



JOURNAL OF THE
Selva Andina
Animal Science
Official Journal of the Selva Andina Research Society

ISSN 2311-3766 (print edition)
JSAAS
ISSN 2311-2581 (online edition)

Journal of the Selva Andina Animal Science

ISSN: 2311-3766

ISSN: 2311-2581

directoreditoranimalscience@gmail.com

Selva Andina Research Society

Bolivia

Velásquez López, Patricio Colón; Solorzano Reyes, Juana
Fulvia; Ochoa Pereira, Patricia Migdalia; Solano Motoche, Galo
Wilfrido; Quizhpe Cordero, Patricio; Guillen Añasco, Roy Manuel
Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón
Litopenaeus vannamei con agua dulce en el Sur del Ecuador
Journal of the Selva Andina Animal Science, vol. 10, núm. 2, 2023, pp. 74-87
Selva Andina Research Society
Bolivia

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200074>





- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org





Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* con agua dulce en el Sur del Ecuador

Characterization of water quality during freshwater culture of shrimp *Litopenaeus vannamei* in southern Ecuador

Velásquez López Patricio Colón¹, Solorzano Reyes Juana Fulvia², Ochoa Pereira Patricia Migdalia³,
Solano Motoche Galo Wilfrido¹, Quizhpe Cordero Patricio^{1*}, Guillen Añasco Roy Manuel⁴

Datos del Artículo

¹Universidad Técnica de Machala.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Av. Panamericana km. 5 1/2 Vía a Pasaje.
Tel. +593 2983362 - 2983365 - 2983363 -
2983364.
Machala, Ecuador.

²BioMar Alimentos Ecuador SA.
Aparn - Alborada 5, km 6.
Av. Isidro Ayora, Durán 090508.
Tel. +593 4-371-1290.
Tambo, Guayaquil, Ecuador.

³Consultor Independiente.
Calle Santa Rosa y 11ava Norte.
Machala, Ecuador.

⁴Comercializadora Snapsi Cia Ltda.
Calle Julio Ramos N69-358 entre calle B y calle C.
Quito, Ecuador.

*Dirección de contacto:

Universidad Técnica de Machala.
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Av. Panamericana km. 5 1/2 Vía a Pasaje.
Tel. +593 2983362 - 2983365 - 2983363 -
2983364.
Machala, Ecuador.

Colón Velásquez López
E-mail address: cvelasquez@utmachala.edu.ec

Palabras clave:

Aclimatación,
acuicultura,
agua freática,
alcalinidad,
baja salinidad,
dureza,
fitoplancton.

J. Selva Andina Anim. Sci.
2023; 10(2):74-87.

ID del artículo: 129/JSAAS/2023.

Historial del artículo

Recibido marzo, 2023.
Devuelto mayo 2023
Aceptado agosto, 2023.
Disponible en línea, octubre, 2023.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Resumen

El presente trabajo caracteriza la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema abierto, con el uso de agua dulce de pozo (0.3 ‰ salinidad). El agua subterránea contenía 0.3 ‰ de salinidad, 0.0115 mg L⁻¹ de fosfato (P-PO₄), 0.003 mg L⁻¹ de nitrito (N-NO₂), 0.029 mg L⁻¹ de nitrato (N-NO₃), < 0.010 mg L⁻¹ de amonio N-NH₄, 300 mg L⁻¹ de dureza total y 210 mg L⁻¹ de alcalinidad. El estudio comprende el análisis del proceso de aclimatación de post-larvas de *L. vannamei* de 20 días de edad y posterior desarrollo en un sistema abierto de cultivo. Durante la aclimatación la concentración de amonio se incrementó desde no detectada a 1.2 mg L⁻¹ al segundo día, y luego a 1.5 mg L⁻¹ al octavo día. La supervivencia de post-larvas al llegar al punto de agua dulce fue del 51 %. Durante 8 semanas de cultivo en los 2 estanques de tierra, la concentración de nutrientes fluctuó entre de 0.01 - 0.03 mg L⁻¹ para nitrito, 0.02 - 0.03 para nitrato, 0.07 - 0.09 para amonio y 0.19 - 0.21 mg L⁻¹ para fosfato. Los grupos fitoplanctónicos más representativos fueron las clorofitas, diatomeas, dinoflagelados y euglenoides, con alrededor del 50.6, 25, 14 and 9.2 %, respectivamente en promedio para los dos estanques. El grupo de las cianofitas estuvo representado en el 1% de la comunidad de fitoplancton. *Spirogyra* sp., fue la especie más dominante. La concentración total de bacterias heterótrofas estuvo alrededor de 1100 UFC mL⁻¹, mientras que *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp., y coliformes totales, alcanzaron una concentración promedio de 47, 72 UFC mL⁻¹, y 59 UFC/mL⁻¹ respectivamente. El crecimiento promedio semanal de *L. vannamei* fue de 0.9 g, la supervivencia de 45.9 %, y una producción alrededor de 1088 kg/ha. La naturaleza del agua de pozo en el Sur del Ecuador dispone de los nutrientes necesarios para el cultivo del camarón *L. vannamei* a extrema baja salinidad.

