



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE BIOLOGÍA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**EVALUACIÓN DE DOS DIETAS COMERCIALES
POTENCIADAS CON MINERALES PARA EL BALANCE
IÓNICO EN POSTLARVAS DE CAMARÓN *Penaeus vannamei*.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ACUICULTURA**

**PREVIO AL TÍTULO DE
BIÓLOGO**

**AUTOR
DANIEL ALEJANDRO CEDEÑO CEDEÑO**

**TUTOR
FRANCISCO HERNÁN POZO MIRANDA, M.Sc.**

**BAHÍA DE CARÁQUEZ MANABÍ
JUNIO 2023**

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Francisco Hernán Pozo Miranda, M.Sc.

Director del trabajo de titulación

CI: 0918330952

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Evelyn Arias Cedeño, M.Sc.

Primer Lector

Gabriel Modesto Durán Cobo, M.Sc.

Segundo Lector

Francisco Hernán Pozo Miranda, M.Sc.

Tercer Lector

Bahía de Caráquez, junio 2023

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Daniel Alejandro Cedeño Cedeño

CI: 0107299190

Teléfono: 0996203608

Dannyalecc@hotmail.com

Declaración de derechos de autor y coautoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Daniel Alejandro Cedeño Cedeño

CI: 0107299190

Dedicatoria

In loving memory of Carmen Castillo Z.

Long live Mela

Agradecimiento

Una vez finalizado este compromiso tan grande e importante en el que he estado inmerso desde hace más de cuatro años; quisiera recalcar el valioso aporte e inspiración de cada una de las personas que de una forma u otra aportaron con lo antes mencionado.

Comenzando por la persona de mayor trascendencia que ha estado presente en mi vida y que para mí es considerada mi madre; Carmen Castillo, es gracias a Usted que todo ha sido posible, la principal influencia en mis decisiones diarias y la construcción de mis objetivos, la persona que siempre vivirá en la parte más importante de mi corazón y mi alma. Un roble lleno de tenacidad, que a pesar de tantos obstáculos nunca se rindió y con su amor supo llenar cualquier vacío, gracias por ser mi mamá y considerarme principalmente tu hijo, solo sé que cuando nos volvamos a encontrar hablaremos de todos estos procesos y de lo irremplazable que eres en mi vida.

Mil gracias, querida Tía Yajaira por ser el pilar fundamental para la construcción de este legado, por ser la primer persona en creer en mis capacidades incluso hasta cuando yo ni lo notaba, su apoyo en todos los ámbitos de este proceso ha sido esencial y me ha permitido reconocer la importancia de tener personas como Usted a mi lado.

Mil gracias, querida Tía Edith, sin lugar a duda con tus enseñanzas establecidas en mí desde muy pequeño, me ha permitido disfrutar esta fase y que no represente dificultad en ningún sentido. Desde los textos dictados sobre los valores, hasta hoy en día, el respeto que inculcaste en mí es parte de este reconocimiento y me permiten reconocer tu valioso aporte.

Mil gracias, querida Cris Cedeño, tu personalidad, tu manera de expresarte y de tratar a los demás ha influido en mi forma de ser, además de preservar la humanidad y esencia de cada persona sin distinción. La complicidad que tenemos en la mayoría de las cosas nos ha permitido establecer un estrecho lazo entre ambos y compartir momentos únicos, es por esto por lo que te agradezco que seas un ejemplo para mí y a su vez permitirme influenciar en ti.

Mil gracias, querido Papi Fermín porque a pesar del paso del tiempo ha mantenido su carácter y personalidad intachable, me ha demostrado que con el trabajo y esfuerzo diario se puede conseguir todo lo que me proponga en esta vida. Sé que estoy siguiendo los pasos de un hombre irremplazable en todos los ámbitos de su vida y principalmente muy responsable.

Mi principal agradecimiento a mi padre Dios por ser el sostén de mi vida, por las bendiciones que se expresan de distintas formas todos los días y la luz que a diario me guía. A mi madre, Gilma Cedeño una mención importante por regalarme la dicha de pertenecer a esta familia y a su vez el poder compartir este tipo de momentos que quedan plasmados para siempre.

Mil gracias, al resto de mi familia ya que de una forma u otra también compartieron conmigo estos años de preparación y complementaron mi aprendizaje, de igual forma un agradecimiento especial a mi tutor, Francisco Pozo M. M. Sc. por su aporte en la realización de este documento, el cual ha sido de suma importancia para poder culminar esta etapa y a cada uno de mis compañeros que siempre estuvieron presentes y nunca tuvieron una respuesta negativa para mí.

Og forever.

Resumen

Esta investigación cuantitativa logró establecer concentraciones referenciales de dos dietas comerciales potenciadas con iones a bajas salinidades de 10 g/L comparado a salinidades altas de 27 g/L, para el balance iónico en postlarvas de camarón *Penaeus vannamei*, dada la importancia que representa el crecimiento y desarrollo de esta especie en el Ecuador. Para ello, este estudio correlacional, experimental, documental de campo, se desarrolló entre febrero y marzo de 2023 en los predios de la Pontificia Universidad Católica Sede Manabí, campus de Bahía de Caráquez, tomando muestras mediante la cuantificación para establecer valores referenciales de los factores fisicoquímicos dentro de los medios de cultivo a distintas salinidades. Los resultados indican que el ion calcio representa niveles relativamente altos en medios de salinidad de 10 g/L (3000 y 5000 mg/L de Ca), y en salinidades de 27 g/L (1000 y 2500 mg/L de Ca). En el caso del ion potasio, se registran los valores más bajos (100 y 200 mg/L) en ambas salinidades; el ion magnesio registra 700 a 1500 mg/L en salinidad 10 g/L, mientras que a salinidad 27 g/L los valores se mantienen constantes. Estos resultados sugieren que el ion calcio es dominante sobre el balance iónico en las postlarvas de camarón *P. vannamei* comparadas al potasio y al calcio en altas y bajas salinidades (27 g/L y 10 g/L) de cultivo. Se recomienda evitar la agregación mineral en salinidades altas, debido al estrés producido en los organismos de las postlarvas de camarón de esta especie.

Palabras clave: dietas, salinidades, iones, camarón, *Penaeus vannamei*

Abstract

This quantitative research paper determined the reference concentrations of two commercial diets enhanced by ion effects on low salinity (10 g/L) compared to high salinity (27 g/L), in order to obtain the ionic balance of *Penaeus vannamei* shrimp postlarvae, regarding the importance of growth and development of this species in Ecuador. Thus, this correlational, experimental and documentary field research study was conducted from February through March 2023 at *Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, Bahía de Caráquez* Campus, so that it collected some samples through quantification to establish the referential values of the physicochemical parameters in different salinities of shrimp culture media. The findings suggest that calcium ion levels are slightly high in salinity media at 10 g/L (3000 and 5000 mg/L of Ca), and in salinity media at 27 g/L (1000 and 2500 mg/L of Ca). As per potassium ion, the lowest values (100 and 200 mg/L) are recorded in both salinity media; magnesium ion registers 700 to 1500 mg/L at 10 g/L salinity, while salinity values remain constant at 27 g/L. These findings evidence that calcium ion is dominant over the ionic balance of *Penaeus vannamei* shrimp postlarvae when compared to potassium and calcium ions in high and low-salinity shrimp culture (27 g/L and 10 g/L). Avoiding mineral application in high salinities is recommended, due to the effects of stress on the shrimp postlarvae organisms of this species.

