se produzca un desbalance en la microbiota. Además, la inversión en la predominancia observada en PL5, y el cambio en PL7, señalan la posible existencia de factores operativos o ambientales que favorecen la proliferación de determinados grupos bacterianos, lo que resalta la necesidad de aplicar estrategias de manejo específicas en estos estadios críticos para evitar potenciales riesgos en la salud larvaria.

Figura 16.

Valores promedio de UFC/ml en agua de cultivo de bacterias tipo 1 y tipo 2 en medio de cultivo TCBS.



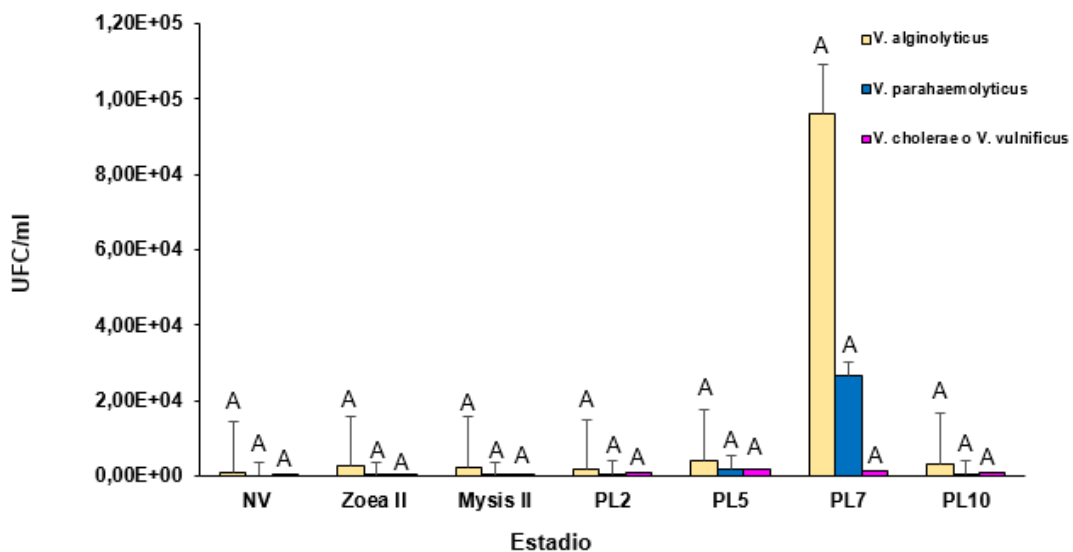
La figura 16 muestra valores promedio de UFC/ml de bacterias tipo 1 y 2 en el agua de cultivo de *Penaeus vannamei*, presentados como media \pm desviación estándar. El análisis estadístico, basado en un ANOVA de una vía seguido de un test de Tukey, reveló diferencias estadísticamente significativas entre las bacterias tipo 1 y tipo 2 ($p > 0,05$), lo cual se evidencia en la asignación de la letra A para las bacterias tipo 1 y letra B para las bacterias tipo 2.

En general, las bacterias tipo 1 son dominantes a lo largo del cultivo, alcanzando una concentración mínima de $1,05E+03$ UFC/ml en Mysis II y un máximo de $5,41E+03$ UFC/ml en PL7. En contraste, las bacterias tipo 2 muestran valores considerablemente menores, con un recuento mínimo de $3,00E+01$ UFC/ml en NV y un valor máximo de $1,87E+03$ UFC/ml en PL10, lo que sugiere que las condiciones del cultivo favorecen preferentemente el crecimiento del primer grupo.

Esta diferencia significativa entre *Vibrios* tipo 1 y tipo2, indica que, en el ambiente de cultivo, los dos grupos bacterianos se comportan de manera dispar, probablemente debido a diferencias en la capacidad de adaptación o a las condiciones ambientales que influyen en su proliferación. Además, estos resultados sugieren que factores operativos, como la calidad de agua, la dinámica de recambios de agua y la disponibilidad de nutrientes en el medio podrían favorecer de manera diferenciada el crecimiento y estabilidad de cada grupo bacteriano, lo que tiene importantes implicaciones para la implementación de estrategias de manejo específicas.

Figura 17.

Valores promedio de UFC/ml en agua de cultivo en medio de cultivo cromogénico para *Vibrios*.



La figura 17 indica los valores promedio de UFC/ml de *Vibrios* en el agua de cultivo de *Penaeus vannamei*, expresados como media \pm desviación estándar. El análisis estadístico, realizado mediante un ANOVA de una vía seguido del test de Tukey, reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los diversos estadios larvarios ($p < 0,05$), lo cual se evidencia en la asignación de letras idénticas a todas las barras. Esto sugiere que a lo largo del ciclo larvario la carga bacteriana en el agua se mantiene homogénea, con baja variabilidad interna que refuerza la eficacia del manejo y consistencia en la calidad del agua, contribuyendo a evitar fluctuaciones que pueden inducir estrés en las larvas o incrementar el riesgo de infecciones.

En cuanto a la composición bacteriana, se observa que *V. alginolyticus* es el grupo predominante, alcanzado valores máximos de 9,60E+04 UFC/ml en PL7 y mínimos de 1,00E+03 UFC/ml en NV. Por otro lado, *V. cholerae* /*V. vulnificus* presentan recuentos mínimos de 1,67E+01 UFC/ml en NV y máximos de 1,91E+03 UFC/ml en PL5, y *V. parahaemolyticus* muestra un valor mínimo de 0,00E+00 UFC/ml en NV y se incrementa hasta alcanzar un valor máximo de 2,64E+04 UFC/ml en PL7. Estos hallazgos permiten inferir que, aunque la carga de *Vibrio* se mantiene estable, el incremento de *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus* en PL7 sugiere que factores operativos o ambientales específicos en este estadio pueden favorecer la proliferación de determinados grupos bacterianos, y aunque las variaciones no afecten al recuento global, podrían tener relevancia en términos de competitividad entre microorganismos y en la respuesta inmune de las larvas, resaltando la necesidad de estrategias de manejo focalizados en estadios críticos.

4.3. Correlación de la calidad de agua y la concentración de *Vibrio sp.* con los índices productivos de supervivencia y crecimiento del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei*.

Tabla 7.

Promedio de crecimiento y supervivencia del cultivo de post larvas durante la época seca.

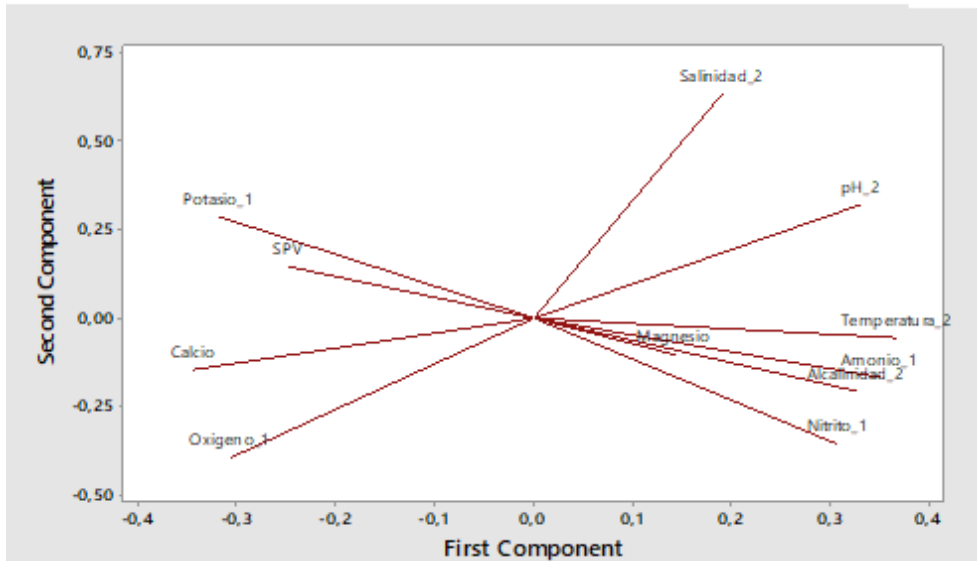
	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL10
Crecimiento (Pl/g)	748	623	533	430	360	306
Supervivencia	62,42%					

La tabla 7 muestra la media de los valores obtenidos en los índices productivos de crecimiento y supervivencia. El crecimiento en post larva 5 inicio con un valor promedio de 748 post larvas por gramo, mientras que en post larva 10 se llegó a 306 post larvas por gramo. Respecto a la supervivencia global, al final de la cosecha se obtuvo un valor de 62,42%.

Figura 18.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de las variables físico químicas y su impacto en la supervivencia de larvas de *Penaeus vannamei*.