2023. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The present work characterizes the water quality during the culture of shrimp *Litopenaeus vannamei* in an open system, using fresh well water (0.3 ‰ salinity). The water extracted from the subsoil contained 0.3 ‰ salinity, 0.0115 mg L⁻¹ phosphate (P-PO₄), 0.003 mg L⁻¹ nitrite (N-NO₂), 0.029 mg L⁻¹ nitrate (N-NO₃), < 0.010 mg L⁻¹ ammonium N-NH₄, 300 mg L⁻¹ total hardness and 210 mg L⁻¹ alkalinity. The study includes the analysis of the acclimation process of 20-day-old *L. vannamei* post-larvae and its further development in an open culture system. During acclimation, ammonium concentration increased from non-detect to 1.2 mg L⁻¹ on the second day, and then to 1.5 mg L⁻¹ on the eighth day. Survival of post-larvae upon reaching the freshwater point was 51 %. During 8 weeks of culture in the 2 earthen ponds, the nutrient concentration fluctuated between 0.01 - 0.03 mg L⁻¹ for nitrite, 0.02 - 0.03 for nitrate, 0.07 - 0.09 for ammonium and 0.19 - 0.21 mg L⁻¹ for phosphate. The most representative phytoplankton groups were chlorophyte, diatoms, dinoflagellates and euglenoids, with about 50.6, 25,

Keywords:

Aquaculture,
acclimation,
alkalinity,
hardness,
low salinity,
ground water,
phytoplankton.

14 and 9.2 %, respectively in average for both ponds. The cyanophyte group was represented in the 1% of the phytoplankton community. *Spirogyra* sp. was the most dominant species. The total heterotrophic bacteria concentration was around 1100 CFU mL⁻¹, while *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp. and total coliforms reached an average concentration of 47, 72 CFU mL⁻¹, and 59 CFU/mL⁻¹ respectively. The average weekly growth of *L. vannamei* was 0.9 g, survival was 45.9 %, and production was around 1088 kg/ha. The nature of the well water in southern Ecuador provides the necessary nutrients for the cultivation of *L. vannamei* shrimp at extremely low salinity.

2023. Journal of the Selva Andina Animal Science®. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

*Litopenaeus vannamei*¹ (Boone, 1931), un crustáceo comúnmente conocido como camarón blanco (CB) se puede encontrar naturalmente en la costa del Pacífico, desde México hasta el norte de Perú, residiendo en ambientes marinos y estuarinos en salinidades que van desde 30 a menos de 5 ‰. En Ecuador, el desarrollo del cultivo de camarón se originó en áreas de manglares² utilizando aguas estuarinas del Golfo de Guayaquil. Sin embargo, el estricto control de la deforestación de manglares y la aparición de enfermedades en el camarón fueron factores desencadenantes para la búsqueda de nuevos territorios para continuar el lucrativo negocio de la acuicultura del camarón. Esta acción contribuyó al aumento del área de cultivo en la plataforma continental y a la extracción de agua de pozo para el cultivo de camarón. En estas condiciones, el éxito del cultivo de CB ha dependido de la capacidad fisiológica de *L. vannamei* para adaptarse a la baja salinidad³. En consecuencia, el desarrollo del CB en condiciones de cultivo depende de su capacidad fisiológica para adaptarse a las características fisicoquímicas del medio ambiente y de la productividad natural que incluye varios grupos de fitoplancton.