Keywords: diets, salinities, ions, shrimp, *Penaeus vannamei*

Tabla de contenido

Introducción	13
Metodología	16
Área de estudio	16
Análisis Químico del agua	16
pH y Oxígeno	16
Salinidad	16
Alcalinidad	17
Análisis químico de larva	17
Aclimatación de postlarvas	18
Alimentación de las postlarvas	18
Crecimiento	18
Evaluación de branquias, hepatopáncreas y cromatóforos	19
Análisis de datos	19
Resultados	20
Análisis de condición	20
Análisis de crecimiento	22
Supervivencia	23
Iones totales en larvas	24
Calidad de agua	25
Relación entre los diferentes tratamientos y los parámetros evaluados	27
Discusión	29
Conclusión	32
Bibliografía	33

Índice de figuras y gráficos

Gráfico 1: <i>Análisis de condición de las larvas de camarón expuestas a tratamientos con minerales CON y sin minerales SIN a 10 g/L de salinidad</i> -----	21
Gráfico 2: <i>Análisis de condición de las larvas de camarón expuestas a tratamientos con minerales CON y sin minerales SIN a 27 g/L de salinidad</i> -----	22
Gráfico 3: <i>Análisis de la talla de los organismos sometidos a dietas Con minerales y Sin minerales</i> -----	23
Gráfico 4: <i>Análisis de supervivencia de larvas de camarón sometidos a dietas Con minerales y Sin minerales</i> -----	24
Gráfico 5: <i>Análisis de concentración de iones totales en larvas de camarón. a) ion calcio Ca, b) ion potasio K, y c) ion magnesio Mg</i> -----	25
Gráfico 6: <i>Análisis de la calidad del agua del ensayo con larvas de camarón <i>Penaeus vannamei</i></i> -----	26
Figura 1: <i>Esquema de correlación de factores</i> -----	28

Introducción

La acuicultura en el Ecuador se basa en la especie *Penaeus vannamei*. Este crustáceo es de hábitat marino tropical, cuya etapa crítica en su desarrollo es el estado de Postlarva con tamaño entre 7 y 12 mm, presentando condiciones óptimas para el uso en el inicio del cultivo en estanques de producción de camarón (Capelo, 2021). Esta etapa de desarrollo está sujeta a un sin número de factores que se deben regular como la salinidad, temperatura, calidad de agua, el balance iónico de minerales esenciales, en la especie cultivada dentro de un ciclo de producción (González, 2021).

Esta regulación puede ser estandarizada mediante el manejo correcto del balance iónico por la importancia fisiológica que representa la transición de un ambiente controlado en laboratorio hacia la granja de cultivo mediante la revisión eficaz de la concentración de aniones y cationes de calcio, el potasio, el sulfato o el magnesio que ayuda al desempeño correcto del organismo (Alvarez, 2022).

Parte de esta importancia fisiológica antes mencionada radica en la capacidad reproductiva de los especímenes que disminuye en cultivos a baja salinidad representando un desequilibrio iónico que es necesario compensar y que en base a dietas con agregación mineral es posible equilibrar y permitir desarrollo normal (González, 2022).

Este equilibrio iónico no repercute en el crecimiento de los especímenes ya que la asimilación de los minerales es igual sin depender del medio salino disponible para el cultivo, sin embargo la temperatura si es un factor que afectaría su crecimiento (Perero, 2022).

Por otro lado, el calcio es de vital importancia dentro de un cultivo, además de ser el ion que más se desperdicia debido al aumento de volumen de agua producido por las lluvias (Valle, 2020). Este ion presenta concentraciones de 1,450 mg/L en cultivos de camarón bajo salinidad de 25 a 35 g/L dando como resultado el desarrollo óptimo de los especímenes,

este ion evita el aumento del pH en el medio de cultivo y es parte importante de la composición del exoesqueleto (Iperty, 2021).

En el caso del magnesio se han podido desarrollar cultivos de *Penaeus vannamei* con éxito a medidas de concentración de 10 a 30 g/L (Huang, Chang, Lin, Chen, Chang & Nan, 2022), aunque a bajas concentración de salinidad es necesario aumentar la cantidad de uso del mismo (Gutiérrez, 2021), esta especie también ha sido cultivada en estanques cercanos a la costa con salinidades entre 20 y 25 g/L disminuyendo la concentración de magnesio lo cual mejora el incremento del tamaño en el organismo debido a que permite regular el gasto de energía acelerando el metabolismo (Galkanda-Arachchige, Roy & Davis, 2021).

Por su parte el potasio ha sido aplicado en cantidades de 370 mg/L en salinidades de entre 20 y 35 g/L evidenciando una mejor regulación osmótica intracelular, siendo este el ion que más disminuye constantemente debido a su fijación en el suelo y paredes del medio de cultivo (Sánchez, Naula, Alarcón & Cabrera, 2022). Sin embargo, en un estudio realizado en Alabama se utilizó 420mg/L con una salinidad de 30 g/L dando como resultado especímenes bien desarrollados gracias a la importancia en la liberación de fluidos que contienen enzimas dentro del organismo del camarón específicamente en el hepatopáncreas (Vera, Mendoza, & Márquez, 2020).

Esta regulación se realiza de forma constante en el agua, aunque una ventaja resulta el uso de minerales en el alimento como vía de acceso a la nutrición celular del organismo en cultivo (Elvis, 2021). En algunos casos, las dietas comerciales poseen ingredientes proteínicos en su mayoría de origen vegetal, permitiendo la disminución del costo de y a su vez la variación en la riqueza de nutrientes del alimento (Mendoza, Chávez, Lucas, Vergara, Mendoza & Bermúdez, 2021). La fortificación de minerales en el alimento podría producir diversas reacciones favorables en los organismos en cultivo (Alexander, 2022), por

lo que analizada la problemática en torno al déficit de minerales se desarrollará una dieta potenciada con el fin de evaluar el efecto que tiene sobre el camarón el balance iónico de la dieta.

Metodología

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en los predios de la Pontificia Universidad Católica Sede Manabí en el campus de Bahía de Caráquez, los análisis se realizaron en el laboratorio de microbiología y los ensayos experimentales en una sala de cultivo en tanques circulares con capacidad de 10 litros.

Análisis Químico del agua

Los resultados relacionados con el análisis de amonio, nitrito y sulfito del agua fueron obtenidos por medio del fotómetro (YSI 9300 EcoSense, $\pm 0.5\%$ a 4% transmitancia; ± 0.005 a 0.3 AU mg/L), bajo el método descrito por el fabricante. Los resultados de amoniaco fueron reportados en mg/L NH₄ (Palintest, 2020), por su parte el Nitrito se obtuvo en mg/L (Palintest, 2020), y finalmente en el del sulfito de sodio NaSO₃ el resultado se expresó como mg/L Na₂SO₃.

pH y Oxígeno

Para la medición del pH se utilizó el phmetro (pHep HI98128 HANNA, 2.00 a 16.00 pH con una precisión ± 0.05 pH), este instrumento se sumergió dentro del tanque de cultivo, para acorde a la lectura del sensor indicar el valor registrado. Para el caso del oxígeno se midió con un oxigenómetro (HI9146 HANNA, capacidad de medición 4000 metros con una resolución de 100 metros y de 0 a 80 g/L (g/L) con una resolución de 1 g/L), este instrumento se introdujo dentro de cada unidad experimental para registrar la concentración de Oxígeno disuelto en el agua.