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
SPV	-0,248	0,143	0,088	0,833	-0,335	-0,151	0,039	-0,158	0,195	0,118	-0,043
Temperatura_2	0,368	-0,057	-0,025	-0,053	0,229	-0,296	0,024	-0,019	0,574	0,595	0,184
Oxigeno_1	-0,307	-0,397	-0,158	-0,101	-0,297	0,056	0,034	0,403	0,509	-0,303	0,327
pH_2	0,330	0,321	0,038	0,079	-0,150	-0,103	0,468	0,694	-0,064	-0,029	-0,205
Salinidad_2	0,190	0,632	-0,122	-0,208	-0,292	-0,094	0,033	-0,325	0,165	-0,316	0,422
Alcalinidad_2	0,325	-0,208	-0,295	-0,041	-0,361	-0,494	-0,449	-0,013	-0,031	-0,174	-0,394
Calcio	-0,345	-0,149	0,011	-0,196	-0,110	-0,652	0,380	-0,076	-0,378	0,168	0,250
Magnesio	0,142	-0,103	0,920	-0,130	-0,226	-0,094	-0,176	0,018	0,050	-0,089	0,057
Potasio_1	-0,319	0,287	-0,049	-0,308	-0,452	0,210	-0,306	0,185	-0,051	0,573	-0,103
Amonio_1	0,350	-0,169	-0,103	0,289	-0,114	0,136	-0,268	0,210	-0,439	0,148	0,626
Nitrito_1	0,307	-0,359	-0,058	-0,085	-0,478	0,355	0,485	-0,375	-0,018	0,150	-0,118



La figura 18 presenta los coeficientes de correlación a través de una prueba de Pearson entre los parámetros físicos y químicos del agua de cultivo y la supervivencia de las larvas de *Penaeus vannamei*. Se observan correlaciones moderadas y fuertes en mayor proporción entre parámetros, lo que sugiere que el manejo integral favorece a que factores determinantes en la calidad de agua se optimicen simultáneamente

Entre el amonio no ionizado y el nitrito se observa una correlación moderada ($r=0.626$), este hallazgo es representativo de la actividad biológica del sistema, ya que en el proceso de nitrificación las bacterias convierten amonio en nitrito. Por lo tanto, el incremento del amonio no ionizado podría estar relacionado con una mayor actividad nitrificante, la misma que se refleja en concentraciones más altas de nitrito. Por otra parte, entre la salinidad y la temperatura se observa una correlación moderada ($r=0.632$), que podría indicar que

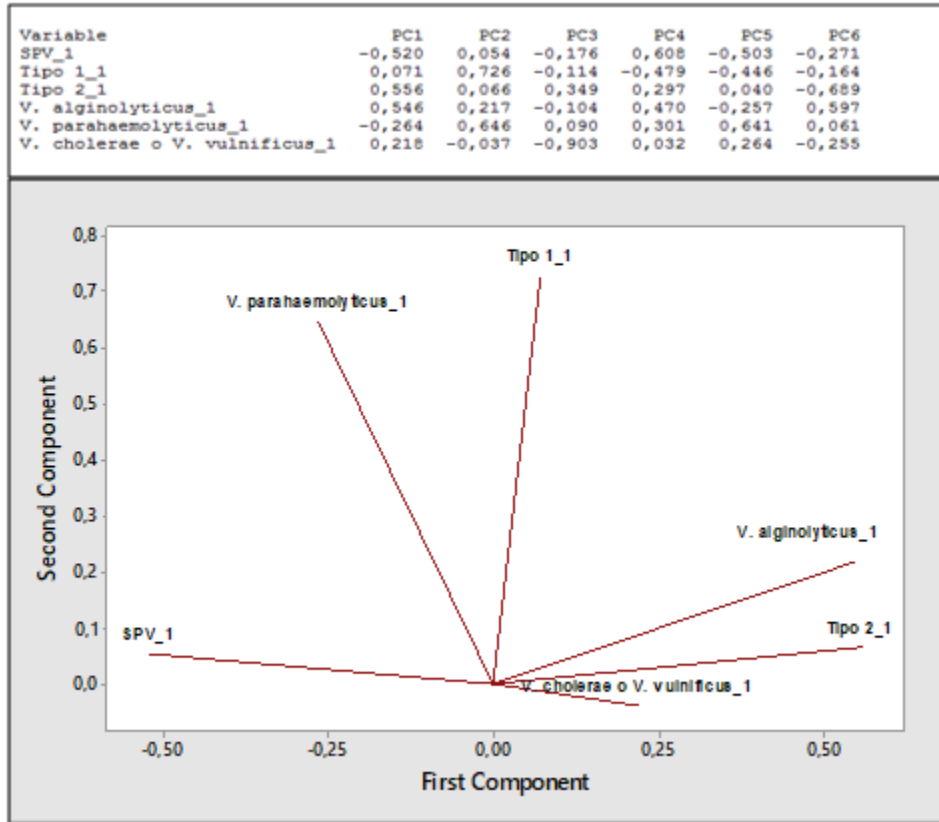
ambos parámetros pueden verse afectados por el manejo de las condiciones del agua de reposición, la dinámica de recambios y al proceso de aclimatación de acuerdo a las condiciones de finca camaronera.

Entre el pH y el magnesio se observa una correlación moderada ($r=0.694$), lo que podría ser resultado de la modulación intencional de la concentración de magnesio que contribuye a la capacidad amortiguadora del agua, ayudando a mantener la estabilidad del pH y al mismo tiempo mejorar la composición iónica del agua, favoreciendo así la osmorregulación y otros procesos fisiológicos de las larvas. Así mismo entre la supervivencia y el pH se observa una correlación fuerte ($r=0.833$), recalcando la importancia de este parámetro en el desempeño del cultivo, ya que niveles óptimos de pH son cruciales en el equilibrio ácido-base, actividad enzimática y bienestar fisiológico de las larvas y esta alta correlación sugiere que pequeñas variaciones pueden tener un impacto notable en la supervivencia, resaltando así la necesidad de mantener condiciones óptimas en el sistema.

Finalmente, entre la concentración de magnesio y el oxígeno disuelto se observa una correlación fuerte ($r=0.920$), lo que sugiere que las mismas condiciones ambientales y operativas están influyendo simultáneamente en la estabilidad de ambos parámetros y esta estrecha relación es importante ya que un ambiente con niveles óptimos de oxígeno disuelto y un balance iónico adecuado (incluido el magnesio) favorecen a la supervivencia de las larvas.

Figura 19.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de *Vibrio sp.* en organismos con la supervivencia.



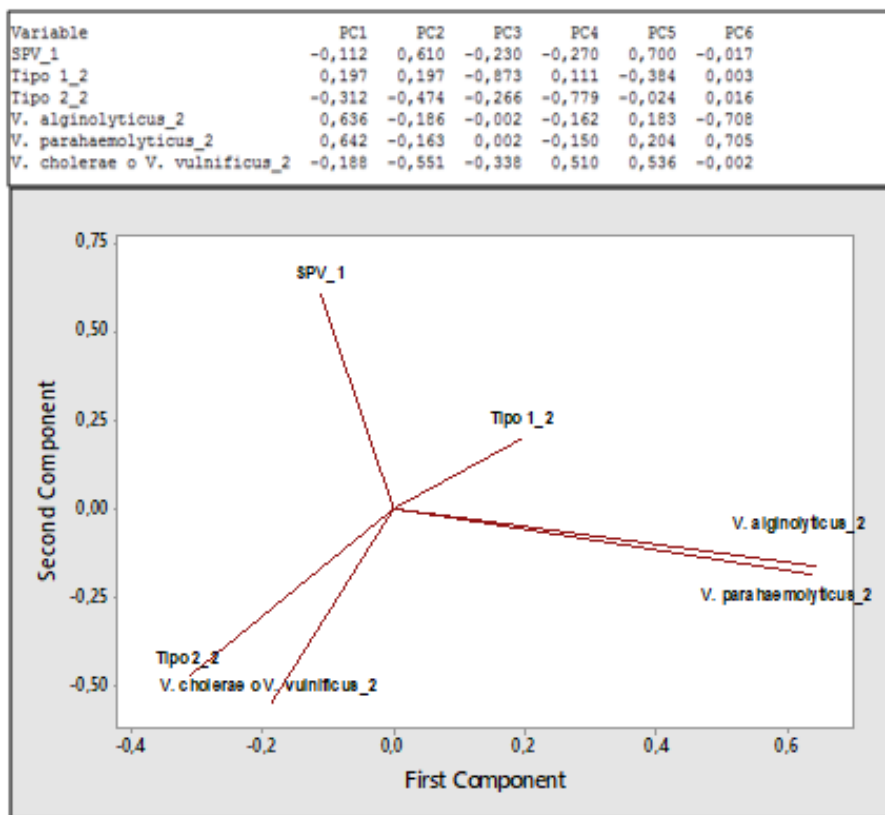
La figura 19 indica los coeficientes de correlación, obtenidos mediante la prueba de Pearson, entre *Vibrio sp.* en los organismos y la supervivencia de las larvas de *Penaeus vannamei*, donde a pesar de que no hay correlaciones directas con la supervivencia que alcanzan niveles considerados fuertes, se identificaron correlaciones moderadas, lo que evidencia que *Vibrio sp.* se relaciona de forma estable con el desempeño del cultivo.

Se observó una correlación moderada entre la supervivencia de las larvas y el recuento de *V. alginolyticus* ($r=0.608$), resultado que sugiere que el incremento en los niveles de *V. alginolyticus* en el organismo se asocia con una mejora en la tasa de supervivencia, lo que podría interpretarse como la contribución de este grupo bacteriano al equilibrio microbioma que favorece un ambiente menos propicio para la proliferación y colonización de cepas más virulentas.

Por otra parte, la evaluación de *Vibrio* tipo 1 y *V. parahaemolyticus* indicó una correlación moderada ($r=0.726$ y 0.641 , respectivamente), lo cual indica una estabilidad en el ecosistema microbiano tal como en el caso anterior, y aunque la correlación no se relaciona de forma directa con la supervivencia, permite inferir que estos grupos son consistentes dentro del sistema, donde la presencia de *Vibrio* sp. se asocia con una supervivencia que si bien no es óptima, se mantiene dentro de los límites operativos. En general, estos hallazgos sugieren que existe un equilibrio que podría estar influenciado por mecanismos de competencia microbiano, adaptación y respuesta inmune del huésped, junto con otros factores de manejo, lo que resalta la importancia de aplicar estrategias que permitan mantener el sistema en niveles seguros.