Químicamente, el agua de mar contiene cloro, sodio, calcio, magnesio, potasio, bicarbonato y sulfatos, entre los principales elementos para la adaptación de las especies acuáticas que viven en ambientes eurihalinos. Debido a su condición eurihalina, *L. vannamei* puede adaptarse a diversas concentraciones de sales,

pero debido a los límites de tolerancia, se producen altas mortalidades a niveles inferiores a 1 ‰ de salinidad^{4,5}. Aunque aún no se ha documentado, se sabe que, en Ecuador, el cultivo de camarón (CC) se ha expandido a sistemas de cultivo de agua dulce con concentraciones de sal inferiores a 0.5 ‰.

La expansión del área de cultivo en ambientes de baja salinidad requiere datos técnicos y científicos para comprender la dinámica de los sistemas de producción de camarón en condiciones de baja salinidad⁶. Investigaciones anteriores relacionadas con el CC en sistemas de baja salinidad destacan las diferencias en la composición iónica del agua subterránea de diferentes regiones (Alabama, Estados Unidos, Tailandia, Ecuador). En los sistemas de acuicultura de camarón, la baja concentración de iones esenciales se modifica mediante la adición de sales minerales al ambiente de cultivo⁷. Como se observa tradicionalmente en Ecuador, en Tailandia el CC marino utiliza fuentes de agua ubicadas en cuencas fluviales bajas con salinidades que van de 2 a 5 ‰^{8,9} donde la mezcla con agua de mar permite la presencia de minerales esenciales. Sin embargo, tanto en ambientes estuarinos como de agua dulce, proporciones inadecuadas de calcio y magnesio pueden causar alteraciones en la salud del CB. Por lo tanto, la presencia de aniones (bicarbonato, carbonato, sulfatos, cloruros) probados por la alcalinidad del agua, y los niveles de dureza referidos a la presencia de iones (calcio, manganeso y sodio) son críticos porque las sales minerales son

vitales para el mantenimiento del CB^{8,10}. El bicarbonato, un anión que forma alcalinidad, es importante debido a su capacidad amortiguadora en el agua y su efecto sobre los cambios de pH, que a su vez regulan la disponibilidad de iones esenciales en el medio acuático.

El uso de agua de pozo con salinidades de 5 a 15 ‰ para el CC en el interior o lejos de las zonas costeras intermareales ha generado controversia debido a las amenazas ambientales^{8,9,11} especialmente por el impacto de las descargas de agua que contienen sales que pueden afectar los cultivos agrícolas. Se ha documentado amplia información sobre sistemas de cultivo con agua de baja salinidad, sin embargo, información integral sobre la calidad del agua para el CC sometido a ambientes de salinidad extremadamente baja cerca del punto de agua dulce, es limitada. De este modo, la oportunidad de conocer los niveles de tolerancia de *L vannamei* criados en agua dulce o con una concentración mínima de sales es esencial para una acuicultura sostenible. El CC tierra adentro utilizando agua dulce promueve la reutilización de aguas residuales acuícolas para riego de cultivos agrícolas o hidroponía^{12,13} y consecuentemente reduce los impactos ambientales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue analizar la capacidad de adaptación del camarón al agua dulce

cuya concentración de sal fue de 0.3 ‰, y caracterizar la calidad del agua durante el desarrollo de crustáceos en sistemas de cultivo abierto.

Materiales y métodos

Sitio de estudio. El estudio se realizó en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Machala (UTM), Provincia de El Oro, Ecuador. La aclimatación y posterior desarrollo de *L vannamei* se llevó a cabo bajo sistemas de cultivo abierto y con el uso de agua subterránea a 0.3 ‰ de salinidad. La infraestructura consistió en un laboratorio para el análisis de agua y suelo y la disponibilidad de 2 estanques de tierra de 500 m². El suministro de agua consistía en un sistema de pozo ubicado cerca de los estanques. Según los datos de la estación meteorológica local, las condiciones ambientales del sitio mostraron una precipitación promedio de 0.31 mm por día, humedad relativa del 73 % y temperatura de alrededor de 25° C, característica típica de la estación seca.

Aclimatación de PL a baja salinidad. Las postlarvas (PL-4 días de edad) se obtuvieron de un laboratorio local ubicado en Puerto Bolívar, provincia de El Oro, Ecuador.