Salinidad

La salinidad se registró mediante el uso del refractómetro (ATC, 032% Brix y 1.0001.120 de gravedad específica g/L), este equipo necesita ser limpiado antes de utilizarlo por lo tanto este proceso inició con la colocación de una pequeña gota de agua destilada en la

superficie de medición, luego de esto fue necesario secar con papel absorbente con el fin de evitar el daño del equipo, finalmente se colocó 1ml de la muestra de agua para analizar y la medida se registró en gramos por litro (g/L).

Las salinidades utilizadas en el cultivo fueron altas y bajas (27 g/L y 10 g/L), este criterio fue basado en los medios de cultivo disponibles en distintas regiones (Luo, Yu, Bao, Xiang, & Li, 2022).

Alcalinidad

Para registrar este valor fue necesaria la utilización de una tira medidora de alcalinidad basada en las distintas tonalidades que podrían resultar, esta tira fue sumergida dentro de la muestra de agua previamente obtenida. Al cabo de 3 minutos se pudo observar un cambio de color el cual al comparar con la tabla de valores arrojó los resultados de alcalinidad.

Análisis químico de larva

Este análisis es llevado a cabo bajo la necesidad de conocer y caracterizar la cantidad de minerales presentes en distintos organismos expuestos a los tratamientos, para poder realizarlo fue necesaria la preparación de los especímenes con anticipación, en donde se maceró 1g de los mismos con un pistilo plástico estéril dentro de un tubo de ensayo con el fin de desprender la mayor parte de los componentes minerales para su análisis, una vez realizado esto fue llevado al fotómetro (YSI 9300 EcoSense, $\pm 0.5\%$ a 4% transmitancia; ± 0.005 a 0.3 AU) para observar los resultados en mg/L.

Por fotometría en YSI (YSI 9300 EcoSense, $\pm 0.5\%$ a 4% transmitancia; ± 0.005 a 0.3 AU mg/L) bajo el método descrito por el fabricante. El resultado del análisis de Potasio K se expresó en mg/L K (Palintest, 2020), por su parte el análisis de Magnesio Mg se expresó mg/L Mg (Palintest, 2020) y finalmente los resultados del análisis de Calcio Ca fueron expresados en mg/L Ca (Palintest, 2020).

Aclimatación de postlarvas

Las 2000 postlarvas fueron transportadas en fundas desde el laboratorio de cultivo hacia las instalaciones donde se desarrollaron los ensayos. La aclimatación se realizó transfiriendo las larvas en fundas semi abierta a los tanques de ensayos para ajustar la temperatura y salinidad el nuevo ambiente, durante dos horas de aclimatación y se procedió a la distribución de cada tratamiento, para que se complete el equilibrio osmótico de los especímenes adaptándose a las nuevas salinidades del nuevo medio de desarrollo.

Alimentación de las postlarvas

El cultivo se realizó en salinidades altas y bajas (27 g/L y 10 g/L), para la preparación del alimento potencializado con minerales que fue suministrado durante el estudio utilizamos alimento micro pulverizado comercial (Agripac 35), luego se calculó la concentración de minerales para salinidad de 10 g/L los cuales fueron: 0,02g de K y 0,01g de Mg. Para salinidad de 27 g/L las concentraciones ajustadas fueron: 1,8g de K y 0,8g de Mg.

Los minerales fueron solubilizados en etanol al 95% para luego mezclar con el alimento para cada tratamiento, luego el alimento fortificado fue llevado la estufa (Memmert SM 200, Rango temperatura +300 °C) a 60 °C para reducir la cantidad de humedad.

La cantidad de alimento fue medida por una balanza analítica (Boeco BBL31, capacidad 210 g, en 0,1mg) en gramos.

Los tratamientos en ambas salinidades fueron: con agregación de minerales (*Con minerales*) y sin agregación de minerales (*Sin minerales*) y el respectivo Control.

Se alimentaron cada 3 horas mediante el depósito del alimento dentro del medio de cultivo para ser consumido por las postlarvas.

Crecimiento

Para la medición del crecimiento en las postlarvas se registró la talla presente al inicio (7 mm) y final del cultivo (1013 mm). Se tomaron organismos del medio de cultivo

con una pequeña malla de red de 500 μm y se midió el tamaño de cada organismo para establecer la talla.

Los muestreos de crecimiento consistieron en tomar 10 larvas al azar para ser medidos con una regla en mm.

Evaluación de branquias, hepatopáncreas y cromatóforos

Para la evaluación del estado de las branquias, los hepatopáncreas y los cromatóforos en los especímenes presentes en el cultivo, se seleccionaron diariamente al azar 10 organismos de los tratamientos de las salinidades de 27 y 10 g/L.

Esta evaluación se realizó con el fin de establecer algún tipo de melanizaciones, necrosis en las estructuras de los organismos de las larvas, además del cambio de tamaño y la deformidad de los túbulos del hepatopáncreas y de los cromatóforos mediante el uso del microscopio, características de cada uno respecto a los distintos días de muestreo. (Chalán, 2022).

Una vez separados del medio de cultivo, los especímenes fueron llevados al microscopio con el fin de determinar porcentualmente el estado de cada parte correspondiente. Finalmente los valores resultantes fueron expresados en porcentaje respecto al criterio de observación y promediados para representar cada uno de los tratamientos.

Este estudio fue realizado entre el mes de febrero y marzo de 2023.

Análisis de datos

Los valores obtenidos de cada una de las dietas, así como los calculados por unidad experimental en el ensayo, una vez comprobados los supuestos del análisis de varianza (normalidad y homocedasticidad), fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de rangos de Tukey, para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, con una significancia de $p < 0.05$. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante SPSS versión 25.