Figura 20.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de *Vibrio* sp. en el agua de cultivo con la supervivencia.



La figura 20 señala los coeficientes de correlación, obtenidos mediante la prueba de Pearson, entre *Vibrio* sp. en el agua de cultivo y la supervivencia de las larvas de *Panaeus*

vannamei. Aunque ninguna de las correlaciones directas alcanza niveles considerados fuertes, las correlaciones moderadas evidencian una asociación entre las fluctuaciones en los niveles de *Vibrios sp.* en el agua con la supervivencia de las larvas.

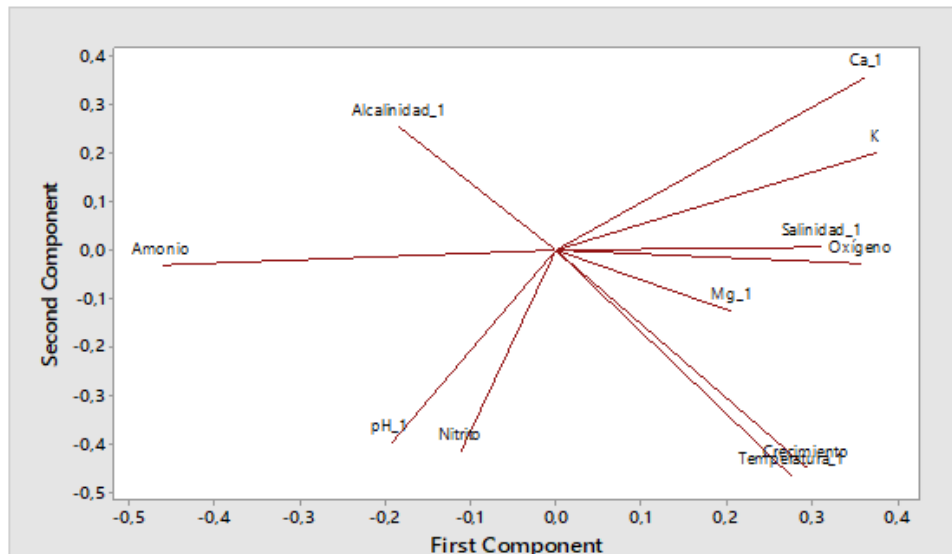
Se obtuvo correlaciones moderadas entre los recuentos de *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus* ($r=0.636$ y 0.642 , respectivamente) y la supervivencia, lo que indica que hay una asociación positiva entre los niveles de estos grupos bacterianos en el agua y la supervivencia de las larvas. Sin embargo, se debe considerar que, aunque ambos son potencialmente patógenos, su presencia moderada en el sistema podría reflejar un equilibrio microbiano en el cual forman parte de la población habitual en el medio y que en un ambiente manejado adecuadamente compiten o inhiben el crecimiento de la carga patógena.

Por otro lado, también se identificaron correlaciones moderadas entre la supervivencia y los recuentos de *Vibrios* tipo 1 ($r=0.610$) y en otro análisis se obtuvo un valor de $r=0.700$ para *V. parahaemolyticus*. Estos resultados refuerzan la idea de que las variaciones de estos grupos bacterianos están interrelacionadas con el desempeño del cultivo y que podrían ser un indicativo de estabilidad del sistema. Mientras que la relación entre *V. parahaemolyticus* y *V. cholerae/V. vulnificus* ($r=0.705$) podría indicar que las condiciones del medio favorecen su proliferación, lo que puede ser un indicador de sinergias o tolerancias similares al ambiente. A pesar de que el exceso de estos microorganismos podría tener un comportamiento patógeno, los hallazgos sugieren que el monitoreo y ajuste de condiciones de agua del cultivo permiten que la presencia de *Vibrio sp.* forme parte de un ecosistema microbiano equilibrado que favorece la supervivencia de las larvas.

Figura 21.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de las variables físico químicas y su impacto en el crecimiento.

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
Crecimiento	0,293	-0,451	0,174	-0,099	0,168	0,263	0,220	0,242	0,047	0,269	0,626
Temperatura_1	0,276	-0,468	-0,009	-0,180	0,009	-0,208	0,370	0,103	-0,445	-0,028	-0,531
Oxígeno	0,358	-0,027	0,393	-0,167	-0,191	-0,483	-0,575	0,245	0,125	0,108	-0,017
Salinidad_1	0,312	0,006	-0,589	-0,101	0,048	-0,031	-0,078	-0,220	0,301	0,608	-0,166
pH_1	-0,194	-0,399	-0,307	0,240	0,472	-0,205	-0,189	0,358	0,358	-0,296	-0,085
Alcalinidad_1	-0,183	0,253	-0,268	-0,579	-0,159	0,191	0,030	0,656	-0,001	-0,013	-0,045
Ca_1	0,363	0,354	0,041	-0,029	0,039	-0,343	0,579	0,039	0,444	-0,287	0,075
Mg_1	0,206	-0,128	-0,316	0,516	-0,692	0,071	0,011	0,249	-0,028	-0,135	0,097
K	0,376	0,199	-0,400	-0,102	0,267	-0,107	-0,247	-0,103	-0,497	-0,352	0,351
Amonio	-0,462	-0,033	-0,156	0,005	-0,117	-0,663	0,204	0,009	-0,218	0,298	0,360
Nitrito	-0,111	-0,414	-0,129	-0,498	-0,346	-0,020	-0,065	-0,436	0,268	-0,379	0,145



La figura 21 presenta los coeficientes de correlación, obtenidos mediante la prueba de Pearson, entre los parámetros físico-químicos del agua de cultivo y el crecimiento de las larvas de *Penaeus vannamei*. Si bien no se observan correlaciones directas fuertes entre el crecimiento y los parámetros, si se detectan correlaciones moderadas entre algunos de los parámetros evaluados, lo que sugiere que están interrelacionados de manera en que el manejo integral favorecería la optimización de la calidad de agua, lo que indirectamente impacta de forma positiva en el crecimiento de las larvas.

Entre la salinidad y el amonio no ionizado se observa una correlación moderada ($r=0.608$), lo que indica que, en el sistema de cultivo, el aumento de la salinidad se asocia con un incremento de los niveles de amonio no ionizado. Esto podría interpretarse como consecuencia de la concentración de sales y de desechos metabólicos en sistemas caracterizados por alta evaporación y/o recambios parciales de agua. Esta relación destaca

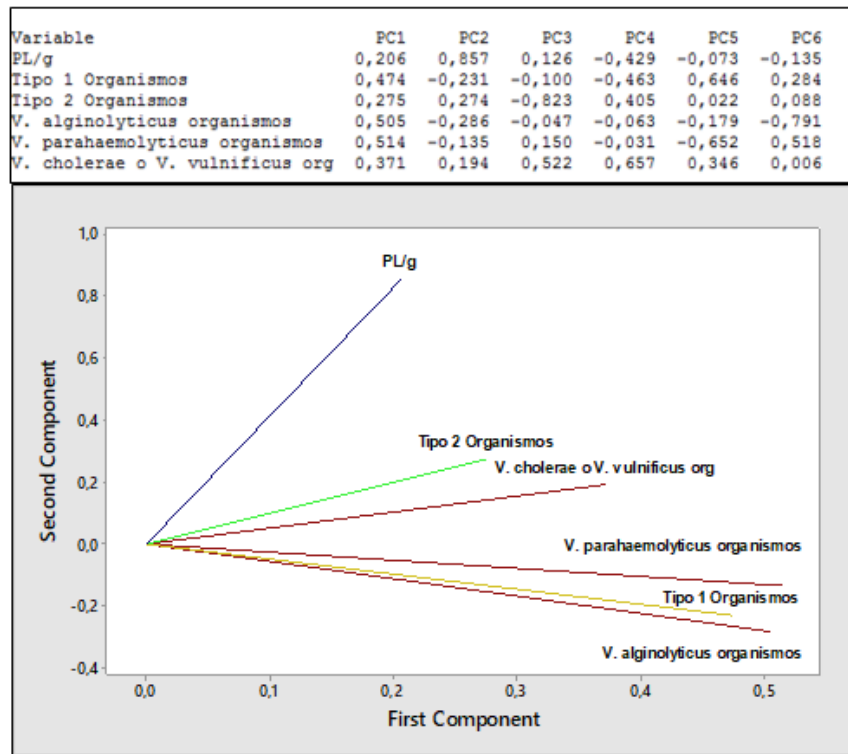
la necesidad de mantener protocolos de manejo que permitan diluir o eliminar dichos desechos, ya que niveles elevados de amonio pueden resultar tóxicos y afectar negativamente a la salud y crecimiento de las larvas.

Entre el crecimiento y el nitrito la correlación es moderada ($r=0.626$), este hallazgo sugiere que a medida que las larvas incrementan de tamaño, también se observa un incremento moderado de la concentración del nitrito. Esto podría deberse al incremento de biomasa y a la actividad metabólica de las larvas, lo que intensifica la acumulación de materia orgánica y, consecuentemente, la actividad nitrificante en el sistema, generando mayores niveles de nitrito como subproducto.