Tabla 1 Variación de la salinidad acorde al tiempo de aclimatación de post-larvas *L vannamei*

Días de aclimatación/observación	Salinidad 6:00 AM	Salinidad 12:00 AM	Salinidad disminuida
1 (PL-25)	32	22	10
2 (PL-26)	22	14	8
3 (PL-27)	14	9	5
4 (PL-28)	9	7	2
5 (PL-29)	7	5	2
6 (PL-30)	5	4	1
7 (PL-31)	4	3	1
8 (PL-32)	3	2	1
9 (PL-33)	2	1	1
10 (PL-34)	1	.3	.7

Las PL fueron transferidos al Programa de Acuicultura para el proceso de aclimatación de 32 ‰ a 0.3

‰ salinidad. Un total de 75000 PL de 20 días de edad fueron colocadas en 3 tanques de 500 L⁻¹ que conte-

nían agua de mar de 30 ppm de salinidad, alcanzando una densidad de 50 PL L⁻¹. La temperatura del agua durante el período de aclimatación varió alrededor de 26.4 ± 1.2° C. Todos los días, en horas de la mañana, las PL fueron sometidas gradualmente a una reducción de la salinidad con el uso de agua dulce (de un pozo) hasta alcanzar la concentración mínima deseada, seguido de un período posterior de observación y mantenimiento durante la tarde y la noche³ Tabla 1.

Al final de la aclimatación a 0.3 ‰ salinidad, las PL fueron desplazadas en un volumen de 1500 L, y mantenidos a una densidad de 15 PL L⁻¹ durante una semana para su observación antes de la siembra en los estanques de tierra.

Análisis de calidad del agua. Durante todo el ciclo de cultivo, se tomó una muestra de agua de 1 L para análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de fitoplancton. El oxígeno disuelto se midió 2 veces (mañana y tarde) utilizando un medidor de oxígeno portátil YSI modelo 55/OD. El pH se midió utilizando el medidor de pH Hatch EC10. La salinidad se determinó mediante el método de titulación de cloruro. La alcalinidad se determinó por el método de acidificación y titulación, y la dureza total por el método EDTA¹².

Para la determinación de nutrientes, las muestras de agua se tomaron en un recipiente separado y se filtraron a través de un filtro Whatman GF-C de 0.45 µm para posterior análisis siguiendo los métodos estándar. Después de secar los filtros, el peso se determinó utilizando una balanza analítica de Denver Instrument (modelo X-100). Los nutrientes se determinaron mediante espectrofotometría utilizando el espectrofotómetro UV/visible Hach DR 4000U. El amonio (N-NH₄) se determinó mediante la reacción del indofenol¹². Nitrito (N-NO₂) por proceso de diazotización¹³. Nitrato (N-NO₃) mediante la reducción de nitrato a nitrito utilizando el método de reducción de

cadmio¹². La concentración de fosfatos (P-PO₄) fue determinada por reacción de fosfomolibdato y colorimetría¹⁴.

El análisis cualitativo del fitoplancton se llevó a cabo utilizando un microscopio Nikon Optiphot. Las especies de fitoplancton se identificaron con el apoyo de manuales de referencia. El análisis cuantitativo del fitoplancton se llevó a cabo con el uso de la cámara Neubauer. Además, se tomó una submuestra de la misma muestra de agua para estimar el número de bacterias heterótrofas mediante el recuento de placas utilizando el medio de agar digestivo soja-caseína (TSA) (Difco, Estados Unidos) y la incubación a temperatura ambiente (28° C) durante 48 h. El número total de coliformes se estimó utilizando el agar MacConkey. Para estimar el número de *Vibrio* sp., se utilizó el agar tiosulfato-citrato-sales biliares-sacarosa (Roth, Karlsruhe, Alemania), y para *Pseudomonas* sp., agar cetrimide, con incubación a 35° C durante 24 h.

Cultivo de camarón en agua con 0.3 ‰ salinidad. El CC se realizó en estanques de tierra de 500 m². Después de la preparación del suelo, se tomó una muestra del fondo del estanque para analizar la textura del suelo. Los estanques recibieron agua dulce de pozo 0.3 ‰ salinidad. Durante la primera semana, se aplicaron diariamente 100 L de levadura marina pura con una concentración de 1 x 10⁹ células mL⁻¹ en cada estanque. En el quinto día de preparación del estanque, se sembraron PL de 0.004 g de peso a una densidad de alrededor de 30 organismos m², lo que resultó en una biomasa inicial promedio de 0.6 kg en cada estanque. El nivel máximo de agua en los estanques fue de 80 cm.