Resultados

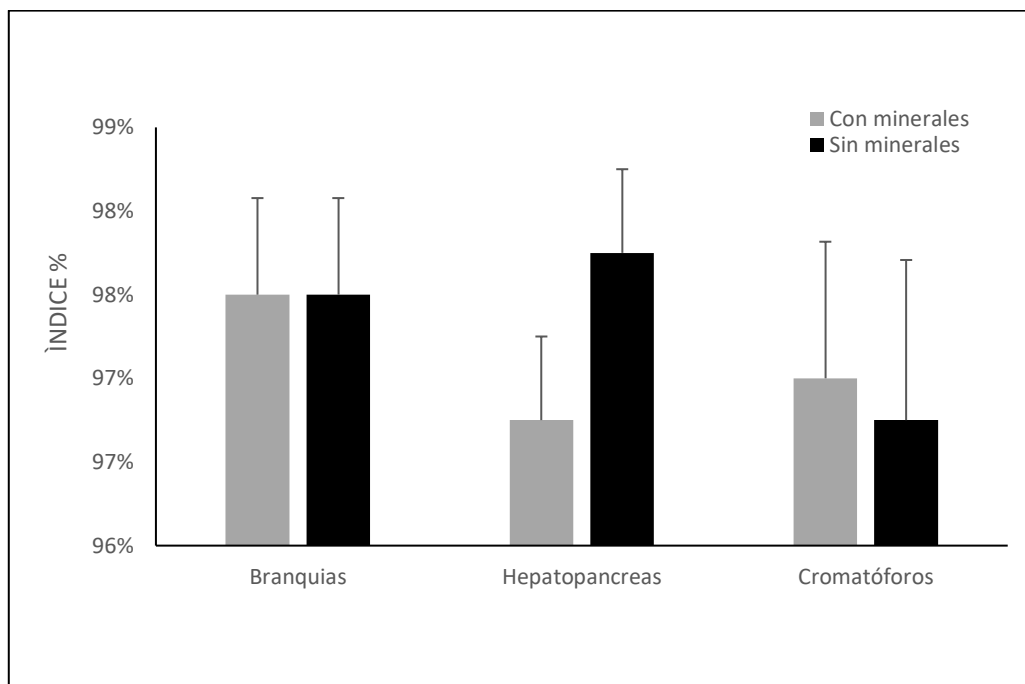
Análisis de condición

La observación de la morfología de las postlarvas dentro de este estudio es importante, para la caracterización de nuevas patologías y agentes infecciosos en larvas de camarón, que permitiría establecer medidas de tratamiento. En ambos tratamientos se observó un 2% de deterioro de branquias, así al evaluar la información obtenida en el ensayo a 10 g/L de salinidad se estableció que no existe variación entre los tratamientos ($p > 0,05$) (*Con minerales y Sin minerales*).

En la evaluación del Hepatopáncreas, se puede notar un deterioro de 3% de los túbulos del hepatopáncreas en el tratamiento *Con Minerales*, en comparación al 2% de deterioro del tejido en el tratamiento *Sin Minerales*, es decir que las tasas de deterioro fueron estadísticamente similares ($p > 0,05$). En cuanto al estado de los cromatóforos de las larvas, se observó alteración en el estado de los cromatóforos, aunque el efecto fue similar entre los tratamientos con la disminución del 3% de cromatóforos (Gráfico 1).

Gráfico 1

Análisis de condición de las larvas de camarón expuestas a tratamientos (Con minerales y Sin minerales) a 10 g/L de salinidad.

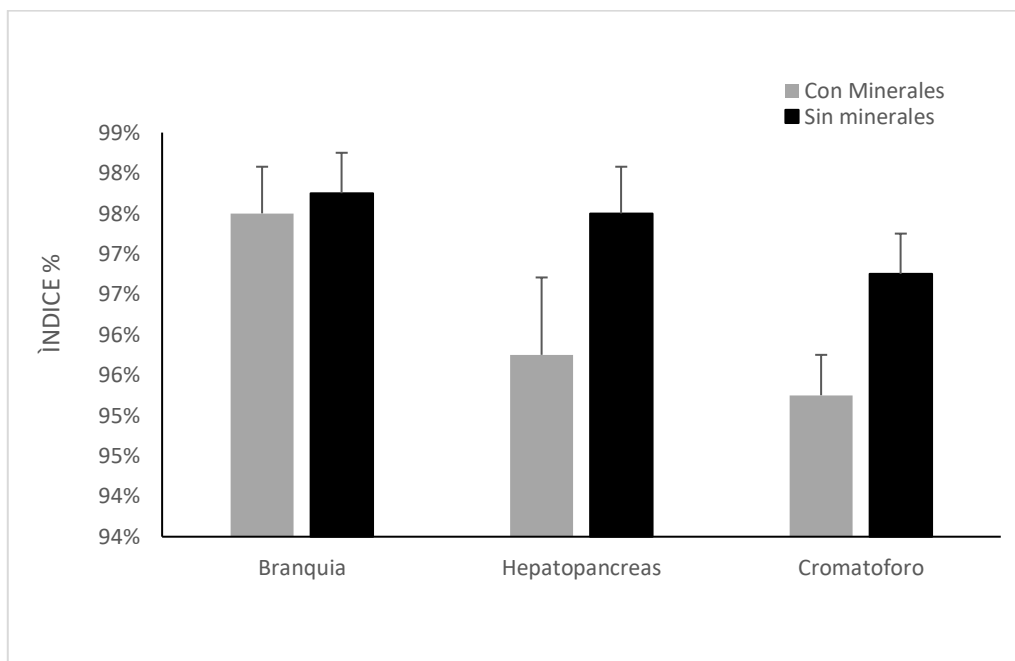


En cambio, los resultados obtenidos sobre el estado de las branquias y hepatopáncreas en el ensayo a 27 g/L fueron similares entre tratamientos ($p > 0,05$). En el caso de las branquias presentaron 2% de deterioro, mientras que en hepatopáncreas el deterioro fue del 4% en los organismos provenientes del tratamiento *Con Minerales*, contrario al 2% de deterioro en el tratamiento *Sin Minerales*.

En el caso del análisis de cromatóforos se evidencia diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p < 0.05$). La reducción de cromatóforos fue de 5% en organismos del tratamiento *Con Minerales*, contrario al 2% del tratamiento *Sin Minerales* (Gráfico 2).

Gráfico 2.

Análisis de condición de las larvas de camarón expuestas a tratamientos (Con minerales y Sin minerales) a 27 g/L de salinidad.

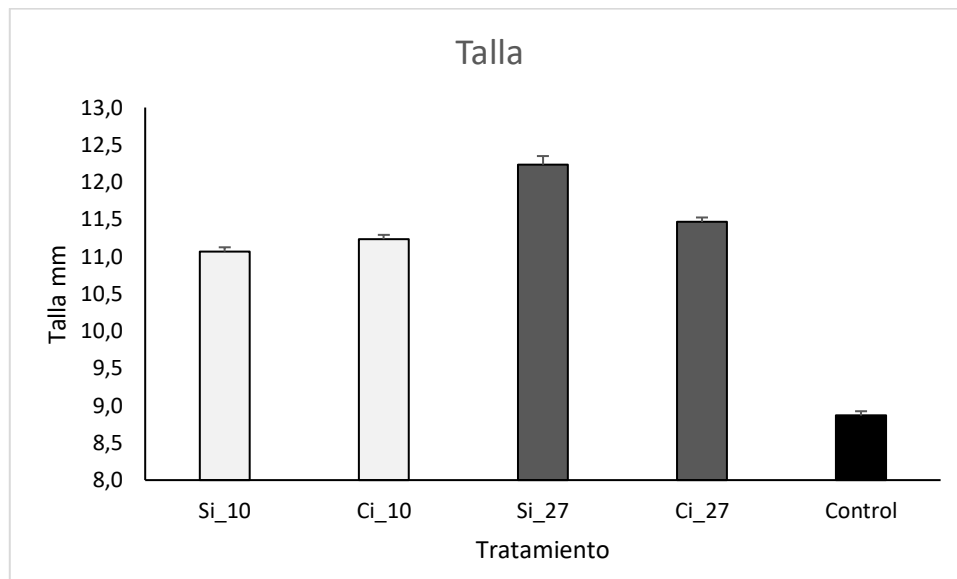


Análisis de crecimiento

Los resultados obtenidos en la estimación del crecimiento mediante la medición de los organismos fueron evaluados a través de análisis de varianza ANOVA en donde muestra diferencias significativas entre los tratamientos *Con minerales* y *Sin minerales* en cada una de las salinidades utilizadas (10 g/L y 27 g/L). Se registró el crecimiento de los organismos con el tratamiento de salinidad 10 g/L constante (*Con minerales*=10.3 *Sin minerales*=11.7 mm), a diferencia de salinidad 27 g/L en donde se puede observar la variación de tallas entre tratamientos (*Con minerales*= 11.5 mm; *Sin minerales*= 12.2 mm). Se puede notar que en presencia de la adición de minerales en ambas salinidad se detuvo el crecimiento de la larva como se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3

Análisis de la talla de los organismos sometidos a dietas Con minerales y Sin minerales.