Por último, se observa una correlación moderada ($r=0.656$) entre la alcalinidad y el magnesio, lo que sugiere que el manejo adecuado de la composición iónica contribuye a mantener una buena capacidad amortiguadora del agua. Este equilibrio es fundamental para estabilizar el pH y sostener la alcalinidad del medio, creando condiciones óptimas de cultivo.

Figura 22.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de *Vibrio sp.* en organismos con el crecimiento



La figura 22 indica los coeficientes de correlación, obtenidos mediante la prueba de Pearson, entre los recuentos de *Vibrio sp.* en los organismos y el crecimiento de las larvas de *Penaeus vannamei*. Aunque no se observan correlaciones directas moderadas o fuertes entre estos microorganismos y el crecimiento, se detectan correlaciones intergrupales fuertes y moderadas, que podrían sugerir que las fluctuaciones de *Vibrio sp.* en los organismos están interrelacionadas con el rendimiento productivo.

Se identifica una correlación fuerte ($r=0.857$) entre el crecimiento y *Vibrio* tipo 1, donde a medida que incrementan los recuentos de *Vibrio* tipo 1, también se observa un mayor crecimiento de las larvas. Sin embargo, esta asociación podría interpretarse no como un efecto causal directo sobre el crecimiento, si no como un reflejo de que este microorganismo forma parte de una comunidad microbiana que bajo condiciones ambientales estables se

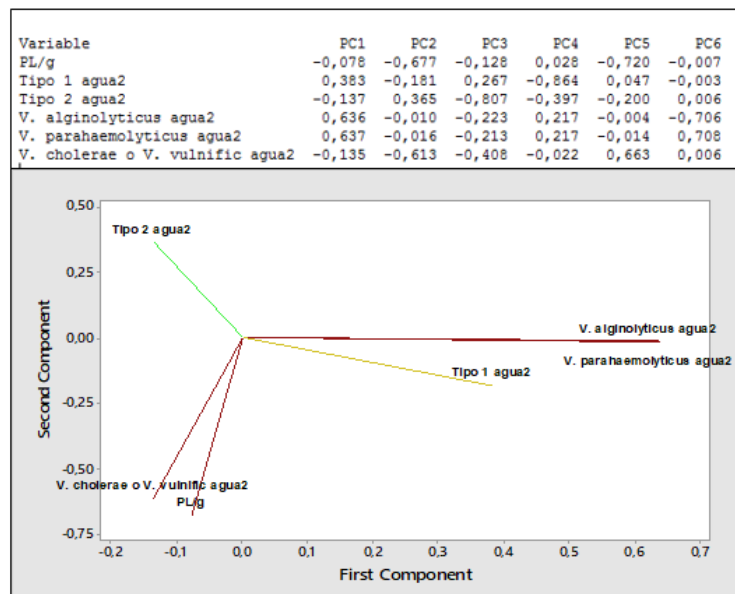
mantiene en equilibrio y este es el que podría favorecer al crecimiento, a pesar de que sea un potencial patógeno.

Por otra parte, se observan correlaciones moderadas entre los recuentos de *V. cholerae/V. vulnificus* y *V. alginolyticus* ($r=0.657$) y los recuentos entre *Vibrio* tipo 1 y *V. parahaemolyticus* ($r=0.646$), lo que sugiere que estos grupos bacterianos tienden a fluctuar de manera conjunta, probablemente debido a interacciones o similitudes en sus nichos ecológicos que les permite coexistir e incluso competir dentro de la misma comunidad microbiana.

Estos hallazgos permiten evidenciar que, la dinámica interrelacionada de estos grupos es importante para mantener un ecosistema equilibrado. Bajo condiciones de manejo óptimas, este equilibrio contribuye indirectamente al crecimiento y salud larvaria.

Figura 23.

Diagrama de componentes principales donde se muestra la relación de *Vibrio* sp. en el agua de cultivo con el crecimiento.



La figura 23 presenta los coeficientes de correlación, obtenidos mediante la prueba de Pearson, entre los recuentos de *Vibrio sp.* en el agua de cultivo y el crecimiento de las larvas de *Penaeus vannamei*. Aunque ninguna de las correlaciones directas alcanza niveles considerados fuertes, las correlaciones moderadas evidencian una asociación entre las fluctuaciones en los niveles de *Vibrios sp.* en el agua y el crecimiento de las larvas.

Se observa una correlación moderada entre *V. alginolyticus* ($r=0.636$) y *V. parahaemolyticus* ($r=0.637$) y el crecimiento, lo que indica que existe una asociación en la que a medida que incrementan los recuentos de *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus* en el agua, se observa un incremento en el crecimiento de las larvas. Sin embargo, es probable que, debido a su presencia moderada, estos grupos formen parte de la microbiota habitual del sistema y que bajo condiciones de manejo adecuadas su presencia se mantenga en un rango que no resulte perjudicial, favoreciendo así el crecimiento larvario.

De forma similar, se observan correlaciones moderadas, entre *V. cholerae/V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus* ($r=0.663$) y entre *V. parahaemolyticus* y *V. cholerae/V. vulnificus* ($r=0.708$), lo que indica que sus recuentos tienden a fluctuar de manera simultánea, lo que podría deberse a que ambos responden de forma análoga a las condiciones del cultivo ya sea porque comparten o compiten por los requerimientos ambientales o nichos ecológicos. Estas interrelaciones sugieren que, mientras el manejo del cultivo sea óptimo, la dinámica de la comunidad microbiana se mantiene en equilibrio, que indirectamente a pesar de su potencial patógeno favorecen al crecimiento y salud larvaria.

5. Discusión

La estabilidad del sistema en parámetros críticos como, oxígeno disuelto, pH, salinidad y temperatura y la ausencia de diferencias significativas denotan la eficacia de las prácticas y protocolos de manejo. Según Bermúdez et al., (2017) la salinidad y la temperatura son las más influyentes en el metabolismo y crecimiento de las larvas, para esto Molina y Chuya (2019), advierten que las fluctuaciones de estas variables producen en los animales respuestas adaptativas energéticamente costosas que reducen de la ganancia de peso y de la supervivencia.

Durante el cultivo se detectó un déficit en calcio de hasta el 73%, excedente de magnesio del 8% al inicio y déficit de hasta el 10% al final y un excedente de potasio en todos los estadios evaluados de hasta el 22%. Estos desequilibrios iónicos coinciden con los obtenidos por Ricardo (2022) en la época seca en los meses de mayo y junio en la zona de Chanduy, cuyo perfil iónico fue similar, donde el calcio tuvo un déficit promedio de hasta el 70.4% y magnesio y potasio un excedente de 27.05% y 33.65%, respectivamente. Ajustar la composición iónica del agua de reposición, así como la estrategia de suplementación para optimizar procesos de osmorregulación en las larvas.

En el cultivo se identificaron en los estadios de PL7 y PL10 concentraciones por encima de umbrales seguros de amonio no ionizado, Mercier et al., (2006) señala que la exposición a estas concentraciones causa estrés, afecta la respuesta inmune y disminuye la supervivencia de las larvas. En este estudio, la supervivencia fue de 62,42%, pudiendo haberse visto influenciada por estas concentraciones.

En este estudio realizado en la época seca se obtuvo una supervivencia moderada del 62.42% y respecto al crecimiento el cultivo en PL10 llegó a 306 post larvas/g, a diferencia

de los resultados obtenidos por Ricardo (2022), quien en esta misma época de estudio obtuvo la mayor supervivencia en comparación con la época lluviosa (92.2%) y en cuanto al crecimiento, al término del cultivo fue mayor reportando 253 pl/g.

Los recuentos bacterianos en organismos no mostraron diferencias significativas, pero fueron elevados, y estuvieron dominados por *V. alginolyticus*. En PL5 y PL7 predominó *V. parahaemolyticus* y *V. cholerae/V. vulnificus*, respectivamente, lo que indica la sensibilidad de la comunidad microbiana a cambios que favorecen la proliferación de especies más patógenas, más sin embargo bajo condiciones de manejo estables estas podrían no expresar su potencial patógeno. Alavandi et al., (2019) documentó mortalidad continua de bajo nivel asociado a *Vibrios* oportunistas cuya infección se remite al normalizar parámetros físico químicos.

Los recuentos bacterianos en el agua de cultivo fueron elevados con un promedio de $5,41E+03$ UFC/ml y con predominancia de *V. alginolyticus*. A diferencia de un estudio realizado en tres laboratorios en Manabí por Bermúdez-Medranda et al., (2024), donde obtuvo un promedio de $4,10E+02$ UFC/ml en el agua de cultivo de larvario, el cual se encuentra según Cuellar, (2015) dentro de los valores recomendados en el agua ($\leq 1,00E+02$ UFC/ml), además de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre laboratorios y puntos de muestreo.

Entre las correlaciones fuertes destacan la identificada entre la supervivencia y el pH ($r=0,833$), lo que resalta el valor crítico del pH, respaldado por estudios anteriores que subrayan su gestión en sistemas de cultivo, ya que no solo afecta la presencia de nutrientes, sino que también está relacionado con la formación de metabolitos tóxicos como el amonio, los nitritos y los nitratos, que pueden inducir estrés y enfermedades, así como aumentar la

mortalidad de los organismos (Claude y S. Tucker (1998); Morales-Covarrubias y Cuellar-Anjel, (2014).