Durante el período de cultivo, cada semana se capturaron 50 camarones, de los cuales se pesaron 40 individuos y 10 individuos se sometieron al análisis de la microflora de fitoplanctónica en el intestino (intestino). La microflora fitoplanctónica presente en el in-

testino de los camarones se evaluó semanalmente para confirmar la preferencia de los alimentos. Los camarones se pesaron en una balanza Ohaus de 400 ± 0.1 g. El peso semanal promedio (PPS) se calculó determinando el peso total de los organismos (TP) y dividido por el número de organismos (n).

$$PPS = TP / n$$

La ganancia de peso semanal (IPS), se obtuvo restando el valor de PPS de cada semana (PPS_2) del valor de la semana anterior (PPS_1): $IPS = PPS_2$ (g) - PPS_1 (g)

Sobre la base de la biomasa estimada, los alimentos artificiales con una composición proteica del 27 % se proporcionaron manualmente en 2 raciones diarias.

La tasa de supervivencia final (%S) se determinó dividiendo la población que se sembró al principio (P_i) y la población final (P_f) al final del período de cultivo de camarón después de la cosecha.

$$\% S = P_f \times 100 / P_i$$

El índice de conversión alimenticia se estimó como la relación entre la cantidad de alimento utilizado durante el cultivo y la biomasa final.

Análisis de datos. Los datos obtenidos fueron organizados y analizados descriptivamente en hojas de cálculo Excel, determinando el promedio y la desviación estándar de las variables estudiadas.

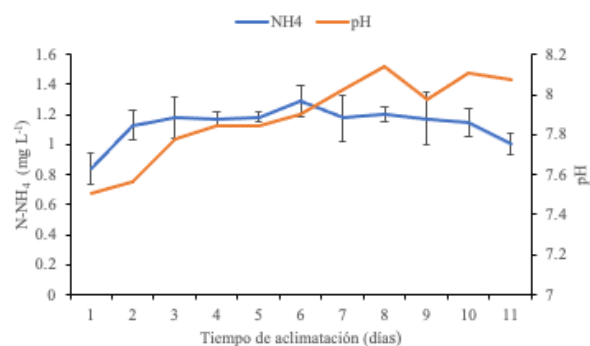
Resultados

Las características de la fuente de agua utilizadas para la aclimatación a la baja salinidad y el cultivo revelaron 0.3 ‰ salinidad, 0.0115 mg L^{-1} de fosfato, 0.003 mg L^{-1} de nitrito, 0.029 mg L^{-1} de nitrato, $<0.010 \text{ mg L}^{-1}$ de amonio, 300 mg L^{-1} de dureza total y 210 mg L^{-1} de alcalinidad. La textura del suelo de los estanques fue 54.22 % limo, 38.9 % arena y 6.88 % arcilla.

Aclimatación a la salinidad. La concentración de

amonio en el agua durante el período de aclimatación fluctuó entre 0.6 y 1.5 mg L^{-1} , el pH fluctuó entre 7.6 y 8.3 y la temperatura alrededor de 26°C . La salinidad final, en el punto de agua dulce (0.3 ‰) se obtuvo a la edad de PL-34-35 días de edad. Al comienzo del período de aclimatación, la concentración de amonio alcanzó 0.8 mg L^{-1} . Posteriormente, a mitad del periodo de aclimatación (día 6), la concentración de amonio se duplicó en relación al valor inicial, llegando a una concentración media de 1.2 mg L^{-1} (Figura 1). En el octavo día de aclimatación, se encontraron valores de amonio en niveles superiores a 1.5 mg L^{-1} , reduciéndose ligeramente al día siguiente, pero aumentando nuevamente el día 11. En el nivel más alto de amonio, PL mostró un comportamiento anormal. Como se indicó, el pH del agua aumentó gradualmente durante la aclimatación de 7.6 a 8.1 y la temperatura fluctuó alrededor de 26°C .

Figura 1 Variaciones de la concentración de amonio en el agua durante 11 días de aclimatación de PL de *L. vannamei*



Al final de la aclimatación, cuando los organismos se distribuyeron en un volumen de 1500 L de agua, y con adición de levadura, la concentración de amonio se redujo a un rango de 0.35 - 0.8 mg L^{-1} . Esta acción ayudó a controlar la mortalidad observada al final de la aclimatación a 0.3 ‰.

Caracterización de la calidad durante el engorde.