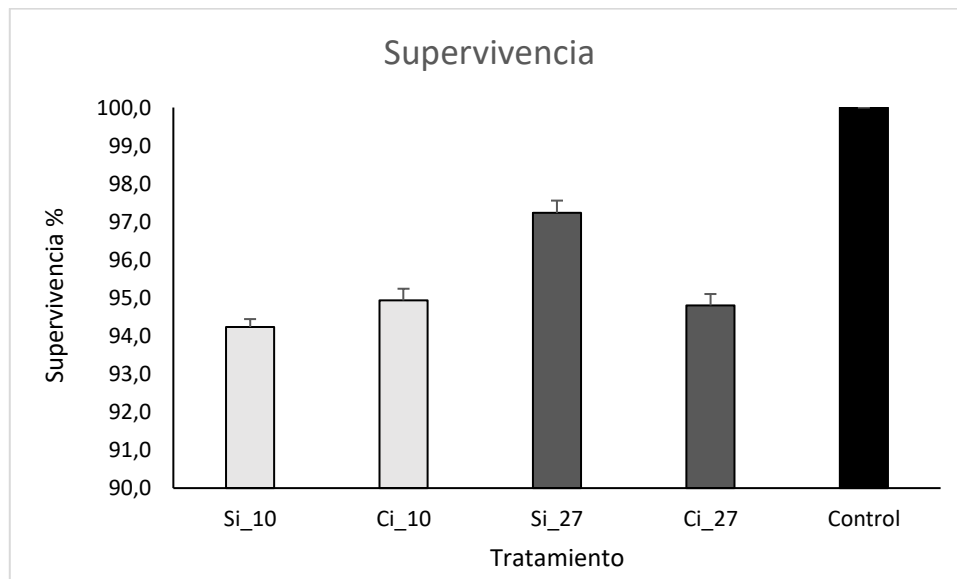


Supervivencia

Se evaluó la supervivencia de las larvas mediante análisis de varianza ANOVA, en función al tratamiento aplicado desde el inicio del cultivo hasta el final del ensayo. Los resultados mostraron una reducción significativa del número de organismos al final del ensayo en todos los tratamientos. Según el análisis de Tukey las supervivencias más bajas las presentaron los tratamientos Sin minerales a salinidad de 10 g/L y con minerales a salinidad de 27 g/L (94,2% y 94,8% respectivamente) (Gráfico 4).

Gráfico 4

Análisis de supervivencia de larvas de camarón sometidos a dietas Con minerales y Sin minerales.



Iones totales en larvas

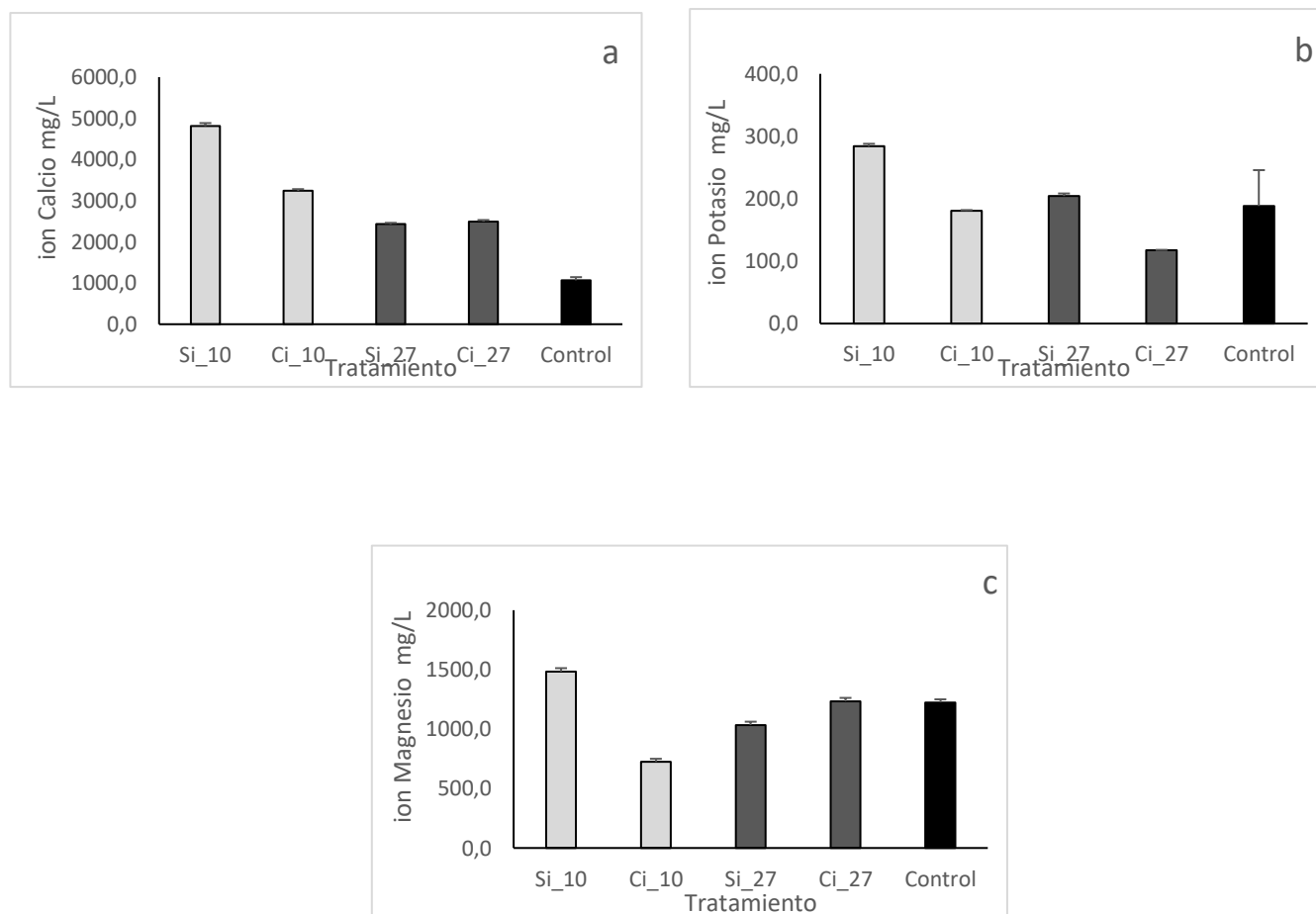
Con la agregación del ion calcio, se observó una diferencia entre los tratamientos a distintas salinidades, registrando en el rango de salinidad 10 g/L valores que oscilaron entre 3000 y 5000 mg/L de Ca, mientras que en salinidad 27 g/L se encontraron valores entre 1000 y 2500 mg/L de Ca. Estos resultados sugieren la existencia de valores referenciales basados en los demás parámetros medidos en este estudio (figura 5a).