Otra correlación destacable se identificó entre el crecimiento y *Vibrio* tipo 1 ($r=0.857$), lo que refuerza que no todas las cepas de *Vibrio* son patógenas, tal como sugiere Wang (2007), quien propone que bacterias no virulentas tienen la capacidad de establecer un microbioma estable, reduciendo el gasto de energía en respuestas inmunes y redirigiéndola al crecimiento compitiendo con patógenos y evitando brotes de enfermedad.

Entre parámetros y ciertas especies de *Vibrio sp.* se identificaron correlaciones moderadas, mientras que la correlación más fuerte entre parámetros se identificó entre el magnesio y el oxígeno disuelto (0,920), para esto Boyd (2020) indica que un medio con mayor concentración iónica tiene la capacidad de retener mejor el oxígeno disuelto, mientras que Kabata-Pendias (2010) menciona que una concentración óptima de Mg contribuye al equilibrio osmótico al mantener la estabilidad de las membranas celulares y de las proteínas de transporte de gases, permitiendo tanto la absorción como el intercambio de oxígeno. Estos hallazgos refuerzan la idea de que múltiples factores ambientales están interrelacionados y aunque las correlaciones no son fuertes, la composición química del agua y sus variaciones físicas, químicas y biológicas son factores complejos que influyen en el desarrollo y crecimiento de los organismos acuáticos (Rodríguez-Pesantes et al., 2020).

La importancia del manejo adecuado del agua de cultivo se hace evidente, ya que una gestión deficiente puede contribuir a la introducción y diseminación de enfermedades infecciosas en la acuicultura (Suárez et al., 2015). Por lo tanto, es fundamental implementar prácticas de bioseguridad y control de calidad del agua para asegurar un ambiente óptimo y saludable para las larvas, lo que a su vez puede mejorar su crecimiento y supervivencia (Boyd, 2016).

6. Conclusiones

La estabilidad y modulación de parámetros críticos como la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH, reflejada en la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los estadios evaluados, indican que, mediante las estrategias de manejo implementadas, el sistema se ha mantenido dentro de rangos óptimos para el desarrollo larvario y confirma la efectividad del control ambiental.

Por otra parte, respecto al perfil iónico, aunque se observan ligeras fluctuaciones en la alcalinidad, calcio, magnesio y potasio, estos se encuentran dentro de rangos aceptables para el cultivo larvario, sin embargo, se observa ciertas discrepancias entre el balance requerido, existe un déficit de calcio y en determinados estadios hubo un exceso o reducción de otros iones, lo cual puede influir en procesos fisiológicos. Adicionalmente, el incremento significativo del amonio no ionizado en estadios post larvales avanzados (PL7 y PL10), excediendo las concentraciones recomendadas, alerta sobre el impacto potencial de la acumulación de desechos metabólicos y de materia orgánica en el sistema que podría representar una fuente de estrés y afectar la salud de las larvas.

Según el análisis estadístico los recuentos de *Vibrio sp.* se mantienen relativamente estables, lo que sugiere un manejo adecuado, sin embargo, pese a esta estabilidad, se observa una elevada concentración bacteriana en todos los estadios evaluados que puede inducir estrés en las larvas y aumentar el riesgo a infecciones si ocurren desequilibrios en el ecosistema microbiano. Además, se observó la dominancia de *V. alginolyticus* tanto en el agua como en los organismos, sin embargo, hubo cambios notables en estadio de PL5 y PL7, con incremento de cepas de *V. parahaemolyticus* y *V. cholerae/ V. vulnificus*, correspondientemente. Estas variaciones pueden ser el reflejo de adaptaciones o respuestas específicas a aspectos operativos o ambientales, lo que sugiere que la composición de la comunidad microbiana es sensible a pequeños cambios en el manejo y puede favorecer a la proliferación de especies más patógenas.

Los análisis de correlación muestran relaciones moderadas a fuertes entre parámetros físico, químicos y también entre ciertos recuentos de *Vibrio sp.* y los índices de supervivencia y crecimiento, lo que indica que estos factores actúan de forma sinérgica, y que las prácticas operativas que aseguran su estabilidad benefician directamente al desempeño productivo. A pesar de que las correlaciones directas entre la carga de *Vibrio sp.* y los índices productivos no son siempre fuertes, la dinámica interrelacionada de los diferentes grupos bacterianos sugiere que un microbioma equilibrado, aun cuando incluya especies potencialmente patógenas de forma moderada, puede asociarse a una estabilidad en la supervivencia y crecimiento de las larvas cuando el manejo integral del cultivo es óptimo.

7. Recomendaciones

Debido al costo elevado de la implementación de sensores automáticos que permitan detectar y gestionar las variaciones en tiempo real, se propone continuar y cumplir con un protocolo de muestreo manual donde el registro de los datos sea lo más transparente posible, para captar las variaciones e identificar tendencias y anomalías. Así mismo se deberá realizar la calibración periódica de los instrumentos de medición para asegurar una mayor precisión en los datos.

Optimizar las estrategias de frecuencia y volumen de los recambios de agua, junto con la incorporación de tratamientos biológicos para evitar y diluir sobrecargas orgánicas que pueden favorecer la acumulación de metabolitos tóxicos, proliferación bacteriana excesiva y alterar el equilibrio del medio. Para evitar fluctuaciones en la composición iónica considerar ajustes en la composición del agua de reposición, para corregir déficits o excesos, garantizando un perfil adecuado a los requerimientos fisiológicos de las larvas.

Debido a que se observan niveles elevados de *Vibrio sp.* en el sistema, se recomienda fortalecer los protocolos de bioseguridad e implementar el monitoreo mediante técnicas moleculares para identificación de cepas y complementar el estudio con la detección de genes asociados a la virulencia.

Evaluar la incorporación de probióticos u otros agentes competitivos que promuevan el equilibrio en la comunidad microbiana, además de reforzar estrategias para modular la microbiota de las larvas a través de la calidad del agua, de forma que favorezca la competitividad contra especies más patógenas sin desequilibrar la microbiota local. Centrar especial atención en estadios de PL5 y PL7 donde se observa una inversión en la predominancia de ciertas especies. Ajustes específicos en estos estadios pueden prevenir brotes patógenos y mejorar índices de crecimiento y supervivencia.

Integrar modelos predictivos de desempeño productivo basados en análisis multivariados donde se integre parámetros físicos, químicos y biológicos que permitan determinar umbrales críticos de intervención, garantizando la estabilidad y calidad del agua en todos los estadios larvarios y minimizando el estrés en las larvas para mejorar la productividad y sostenibilidad del sistema.

Considerar la replicación del estudio en diferentes épocas del año o condiciones ambientales para evaluar la robustez del sistema y la aplicabilidad de estrategias de manejo en escenarios variables, especialmente en el contexto de cambios climáticos.

8. Referencias bibliográficas

- Acosta, R. (2016). *Análisis del sector de larvicultura del camarón blanco Litopenaeus vannamei en el Ecuador; énfasis en el mercado de insumos y comportamientos del sector*. Escuela Superior Politécnica del Litoral .
- Aguilera-Rivera, D., Prieto-Davó, A., Rodríguez-Fuentes, G., Escalante-Herrera, K. S., & Gaxiola, G. (2019). A vibriosis outbreak in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc and clear seawater. *Journal of Invertebrate Pathology*, *167*, 107246. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2019.107246>
- Aguirre-Guzmán, G., Edgar, J., López-Acevedo, A., & De La Luz Vázquez-Sauceda, M. (2013). Efecto de *Vibrio harveyi* en la sobrevivencia de larvas de *Litopenaeus vannamei*. *Scientia Agropecuaria*, *4*, 121–127. www.sci-agropecu.unitru.edu.pe
- Ahearn, G. A., Mandal, P. K., & Mandal, A. (2004). Calcium regulation in crustaceans during the molt cycle: a review and update. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *137*(2), 247–257. <https://doi.org/10.1016/J.CBPB.2003.10.012>
- Ahmed, N., & Diana, J. S. (2015). Coastal to inland: Expansion of prawn farming for adaptation to climate change in Bangladesh. *Aquaculture Reports*, *2*, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.08.001>
- Alavandi, S. V., Muralidhar, M., Syama Dayal, J., Rajan, J. S., Ezhil Praveena, P., Bhuvanewari, T., Saraswathy, R., Chitra, V., Vijayan, K. K., & Otta, S. K. (2019). Investigation on the infectious nature of Running Mortality Syndrome (RMS) of farmed Pacific white leg shrimp, *Penaeus vannamei* in shrimp farms of India. *Aquaculture*, *500*, 278–289. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2018.10.027>
- Alday-Sanz, V., Roque, A., & Turnbull, J. F. (2002). Clearing mechanisms of *Vibrio vulnificus* biotype I in the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, *48*(2), 91–99. <https://doi.org/10.3354/DAO048091>
- Arrobo, J., Mendoza, S., Cevallos, J., & Monserrate, L. (2017). *Identificar la prevalencia de genes de toxinas del Vibrio parahaemolyticus en el ambiente marino de la zona de Mar Bravo-Salinas*.
- Arunkumar, M., LewisOscar, F., Thajuddin, N., Pugazhendhi, A., & Nithya, C. (2020). In vitro and in vivo biofilm forming *Vibrio* spp: A significant threat in aquaculture. *Process Biochemistry*, *94*, 213–223. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2020.04.029>
- Arzola González, J. F., Piña V., P., Nieves S., M., & Medina J., M. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. *Revista MVZ Córdoba, ISSN 0122-0268, ISSN-e 1909-0544, Vol. 18, N°. Extra 0 (Octubre), 2013, Págs. 3618-3625, 18(0), 3618–3625*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4687337&info=resumen&idioma=ENG>
- Barajas-Sandoval, D. R., Escobedo-Fregoso, C., Quiroz-Guzmán, E., Tovar-Ramírez, D., Py, C. A., & Peña-Rodríguez, A. (2024). Effect of temporal thermal stress on *Penaeus vannamei*: Growth performance and physiological plasticity. *Comparative Biochemistry and Physiology -Part A : Molecular and Integrative Physiology*, *295*. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111653>
- Bermudes-Lizárraga, J. F., Nieves-Soto, M., Flores-Higuera, F. A., & López-Peraza, D. J. (2023). Supervivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con dietas tradicionales y no-tradicionales. *Revista MVZ Córdoba*, *28*(1), 1–10. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2682>