Durante los 60 días de CC, los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua se determinaron semanalmente en los 2 estanques (Tabla 2). Las concentraciones medias de nitrito $0.01 - 0.03 \text{ mg L}^{-1}$, nitrato $0.02 - 0.03$, amonio $0.07 - 0.09$ y de fosfato $0.19 - 0.21 \text{ mg L}^{-1}$ en estanques 1 y 2 respectivamente. La concentración de nitrógeno inorgánico en el agua fue inferior a la concentración de fosfato en ambos estanques. La concentración promedio de fosfato en el

agua del estanque fue 20 veces mayor que la concentración encontrada en el agua de entrada. La concentración promedio de nitrito en el agua del estanque fue 6.5 veces mayor que la de la entrada. La concentración de nitrato en el agua del estanque fue cercana a la detectada en la entrada. La concentración de amonio fue de alrededor de 0.08 mg L^{-1} , aumentando 20 veces más que la concentración detectada en el agua de entrada.

Tabla 2 El promedio (\pm DE) de las variables de calidad de agua en dos estanques experimentales durante el cultivo de camarón a 0.3 de salinidad

Parámetro	Estanque (P ₁)	Estanque (P ₂)
<i>Físico-químico</i>		
Alcalinidad (mg L^{-1})	239.75 ± 35.88	244.00 ± 25.06
Dureza total (mg L^{-1})	332.63 ± 114.34	351.88 ± 134.60
Fosfato ($\text{P-PO}_4 \text{ mg L}^{-1}$)	$.19 \pm .09$	$.21 \pm .18$
Nitrito ($\text{N-NO}_2 \text{ mg L}^{-1}$)	$.01 \pm .01$	$.03 \pm .04$
Nitrato ($\text{N-NO}_3 \text{ mg L}^{-1}$)	$.02 \pm .02$	$.03 \pm .04$
Amonio ($\text{N-NH}_4 \text{ mg L}^{-1}$)	$.07 \pm .12$	$.09 \pm .14$
<i>Microbiológico</i>		
Vibrio (UFC mL^{-1})	45.31 ± 41.10	48.00 ± 63.49
<i>Pseudomonas</i> (UFC mL^{-1})	71.62 ± 119.03	74.23 ± 128.89
Coliformes (UFC mL^{-1})	58.54 ± 183.26	61.00 ± 192.28
Bacterias heterótrofas (UFC mL^{-1})	988.83 ± 464.84	1218.83 ± 791.64

Las variaciones diarias de oxígeno disuelto en el agua del estanque fluctuaron alrededor de $3.1 \pm 1.5 \text{ mg L}^{-1}$. En la sexta semana, el oxígeno disuelto aumentó a 7 mg L^{-1} , en el mismo período, el oxígeno disminuyó por debajo de 2 mg L^{-1} . La tasa de supervivencia en el estanque 2 fue un 9 % más baja que la medida en el estanque 1, lo que condujo a un mayor consumo de alimentos en el estanque 2.

En ambos estanques, los grupos microbianos *Vibrio* sp., y *Pseudomonas* sp., fueron de alrededor de 50 y 75 UFC mL^{-1} respectivamente (Tabla 2). La concentración de *Pseudomonas* sp., fue 0.7 veces mayor que la de *Vibrio* sp., y la concentración de bacterias heterótrofas fue de alrededor de 10^3 UFC mL^{-1} .

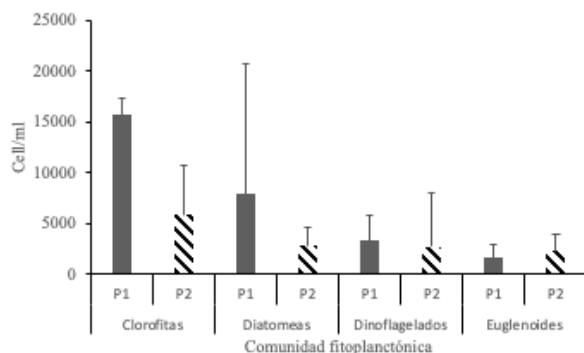
Caracterización del fitoplancton. Los resultados del análisis cualitativo de la productividad primaria fueron similares para los 2 estanques de engorde. La concentración de fitoplancton total en el agua en el estanque 1 alcanzó niveles de alrededor de $56570 \pm$

$4390 \text{ células mL}^{-1}$, mientras que la concentración de fitoplancton total en el estanque 2 fue de alrededor de $25890 \pm 3160 \text{ células mL}^{-1}$.