Por otro lado, en relación con el potasio, se registraron valores más bajos en ambos tratamientos de salinidad. Es así como en el tratamiento de salinidad 10 g/L, los valores oscilaron entre 150 y 300 mg/L de K, a diferencia del tratamiento de salinidad 27 g/L donde los valores se encontraron entre 100 y 200 mg/L de K (figura 5b).

En cuanto al magnesio, se observó una variación de 700 a 1500 mg/L de Mg solo en el tratamiento de salinidad 10 g/L. Esto sugiere una disminución de magnesio en salinidades bajas de cultivo, a diferencia de la estabilidad observada en salinidades más altas (figura 5c).

Gráfico 5.

Análisis de concentración de iones totales en larvas de camarón. a) ion calcio Ca, b) ion potasio K, y c) ion magnesio Mg.



Calidad de agua

La calidad química del agua es un factor crucial en la acuicultura. En el caso del nitrito, se observó una marcada diferencia entre los tratamientos a diferentes salinidades. Se encontraron valores distintos de nitrito en las salinidades de 10 g/L y 27 g/L cuando se añadieron minerales, registrando 0,076 mg/L y 0,053 mg/L respectivamente (figura 6a).

En cuanto al amonio, se observaron valores más elevados en ambos tratamientos. En el tratamiento sin minerales a una salinidad de 10 g/L, se registró un valor de 0,43 mg/L, mientras que en el tratamiento con minerales en la misma salinidad se obtuvo un valor de 1,50 mg/L. Por otro lado, en la salinidad de 27 g/L, los valores de amonio oscilaron entre 0,25 mg/L y 1,25 mg/L (figura 6b).

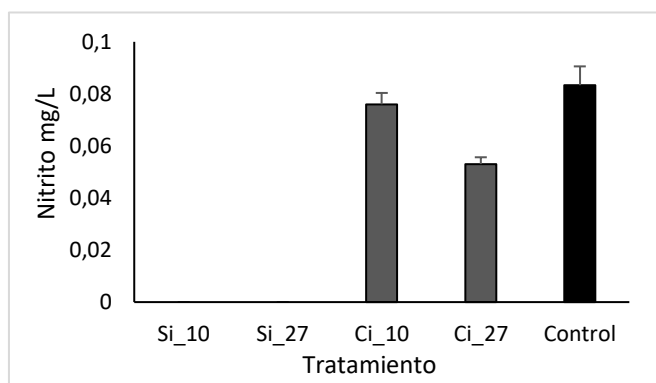
Respecto a la alcalinidad, se observaron valores que variaron entre 60,00 y 120,00 en el tratamiento a una salinidad de 10 g/L. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los valores de alcalinidad entre el tratamiento con minerales y el tratamiento sin minerales a una salinidad de 27 g/L (figura 6c).

Por último, el sulfito presentó variaciones significativas en ambos tratamientos a diferentes salinidades. En el tratamiento a una salinidad de 10 g/L, se encontraron valores de sulfito que oscilaron entre 5,6 mg/L y 8,5 mg/L, en contraste con los valores de 10,2 mg/L y 5,8 mg/L registrados en el tratamiento a una salinidad de 27 g/L (figura 6d).

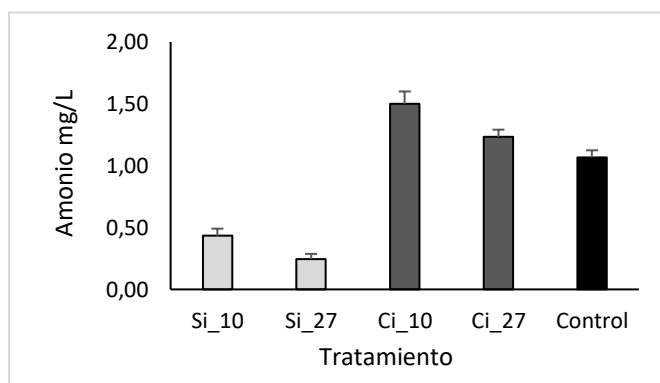
Gráfico 6

Análisis de la calidad del agua del ensayo con larvas de camarón *Penaeus vannamei*.

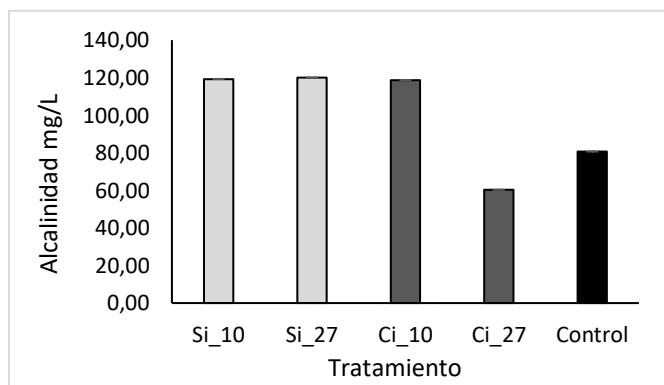
a



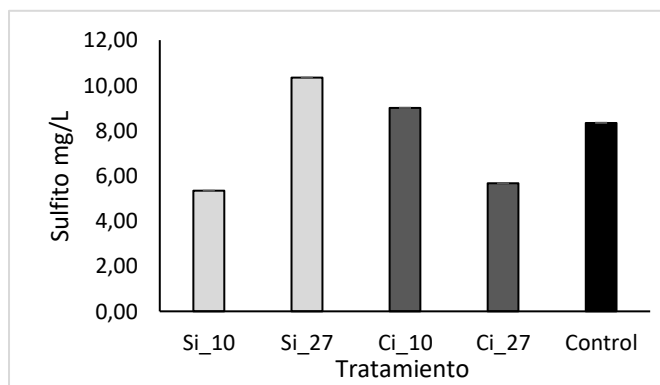
b



c



d



pH y Oxígeno disuelto

Al utilizar el phmetro (pHep HI98128 HANNA, 2.00 a 16.00 pH con una precisión ± 0.05 pH.) en los distintos medios de cultivo, los valores (6,45 y 6,7) fueron similares en ambas salinidades (10 g/L y 27 g/L) y se mantuvieron durante todo el estudio, en el caso del oxígeno disuelto que se midió con el oxigenómetro de Hanna (HI9146 HANNA, capacidad de medición 4000 metros con una resolución de 100 metros y de 0 a 80 g/L (g/L), este instrumento se introdujo dentro de cada unidad experimental en los tratamientos (*Con minerales* y *Sin minerales*) y represento valores (6,89 y 7,41) cercanos entre ambas salinidades (10 g/L y 27 g/L) utilizadas en los medios de cultivo.