- Bermúdez, F., Nieves, M., Medina, A., Román, C., Flores, L., Ortega, A., & Piña, P. (2017, December). Efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*.
- Bermúdez-Medranda, A. E., Falcones-Rodríguez, J., García, M., Santana-Piñeros, A. M., Cruz-Quintana, Y., Bermúdez-Medranda, A. E., Falcones-Rodríguez, J., García, M., Santana-Piñeros, A. M., & Cruz-Quintana, Y. (2024). *Vibrio* spp y bacterias heterótrofas en tres laboratorios de larvas de camarón blanco *Penaeus vannamei* de Manabí, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 35(3), e28273. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V35I3.28273>
- Borges, R., Mendoza, Y., & Carbonell, N. (2012). Necrosis en postlarvas de camarón. *Revista Electrónica de Veterinaria*.
- Borroto, R. (1997). La ecología de *Vibrio cholerae* serogrupo 01 en ambientes acuáticos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 3–8.
- Boyd C. (1989). *Water quality management and aeration in shrimp farming*.
- Boyd C. (1998). *Water quality for pond aquaculture*.
- Boyd, C. E. (2016). *Selected Water Quality Topics Related to Larval Shrimp Culture*.
- Boyd, C. E. (2020). *Water Quality An introduction*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- Brenner, D., Krieg, N., Staley, J., Garrity, G., & Boone, D. (2005). *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology* (2nd ed., Vol. 2).
- Broberg, C. A., Calder, T. J., & Orth, K. (2011). *Vibrio parahaemolyticus* cell biology and pathogenicity determinants. *Microbes and Infection*, 13(12–13), 992–1001. <https://doi.org/10.1016/J.MICINF.2011.06.013>
- Buike, P. (2018, June 25). *Efectos de la temporada de lluvias en estanques de engorde de camarones*.
- Bush, S. R., Van Zwieten, P. A. M., Visser, L., Van Dijk, H., Bosma, R., De Boer, W. F., & Verdegem, M. (2010). Scenarios for Resilient Shrimp Aquaculture in Tropical Coastal Areas. *Ecology and Society*, 15(2). <https://about.jstor.org/terms>
- Chandran, A., Priya, P. S., Meenatchi, R., Vaishnavi, S., Pavithra, V., Ajith Kumar, T. T., & Arockiaraj, J. (2023). Insights into molecular aspects of pathogenesis and disease management in acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND): An updated review. *Fish & Shellfish Immunology*, 142, 109138. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2023.109138>
- Claude, E. Boyd., & S. Tucker, C. (1998). Aquaculture Water Quality Management. *Pond Aquaculture Water Quality Manegment*, 567–670. https://www.academia.edu/11373020/Aquaculture_Water_Quality_Management
- Clegg, S. L., & Whitfield, M. (1995). A chemical model of seawater including dissolved ammonia and the stoichiometric dissociation constant of ammonia in estuarine water and seawater from-2 to 40°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(12), 2403–2421.
- Cobo, M. de L., Sonnenholzner, S., Wille, M., & Sorgeloos, P. (2012). Ammonia tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) larvae. *Aquaculture Research*, 45(3), 470–475. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03248.x>

- Colwell, R. R., & Chun, J. (2008). The Genus *Vibrio* and Related Genera. *Practical Handbook of Microbiology: Second Edition*, 267–273. <https://doi.org/10.1201/9781420009330-29/GENUS-VIBRIO-RELATED-GENERA-RITA-COLWELL-JONGSIK-CHUN>
- Cuellar, J. (2015, August). *Vibriosis*. The Center for Food Security & Public Health. <http://www.codexalimentarius.org/search->
- Davis, D. A., Samocha, T. M., & Boud, C. (2004). Acclimating Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* to Inland, Low-Salinity Waters. *Southern Regional Aquaculture Center*.
- de Souza Valente, C., & Wan, A. H. L. (2021). *Vibrio* and major commercially important vibriosis diseases in decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 181, 107527. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2020.107527>
- Duan, Y., Liu, Q., Wang, Y., Zhang, J., & Xiong, D. (2018). Impairment of the intestine barrier function in *Litopenaeus vannamei* exposed to ammonia and nitrite stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 78, 279–288. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2018.04.050>
- Edwards, T. M., Puglis, H. J., Kent, D. B., Durán, J. L., Bradshaw, L. M., & Farag, A. M. (2024). Ammonia and aquatic ecosystems – A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish. *Science of The Total Environment*, 907, 167911. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.167911>
- Emerson, K., Russo, R., Lund, R., & Thurston, R. (1975). Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canadá*. www.nrcresearchpress.com
- Flegel, T. W. (2012). Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in Asia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110(2), 166–173. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2012.03.004>
- Flores Miranda, M. del C., Luna González, A., Campa Córdova, Á. I., Fierro Coronado, J. A., Partida-Arangure, B. O., Pintado, J., & González Ocampo, H. A. (2012). Isolation and characterization of infectious *Vibrio sinaloensis* strains from the Pacific shrimp *Litopenaeus vannamei* (Decapoda Penaeidae). *Revista de Biología Tropical*, ISSN 0034-7744, Vol. 60, N°. 2, 2012, Págs. 567-576, 60(2), 567–576. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9515813&info=resumen&idioma=ENG>
- Furtado, P. S., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2011). Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, 321(1–2), 130–135. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2011.08.034>
- Fu, S., Wei, D., Yang, Q., Xie, G., Pang, B., Wang, Y., Lan, R., Wang, Q., Dong, X., Zhang, X., Huang, J., Feng, J., Liu, Y., & Fu, C. S. (2020). Horizontal Plasmid Transfer Promotes the Dissemination of Asian Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease and Provides a Novel Mechanism for Genetic Exchange and Environmental Adaptation. *Ecological and Evolutionary Science*. <https://journals.asm.org/journal/msystems>
- Goytortúa, E., Vizcaíno, K. A., Antonio, M., Roa, C., & Civera Cerecedo, R. (2023). *Manual para la identificación de estadios larvales del camarón blanco del pacífico Litopenaeus vannamei* (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Ed.).
- Guerrero, C. (2015). *Tipificación molecular de Vibrio parahaemolyticus y Vibrio vulnificus aislados en México*. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California.
- Guo, H., Fu, X., He, J., Wang, R., Yan, M., Wang, J., Dong, P., Huang, L., & Zhang, D. (2023). Gut bacterial consortium enriched in a biofloc system protects shrimp against *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Microbiome*, 11(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/S40168-023-01663-2/FIGURES/7>

- Guo, H., Xian, J. A., Li, B., Ye, C. X., Wang, A. L., Miao, Y. T., & Liao, S. A. (2013). Gene expression of apoptosis-related genes, stress protein and antioxidant enzymes in hemocytes of white shrimp *Litopenaeus vannamei* under nitrite stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 157(4), 366–371. <https://doi.org/10.1016/J.CBPC.2013.03.001>
- Holt, C. C., Bass, D., Stentiford, G. D., & van der Giezen, M. (2021). Understanding the role of the shrimp gut microbiome in health and disease. *Journal of Invertebrate Pathology*, 186, 107–387. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2020.107387>
- Hong, M., Chen, L., Qin, J. G., Sun, X., Li, E., Gu, S., & Yu, N. (2009). Acute tolerance and metabolic responses of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles to ambient nitrite. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 149(3), 419–426. <https://doi.org/10.1016/J.CBPC.2008.10.001>
- Huang, M., Xie, J., Yu, Q., Xu, C., Zhou, L., Qin, J. G., Chen, L., & Li, E. (2020). Toxic effect of chronic nitrite exposure on growth and health in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 529, 735664. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735664>
- Intriago, P., Medina, A., Espinoza, J., Enriquez, X., Arteaga, K., Aranguren, L. F., Shinn, A. P., & Romero, X. (2023). Acute mortality of *Penaeus vannamei* larvae in farm hatcheries associated with the presence of *Vibrio* sp. carrying the VpPirAB toxin genes. *Aquaculture International*, 31(6), 3363–3382. <https://doi.org/10.1007/S10499-023-01129-0/METRICS>
- Jia, T., Liu, S., Yu, X., Xu, T., Xia, J., Zhao, W., Wang, W., Kong, J., & Zhang, Q. (2024). Prevalence investigation of translucent post-larvae disease (TPD) in China. *Aquaculture*, 583, 740583. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.740583>
- Kumar, M., Chadha, N. K., Prakash, S., Pavan-Kumar, A., Harikrishna, V., Gireesh-Babu, P., & Krishna, G. (2024). Salinity, stocking density, and their interactive effects on growth performance and physiological parameters of white-leg shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), reared in inland ground saline water. *Aquaculture International*, 32(1), 675–690. <https://doi.org/10.1007/S10499-023-01181-W/METRICS>
- Lema, J. (2023). *Relación entre calidad de agua y amonio tóxico en un periodo de producción del cultivo de camarón Litopenaeus vannamei en Santa Elena - Santa Elena*.
- Leyton, Y., & Riquelme, C. (2008). Vibrios en los sistemas marinos costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3), 441–456. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572008000300004>
- Liu, L., Xiao, J., Zhang, M., Zhu, W., Xia, X., Dai, X., Pan, Y., Yan, S., & Wang, Y. (2018). A *Vibrio owensii* strain as the causative agent of AHPND in cultured shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 153, 156–164. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2018.02.005>
- Liu, S., Wang, W., Jia, T., Xin, L., Xu, T., Wang, C., Xie, G., Luo, K., Li, J., Kong, J., & Zhang, Q. (2023). *Vibrio parahaemolyticus* becomes lethal to post-larvae shrimp via acquiring novel virulence factors. *Microbiology Spectrum*, 11(6). https://doi.org/10.1128/SPECTRUM.00492-23/SUPPL_FILE/REVIEWER-COMMENTS.PDF
- Marcillo, F. (2010). *Manual para la Compra de Semilla Silvestre en Camaroneras*.
- Martínez Córdova, R. (2009). *Camaronicultura sustentable: Manejo y evaluación*. Trillas S.A.
- Mercier, L., Palacios, E., Campa-Córdova, Á. I., Tovar-Ramírez, D., Hernández-Herrera, R., & Racotta, I. S. (2006). Metabolic and immune responses in Pacific whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to a repeated handling stress. *Aquaculture*, 258(1–4), 633–640. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2006.04.036>