Aunque se observaron grupos similares de fitoplancton en ambos estanques, la proporción de grupos de fitoplancton para ambos fue diferente (Figura 2). La presencia de clorofitas fue predominante en ambos estanques, ocupando alrededor del 54,6 y 42.31 % de la población total de fitoplancton para los estanques 1 y 2 respectivamente. Así mismo, las diatomeas estaban en segundo orden de importancia, alcanzando una proporción del 27.3 y 20 %. El grupo de dinoflagelados representó alrededor del 11 y 19 %. La presencia de euglenoides fue ligeramente diferente, alcanzando el 5.7 y 16 % de la comunidad de fitoplancton para los estanques 1 y 2 respectivamente. Finalmente, el grupo cianoficeo alcanzó un promedio de 1 % de la población de fitoplancton en los dos estanques.

La microbiota intestinal de los camarones en el estanque 1 estuvo representada por *Spirogyra* sp., (22 %) seguida por el género *Diatoma* sp. (21 %) *Scenedesmus* sp. (9.5 %), y en menor proporción otros tipos de microalgas fueron representados por *Cocconeis*, *Chroococcus*, *Gymnodinium*, *Gonium*, *Merismopedia*, *Tabellaria*, *Pandorina*, *Thalassiosira*, además de zooplancton muerto. La proporción de llenura intestinal fue de alrededor de 7:1 para el fitoplancton y los alimentos artificiales, respectivamente. En comparación, el contenido intestinal de camarón del estanque 2 presentó el mismo tipo de microalgas, pero en un número menor que el estanque 1. En ambos estanques la macroalga *Spirogyra* sp., proliferó masivamente, aunque en el estanque 1 su aparición fue significativamente mayor.

Figura 2 Distribución de los grupos dominantes de fitoplancton en el cultivo de camarón a 0.3 ‰ salinidad

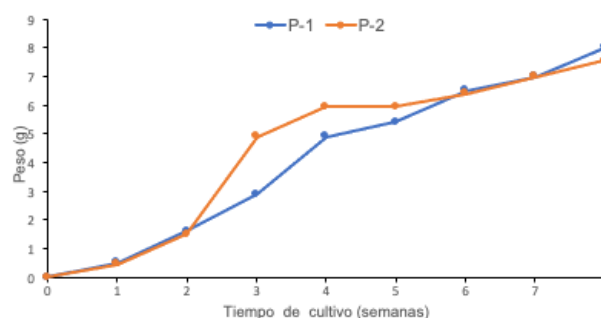


Rendimiento de *L. vannamei* a 0.3 ‰ salinidad. La Tabla 3 muestra los resultados de producción del consumo de alimento, la tasa de supervivencia y la conversión del alimento en los 2 estanques. El ciclo de engorde comenzó con una biomasa inicial de 0.55 y 0.65 kg y terminó con un total de 57.3 y 51.5 kg de biomasa final para los estanques 1 y 2 respectivamente.

El camarón *L. vannamei* cultivado bajo condiciones de extremadamente baja salinidad, alcanzó 0.92 g de crecimiento semanal, y un peso promedio de 8 g en

un período de 8 semanas. A mitad del ciclo de engorde (45 días), se registró una disminución en el rendimiento del camarón (Figura 3). El rendimiento medio de producción de los dos estanques fue de 0.1 kg m⁻² de biomasa total.

Figura 3 Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei*, durante el cultivo con el uso de agua de pozo 0.3 ‰



En el estanque 1 los registros mostraron un consumo de alimento de 1.3 y en el estanque 2, el consumo de alimento aumentó alrededor del 30 %, lo que explica la mayor conversión de alimento encontrada en el estanque 2.

Discusión

Aclimatación de camarones. La edad del camarón *L. vannamei* es posiblemente uno de los puntos más críticos durante la aclimatación a 0.3 ‰ de salinidad o en el punto de agua dulce. Otros estudios reportan diferencias significativas en la tasa de supervivencia de PL de 10 y 20 días de edad cuando se aproximan a niveles cercanos al punto de agua dulce, confirmando que la tolerancia de *L. vannamei* a salinidades extremadamente bajas depende de la edad de los individuos¹⁵. De hecho, también se ha sugerido que la aclimatación a salinidades cercanas al punto de agua dulce requiere más de 7 días de adaptación, lo que resulta en una alta mortalidad cuando se aclimata a una salinidad extremadamente baja¹⁶. Las PL más pe-

queñas son más susceptibles a alteraciones fisiológicas cuando se exponen a condiciones de estrés, mostrando baja tasa de supervivencia¹⁷.