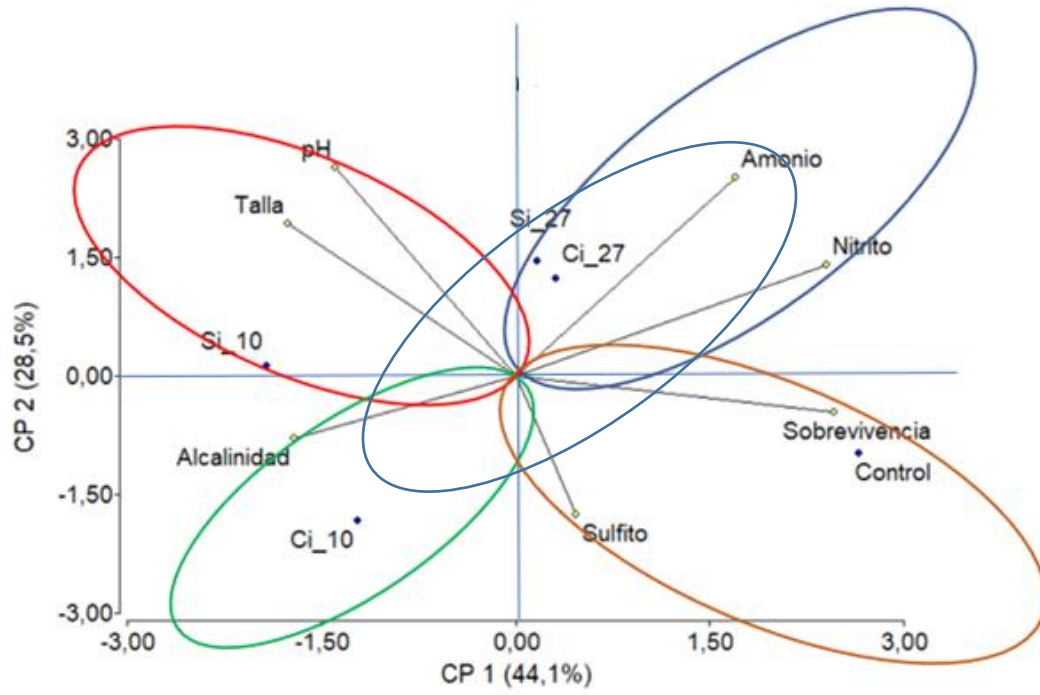
Relación entre los diferentes tratamientos y los parámetros evaluados

Al analizar las relaciones entre los diferentes tratamientos y los parámetros evaluados mediante el análisis de componentes principales, se observó que en el ensayo a una salinidad de 27 g/L, tanto en los tratamientos *Con minerales* como *Sin minerales*, se registraron niveles más altos de amonio y nitritos. Sin embargo, cabe destacar que estos niveles elevados no resultaron en una mortalidad significativa (figura 1).

En el ensayo realizado a una salinidad de 10 g/L, tanto *Con minerales* como *Sin minerales*, se encontró una relación entre el tamaño de los organismos y la reducción en la supervivencia. Además, en el tratamiento *Con minerales*, se observó una disminución tanto en el pH como en el tamaño de los organismos. Por otro lado, en el tratamiento sin minerales, se evidenció una reducción notable en la alcalinidad del agua (figura 1).

Figura 1

Esquema de correlación de factores.



Discusión

La acuicultura desempeña un papel fundamental en la producción de camarones, y es crucial comprender cómo los factores ambientales, como el balance iónico del agua, pueden afectar la salud y el desarrollo de las larvas de camarón. En este estudio, se examina la relación entre el balance iónico del agua con la condición de las larvas de camarón luego de ser sometidos a tratamientos con sales para mejorar el balance iónico del agua.

Las branquias, como estructuras esenciales para el intercambio gaseoso, están expuestas a diversos factores ambientales, incluyendo el balance iónico del agua. Su estado se determinó de forma porcentual respecto al estado inicial de las postlarvas al igual que el resto de los órganos. Mediante la observación se identificaron melanizaciones y necrosis en las branquias de las larvas de camarón en este estudio, lo cual es consistente con investigaciones previas que han demostrado la susceptibilidad de las branquias a tales alteraciones (López et al., 2018). Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos *Con minerales* y *Sin minerales*, se registró un deterioro del 2% en las branquias en ambos grupos. En cuanto a la evaluación del hepatopáncreas reveló resultados similares en ambos tratamientos, con un deterioro del 3% en los túbulos del hepatopáncreas en el grupo tratado con minerales, en comparación con el 2% de deterioro en el grupo sin minerales. Estos hallazgos son similares a estudios anteriores que han demostrado la influencia del balance iónico en la salud del hepatopáncreas en organismos acuáticos (González et al., 2020). No obstante, es importante destacar que las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas (TStudent $p > 0.05$).

En cuanto a la pigmentación de las larvas, se observó una alteración en el estado de los cromatóforos en ambos tratamientos, con una disminución del 3% en la cantidad de cromatóforos. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que han demostrado la influencia del balance iónico en la pigmentación de los organismos acuáticos (Pérez et al.,

2017). Aunque, en el análisis de cromatóforos se evidenció una diferencia significativa entre ambos tratamientos (TStudent $p < 0.05$), con una reducción del 5% en los organismos del grupo tratado con minerales en comparación con el 2% en el grupo sin minerales.

Con relación al balance iónico del agua los resultados sugieren la existencia de la influencia de los minerales en el crecimiento y desarrollo en el estado de las larvas. El calcio es esencial para la formación de estructuras óseas, exoesqueletos y la función muscular de los camarones. La disponibilidad adecuada de calcio en el agua de cultivo es crucial para asegurar un crecimiento y una muda exitosos. Estudios han demostrado que niveles insuficientes de calcio pueden afectar negativamente la calidad y la resistencia del exoesqueleto de los camarones (Yu et al., 2019). Además, el calcio desempeña un papel fundamental en el desarrollo de las larvas de camarón (Duan et al., 2021). Mantener niveles adecuados de calcio en el agua de cultivo es esencial para promover una salud óptima y maximizar la producción en la acuicultura de camarón.

En cuanto al potasio es un catión intracelular esencial en los camarones y desempeña un papel crucial en la regulación de los procesos osmorregulatorios y la función neuromuscular. Niveles inadecuados de potasio pueden afectar negativamente la homeostasis iónica y el equilibrio osmótico de los camarones, lo que puede llevar a un estrés fisiológico y un mayor riesgo de enfermedades (Ming et al., 2020). Investigaciones han demostrado que la deficiencia de potasio puede afectar negativamente el crecimiento, la supervivencia y la resistencia de los camarones (Zhang et al., 2018). Los niveles óptimos de potasio en el agua ayudan a la función celular adecuada y garantizar un crecimiento saludable del organismo. Finalmente magnesio ayuda a la regulación del metabolismo energético, la función muscular y la síntesis de proteínas. Niveles inadecuados de magnesio pueden afectar la tasa de crecimiento, la calidad del exoesqueleto y la función reproductiva de los camarones (Liu et al., 2019). Además, está involucrado en la regulación del pH intracelular y la actividad enzimática,

lo que afecta la capacidad de los camarones para adaptarse a cambios ambientales (Wang et al., 2020).

Es de vital importancia para el funcionamiento del cultivo conocer las relaciones producidas entre los tratamientos a utilizar y el medio de cultivo en el que se aplican, en el caso del amonio y el nitrito al jugar un rol importante en la determinación de la calidad del agua y se registraron de forma constante y elevada en salinidad elevada en este caso 27 g/L similar a algunas investigaciones realizadas en este medio de cultivo (Villegas, 2023).