- Miranda, I., Valles, L., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010). Culture of Marine Shrimp *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) in Freshwater. *Revista Científica*, XX, 339–346.
- Molina, C., & Chuya, N. (2019, July 29). *Mejora de la capacidad osmorreguladora del camarón blanco del Pacífico cultivado en baja salinidad*. <https://www.globalseafood.org/advocate/improving-the-osmoregulatory-capacity-of-pacific-white-shrimp-grown-in-low-salinity/>
- Morales-Covarrubias, S., & Cuellar-Anjel, J. (2014). *Guía técnica - Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos* (OIRSA, Ed.).
- Moura, P., Neto, I. A., Brandão, H., Furtado, P., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2023). Effects of magnesium reduction in artificial low-salinity water on the growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system. *Aquaculture*, 577, 739956. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.739956>
- Natrah, F. M. I., Kenmegne, M. M., Wiyoto, W., Sorgeloos, P., Bossier, P., & Defoirdt, T. (2011). Effects of micro-algae commonly used in aquaculture on acyl-homoserine lactone quorum sensing. *Aquaculture*, 317(1–4), 53–57. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2011.04.038>
- Newman, S. (2022, May 2). *Una actualización sobre la vibriosis, la principal enfermedad bacteriana que enfrentan los camarones* -. <https://www.globalseafood.org/advocate/una-actualizacion-sobre-la-vibriosis-la-principal-enfermedad-bacteriana-que-enfrentan-los-camaroneros/>
- Omoregie, E. (2023). African Aquaculture: Enhancement of Water Quality for Sustainable Freshwater Finfish Culture. In *Emerging Sustainable Aquaculture Innovations in Africa* (pp. 341–363). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7451-9_14
- Palacios, L. (2024). *Cultivo de camarón blanco Penaeus vannamei con agua subterránea en Guasave, Sinaloa*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Palacio, W. (2022). *Detección molecular de Vibrio cholerae, Vibrio parahaemolyticus y Vibrio vulnificus en almejas de importancia comercial de tres zonas de producción en Panamá*. Universidad de Panamá.
- Palma, R., Chalén, B., G.S. Mogollón, N., Rodríguez, J., & Quiroz-Moreno, C. (2024). Initial analysis of profiles from *Pseudovibrio denitrificans* and *Vibrio parahaemolyticus* antagonism by LC-MS-based metabolomics. *Bionatura Journal*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.70099/BJ/2024.01.02.4>
- Pan, L. Q., Zhang, L. J., & Liu, H. Y. (2007). Effects of salinity and pH on ion-transport enzyme activities, survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture*, 273(4), 711–720. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2007.07.218>
- Panorama acuícola. (2022, January 7). *La industria ecuatoriana del camarón se convierte en la más grande del mundo*. <https://panoramaacuicola.com/2022/01/07/la-industria-ecuatoriana-del-camaron-se-convierte-en-la-mas-grande-del-mundo/#print>
- Paredes, V., Herrera, J. ^a, Bayot B, & Sotomayor, M. (2018). *Comportamiento de las principales comunidades bacterianas durante un ciclo de cultivo larvario de Penaeus (Litopenaeus) vannamei*.
- Pascal, E., Portillo Edgar, & González, L. (2024). Estudio de la interacción molecular entre las toxinas Pir A y Pir B de *Vibrio parahaemolyticus*, causantes de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) y potenciales ligandos inhibidores: Una propuesta de investigación . *El Acuicultor* , 4, 28–33.
- Peña, L., & Cuellar, J. (2019). *Vibriosis en camarón blanco del Pacífico Penaeus vannamei: Reporte de caso*. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2755>

- Pérez Farfante, I., & Kensle, B. (1997). *Penaeids and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnoses for the Families and Genera* (Vol. 175). Muséum national d'Histoire naturelle.
- Piedrahita, Y. (2018, July 23). *La industria de cultivo de camarón en Ecuador, parte*. <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>
- Prathiviraj, R., Rajeev, R., Fernandes, H., Rathna, K., Lipton, A. N., Selvin, J., & Kiran, G. S. (2021). A gelatinized lipopeptide diet effectively modulates immune response, disease resistance and gut microbiome in *Penaeus vannamei* challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, *112*, 92–107. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2021.02.018>
- Re, A., Díaz, F., Sierra, E., & Gómez, S. (2004). Oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. *Ciencias Marinas*, *30*, 443–453.
- Ricardo, K. (2022). *Incidencia de los niveles de calcio, magnesio, potasio y su impacto en el desarrollo larvario de Litopenaeus vannamei en los meses de marzo a junio en la zona de Chanduy - provincia de santa Elena*.
- Rodríguez-Pesantes, D., Lodeiros, C., Revilla, J., Adrián Márquez, ;, & Sonnenholzner, S. (2020). Tratamiento físico-químico del agua para el cultivo larvario y el asentamiento de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1975) Water Physical-chemical treatment for larval culture and settlement of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1975). *Aquatechnica*, *2*(1), 50–60. <https://doi.org/10.33936/at.v2i1.2414>
- Sathish Kumar, T., Vidya, R., Kumar, S., Alavandi, S. V., & Vijayan, K. K. (2017). Zoea-2 syndrome of *Penaeus vannamei* in shrimp hatcheries. *Aquaculture*, *479*, 759–767. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2017.07.022>
- Soto-Rodríguez, S. A., Lozano-Olvera, R., Montfort, G. R. C., Zenteno, E., Sánchez-Salgado, J. L., Vibanco-Pérez, N., & Aguilar Rendón, K. G. (2022). New Insights into the Mechanism of Action of PirAB from *Vibrio Parahaemolyticus*. *Toxins*, *14*(4). <https://doi.org/10.3390/toxins14040243>
- Soto-Rodríguez, S. A., Simoes, N., Roque, A., & Gómez Gil, B. (2006). Pathogenicity and colonization of *Litopenaeus vannamei* larvae by luminescent vibrios. *Aquaculture*, *258*(1–4), 109–115. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2006.04.035>
- Suárez, M. G., Medina, Z., Montiel, M., Ibarra, J., & Salcedo, A. (2015). Distribución de *Vibrio* spp. en agua y sedimento de estanques de camarón productores de camarón *Litopenaeus vannamei* cultivados con agua del lago de Maracaibo (Venezuela). *Revista Científica*, *XXV*(4), 293–299. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173003>
- Tao, J., Zhou, D., Zhang, Z., Xu, R., & Tang, R. (2009). Magnesium-aspartate-based crystallization switch inspired from shell molt of crustacean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(52), 22096. <https://doi.org/10.1073/PNAS.0909040106>
- Valenzuela-Madrigal, I. E., Valenzuela-Quiñónez, W., Esparza-Leal, H. M., Rodríguez-Quiroz, G., & Aragón-Noriega, E. A. (2017). Efecto de la composición iónica sobre el crecimiento y la supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado en agua de pozo de baja salinidad. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, *52*(1), 103–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000100008>
- Vinatea Arana, L. (2006). *Principios químicos de calidad de agua en acuicultura: Una revisión para peces y camarones*.
- Vivanco, G. (2021). *Identificación de microorganismos patógenos que afectan en el estadio larval de camarón blanco Litopenaeus vannamei*.