Se cree que la relación encontrada entre el tamaño de los organismos y la reducción en la supervivencia se basa en la capacidad de captación de los minerales ya que en ambas salinidades de 10 g/L y 27 g/L los organismos son capaces de estresarse al punto de representar una mortandad, esto a causa del aumento de la disponibilidad mineral a la cual no se acostumbra su organismo (BermudesLizárraga, 2023).

Conclusión

- Se logró establecer concentraciones referenciales de iones de calcio y potasio cuyos niveles son relativamente altos a bajas salinidades de 10 g/L comparado a salinidades altas 27 g/L que presentaron niveles bajos.
- Respecto al magnesio, se observó la reducción iones en el tratamiento de salinidad 10 g/L, mientras a salinidad de 27 g/L fueron más altos y constantes, posiblemente porque este nutriente es esencial para el movimiento muscular y fue más activo en condiciones normales (27 g/L).
- En general se logró establecer que la inclusión de minerales para el balance iónico en alimento en animales expuestos a salinidades bajas mantuvo la talla similar a diferencia de otros tratamientos evaluados.

Bibliografía

Capelo, J. A. (2021). *Análisis de producción y económico de camarón *Penaeus vannamei* y *Tilapia Oreochromis spp.* en Ecuador, 2009-2018* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

González, G. M. (2022). *Análisis del crecimiento de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei* en el laboratorio LARVALABSO, Mar Bravo-Ecuador* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).

Perero, C. D. (2022). *Comparación del rendimiento productivo del cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* entre la alimentación manual tradicional y alimentación automática temporizada en sistemas semiintensivos* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.).

Alvarez, C. D. (2022). *Comparación del rendimiento productivo del cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* entre la alimentación manual tradicional y alimentación automática temporizada en sistemas semiintensivos* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.).

Huang, H. T., Chang, J. J., Lin, Y. R., Chen, Y. Y., Chang, Y. H. W., Chen, B. Y., & Nan, F. H. (2022). Synergistic effects of dietary oxolinic acid combined with oxytetracycline on nonspecific immune responses and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* infection of white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Fish & Shellfish Immunology*, 127, 740747.

Gutiérrez, M. A. (2021). *Evaluación Del Uso De Silicato De Magnesio (Mgsio₄) En Cultivo De Camarón Blanco (*Penaeus Vannamei*) A Baja Salinidad En El Municipio De Repelón, Atlántico.*

Galkanda-Arachchige, H. S., Roy, L. A., & Davis, D. A. (2021). The effects of magnesium concentration in low-salinity water on growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 52(2), 589597.

Valle, C. A. (2020). Evaluación de dos concentraciones de salinidad para la producción del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en piscinas de agua dulce, cantón Arenillas, provincia de El Oro.

Iperly, C., (2021). *Ácidos orgánicos y sus efectos antagónicos frente a endoparásitos de Litopenaeus vannamei, mediante aplicación de dos tratamientos comerciales en cultivos de isla Matorillo, Guayaquil* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

Vera, C. E., Mendoza, J. D. J., & Márquez, A. J. (2020). *Evaluación de parámetros físicoquímicos de aguas de pozo para cultivo intensivo de camarón blanco del Pacífico Penaeus vannamei con baja tasa de recambio* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM).

Sánchez, A. J. L., Naula, M. E. Z., Alarcón, M. E. Z., & Cabrera, W. G. M. (2022). Comparación de 2 dietas y adaptabilidad del *litopenaeus vannamei* en un sistema sostenible (arrozcamarón). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 24492462.

Elvis, I. L. N. (2021). *Evaluación de la calidad sanitaria del camarón (litopenaeus vannamei) expendido en los mercados municipales del cantón milagro* (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).

Mendoza, L. A. Z., Chávez, F. G. A., Lucas, F. M. D., Vergara, A. L. P., Mendoza, V. Y. P., & Bermudez, C. J. T. (2021). Evaluación proteica de la harina de amaranto (*amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *litopenaeus vannamei* en etapa de postlarva. *La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 24778982*, (25), 112.

Alexander, M. B. C. (2022). Aplicación de matrices para determinar el impacto ambiental de los laboratorios de producción de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y propuesta de mitigación en engabao, cantón playas (Doctoral dissertation, Universidad Agraria Del Ecuador).

Luo, Z., Yu, Y., Bao, Z., Xiang, J., & Li, F. (2022). Evaluation of genomic selection for high salinity tolerance traits in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 557, 738320.

Azuero, E. S. U., Montealegre, V. J. G., Campoverde, J. M. Q., & Unda, S. B. (2021). Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, periodo 2015-2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 112119.

Escobar, D. M., Nieto, C. E., & Burgos, F. (2021). *Efectos de nitrito en Penaeus Vannamei cultivados en aguas de baja salinidad* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM).

Chalán Jumbo, M. G. (2022). *Evaluación de la uniformidad de postlarvas de camarón Litopenaeus vannamei, en el laboratorio Ecufriendly SA, en los meses de abril a julio de 2021* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022).

Duan, Y., et al. (2021). Effects of Calcium on Reproduction and Development of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 532, 736028.

Liu, Y., et al. (2019). Effects of Magnesium on Growth, Molting, and Immune Response in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 507, 6672.

Ming, X., et al. (2020). Effects of Potassium Deficiency on Growth, Osmotic Regulation, and Energy Metabolism in Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 528, 735574.

Wang, Y., et al. (2020). Effects of Magnesium on Growth, Molting, and Antioxidant Status in *Litopenaeus vannamei* Reared in Low Salinity Water. *Aquaculture*, 526, 735406.

Yu, N., et al. (2019). Effects of Calcium and Magnesium on Growth, Molting, and Antioxidant Status in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Reared in Low Salinity Water. *Aquaculture*, 500, 432440.

Zhang, Y., et al. (2018). Effects of Potassium on Growth, Osmotic Regulation, and Antioxidant Response in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Reared in Low Salinity Water. *Aquaculture*, 495, 1118.

González, A., et al. (2020). Influence of Ionic Balance on the Health of Aquatic Organisms. *Journal of Aquatic Research*, 25(2), 120135.

Gutiérrez, B., et al. (2019). Effect of Salinity on Calcium Levels in Shrimp Larvae. *Aquaculture Science*, 47(3), 215223.

López, C., et al. (2018). Susceptibility of Gill Structures to Ion Imbalances in Shrimp Larvae. *Aquatic Pathology Journal*, 12(4), 345358.

Pérez, D., et al. (2017). Impact of Ionic Balance on Pigmentation in Aquatic Organisms. *Journal of Aquatic Biology*, 36(1), 5668.

Rojas, E., et al. (2021). Influence of Salinity on Potassium Levels in Shrimp. *Aquatic Science Research*, 55(2), 180192.

Sánchez, F., et al. (2020). Ionic Balance and Magnesium Levels in Aquatic Organisms. *Aquaculture Research*, 42(4), 320335.

Villegas, K. J. (2023). Calidad de agua en el engorde del “camarón blanco” *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931, en Ecoacuícola SAC Chapairá, Piura, Perú.

BermudesLizárraga, J. F., (2023). Supervivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con dietas tradicionales y no tradicionales. *Revista MVZ Córdoba*, 28(1), e2682e2682.