- Wang, W., Li, J., Liang, S., Chen, M., Guo, J., Wang, L., Lin, Z., & Chen, J. (2025). Enhancement of total ammonia and nitrite removal, growth, and vibrio tolerance in whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) by *Paracoccus marcusii* ND07 administration in rearing water. *Aquaculture*, 599, 742152. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2025.742152>
- Wang, Y. B. (2007). Effect of probiotics on growth performance and digestive enzyme activity of the shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 269(1–4), 259–264. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2007.05.035>
- Wang, Z., Qu, Y., Yan, M., Li, J., Zou, J., & Fan, L. (2019). Physiological responses of pacific white shrimp *litopenaeus vannamei* to temperature fluctuation in low-salinity water. *Frontiers in Physiology*, 10(AUG), 450479. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01025/BIBTEX>
- Wang, Z., Zhou, J., Li, J., Zou, J., & Fan, L. (2020). The immune defense response of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to temperature fluctuation. *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 103–110. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2020.04.053>
- Williams, S. L., Jensen, R. V., Kuhn, D. D., & Stevens, A. M. (2017). Analyzing the metabolic capabilities of a *Vibrio parahaemolyticus* strain that causes Early Mortality Syndrome in shrimp. *Aquaculture*, 476, 44–48. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2017.03.030>
- Yang, F., Xu, L., Huang, W., & Li, F. (2022). Highly lethal *Vibrio parahaemolyticus* strains cause acute mortality in *Penaeus vannamei* post-larvae. *Aquaculture*, 548, 737605. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.737605>
- Yang, Q., Fu, S., Zou, P., Hao, J., Wei, D., Xie, G., & Huang, J. (2021). Coordination of primary metabolism and virulence factors expression mediates the virulence of *Vibrio parahaemolyticus* towards cultured shrimp (*Penaeus vannamei*). *Journal of Applied Microbiology*, 131(1), 50–67. <https://doi.org/10.1111/JAM.14922>
- Yildiz, F. H., & Visick, K. L. (2009). *Vibrio* biofilms: so much the same yet so different. *Trends in Microbiology*, 17(3), 109–118. <https://doi.org/10.1016/J.TIM.2008.12.004>
- Yudiati, E., Kurniawan, P. N. R., Putri, A. N., Falah, I. H. Al, Azhar, N., Sedjati, S., Arifin, Z., & Santosa, G. W. (2024). Benefits of Alginate and Spirulina Supplementation to the Growth and Resistance Against Salinity Exposure in *Litopenaeus vannamei* Post-Larvae. *Croatian Journal of Fisheries*, 82(2), 65–72. <https://doi.org/10.2478/CJF-2024-0008>
- Yu, P., Shan, H., Cheng, Y., Ma, J., Wang, K., & Li, H. (2022). Translucent disease outbreak in *Penaeus vannamei* post-larva accompanies the imbalance of pond water and shrimp gut microbiota homeostasis. *Aquaculture Reports*, 27, 101410. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2022.101410>
- Zhang, Y., Tan, P., & Yang, M. (2024). Characteristics of *vhvp-2* gene distribution and diversity within the *Vibrio* causing translucent post-larvae disease (TPD). *Journal of Invertebrate Pathology*, 207, 108228. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2024.108228>

9. Anexos

Anexo 1.

Revisión microscópica de las larvas de los tanques en estudio



Anexo 2.

Revisión macroscópica de las larvas en la transferencia.



Anexo 3.

Análisis de Calcio, alcalinidad, amonio y nitrito en estadio de Mysis.



Anexo 4.

Análisis de Alcalinidad, calcio, amonio, nitrito y potasio en estadios post larvales iniciales.



Anexo 5.

Análisis de Alcalinidad, calcio, amonio, nitrito y potasio en estadios post larvales avanzados.



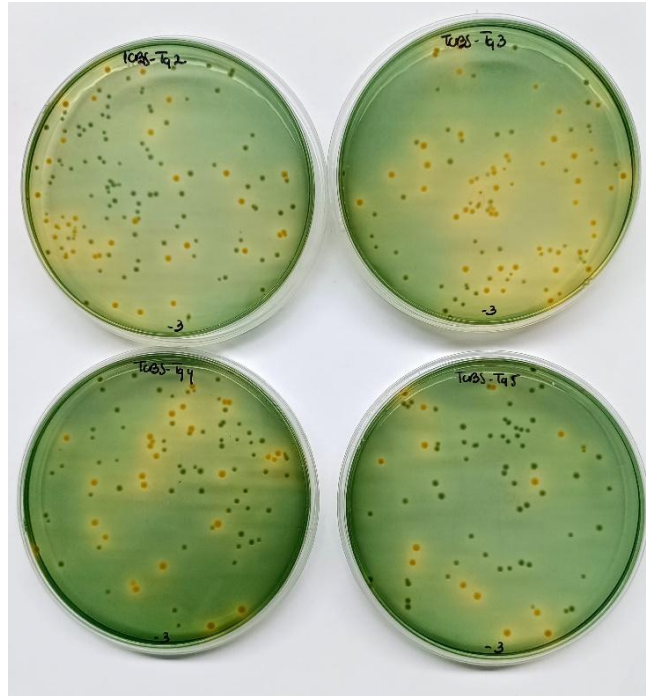
Anexo 6.

Conteo de colonias.



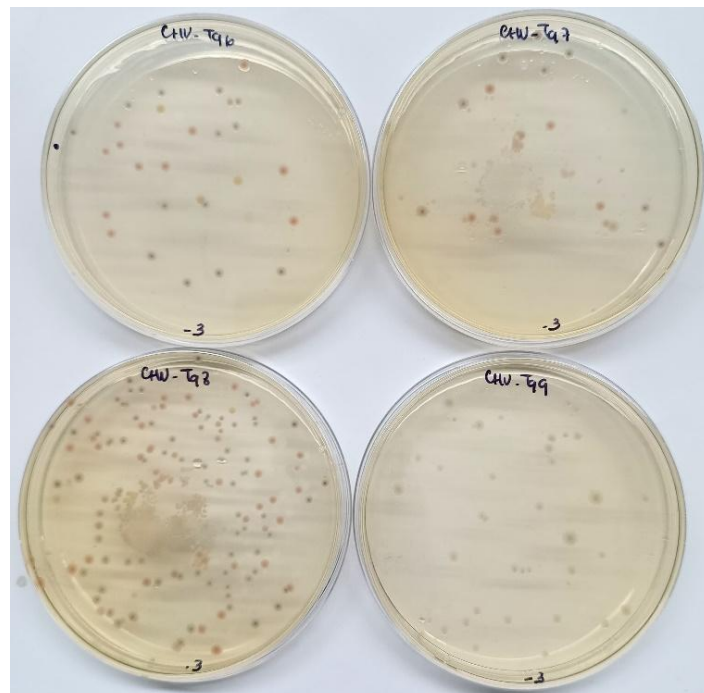
Anexo 7.

Observación de crecimiento de colonias en medio de cultivo TCBS en muestras de organismos.



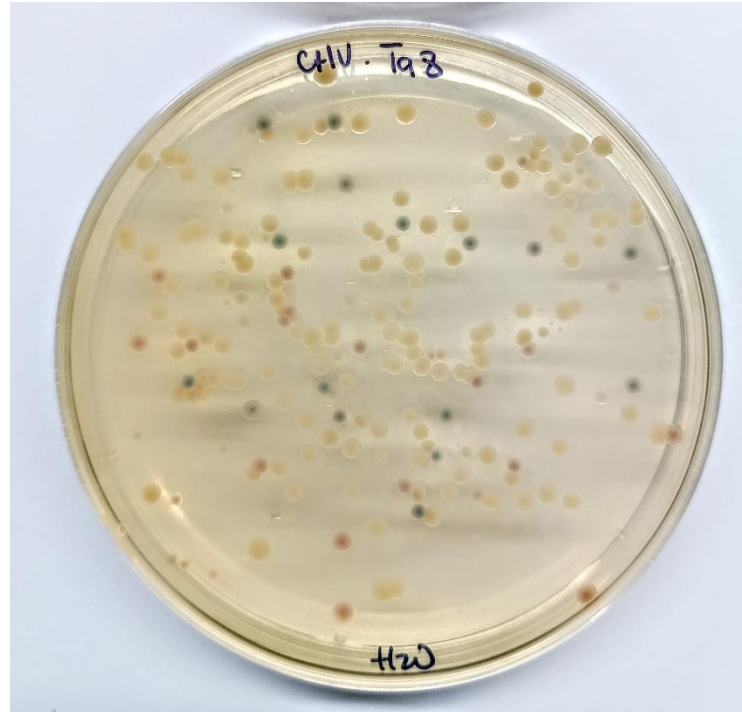
Anexo 8.

Observación de crecimiento de colonias en medio de cultivo Cromogénico para Vibrios en muestras de organismos.



Anexo 9.

Observación de crecimiento de colonias en medio de cultivo Cromogénico para Vibrios en muestra de agua de tanque en producción.



Anexo 10.

Preparación para la cosecha de larvas.



CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Evaluación de la calidad de agua y la concentración de *Vibrio sp.* en el desarrollo del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei*** presentado por el estudiante, LECARO MENDOZA HELLEN ALEJANDRA fue enviado al Sistema Anti-plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 8%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Hellen Lecaro compilatio

8%
Textos sospechosos

98% Similitudes (ignorado)
<1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

3% Miomas no reconocidos (ignorado)

8% Textos potencialmente generados por IA

Nombre del documento: Hellen Lecaro compilatio.docx	Depositante: ANA GABRIELA BALSECA VACA	Número de palabras: 13.230
ID del documento: d5d0ee6f98f6c41260435b66ec53af71749a994f	Fecha de depósito: 20/5/2025	Número de caracteres: 86.340
Tamaño del documento original: 913,61 KB	Tipo de carga: Interfase	
	fecha de fin de análisis: 20/5/2025	

Ubicación de las similitudes en el documento:

TUTORA

MSc. Ana Gabriela Balseca Vaca.