Tabla 3 Rendimiento *L. vannamei* a 0.3 ‰ salinidad

Parámetros	Piscina 1	Piscina 2
Población inicial de camarones	13820	16320
Población final de camarones	6917	6814
Peso final (g)	8.29	7.56
Tasa de crecimiento semanal	.97	.88
Biomasa final piscina (kg)	57.3	51.5
Consumo de alimento (kg)	69.25	84.35
Conversión alimenticia	1.3	1.7
Supervivencia (%)	50.05	41.75

La concentración de amonio es el factor tóxico más común en los sistemas de CC de baja salinidad. En otro estudio¹⁸, la exposición de *L. vannamei* de 19 días de edad mostró que el 50 % de la población murió con una concentración de N-NH₃ de 1.81 mg L⁻¹. Otro estudio con pre juveniles de *Penaeus schmitti*, con un peso de 1.5 g, analizó la susceptibilidad al amonio a diferentes salinidades, y observó que a 5 ‰ la concentración de 1.14 mg L⁻¹ de N-NH₃ era letal para el 50 % de la población¹⁹. El mismo estudio informó que el amonio causa estrés fisiológico en los órganos, lo que lleva a un aumento en la excreción de amonio y el consumo de oxígeno. En este trabajo, se observó un aumento en la concentración de amonio al comienzo de la aclimatación. Teniendo en cuenta el pH y la temperatura del agua registrados en este trabajo, la concentración de amonio no ionizable en el agua fue de alrededor de 0.18 mg L⁻¹ en el sexto día de aclimatación y aumentó a 0.225 mg L⁻¹ en el undécimo día, lo que sugiere que el amoníaco podría haber influido en la supervivencia del PL durante la aclimatación a 0.3 ‰ salinidad. Las observaciones en criaderos ecuatorianos indican que durante los procesos de aclimatación a salinidades alrededor de 1 ‰, resultan en variaciones significativas en la respuesta

de supervivencia final, que no se comprenden bien, con algunos lotes de PL que experimentan tasas de mortalidad tan altas como 75 %.

Caracterización de la calidad durante el crecimiento en baja salinidad. En el presente trabajo, la alcalinidad y dureza del agua fueron los parámetros en los que se centró el estudio de calidad del agua. Se analizó la concentración de nutrientes, la caracterización de la productividad primaria y la presencia de bacterias patógenas.

La alcalinidad y dureza del agua son parámetros fundamentales en el cultivo de camarón²⁰, sugiriendo un mínimo de 100 mg L⁻¹ de alcalinidad²¹. En este estudio, con una salinidad de 0.3 ‰, la alcalinidad en los estanques de engorde de camarones fue de alrededor de 240 mg L⁻¹ y los valores de dureza fueron de aproximadamente 340 mg L⁻¹. Esto significa que el agua de pozo contiene una proporción significativa de carbonato de calcio (Ca CO₃). Esto podría deberse a las características naturales de las condiciones geológicas de la región sur de Ecuador. Durante el cultivo, se observó una ligera reducción en la alcalinidad, posiblemente debido a la absorción de sales del sistema de cultivo o debido a la absorción del organismo. Esto se alinea con otros estudios²² que sugieren que la alcalinidad tiende a disminuir en *L. vannamei* cultivado en agua de baja salinidad. Se ha informado que a una alcalinidad de 40 mg L⁻¹, el crecimiento del camarón puede retrasarse debido a un comportamiento anormal durante la muda²³. La proporción sugerida de iones de calcio y magnesio para *L. vannamei* es de alrededor del 60 y 40 %, respectivamente²⁴. Más específicamente, Moura et al.²⁵ reportaron un desarrollo óptimo de CB en sistemas de agua dulce con 400 mg L⁻¹ de calcio, 380 mg L⁻¹ de potasio, 1350 mg L⁻¹ de magnesio y 10500 mg L⁻¹ de sodio. Araneda et al.²⁶, en su estudio analizando diferentes densidades de *L. vannamei* cultivadas en agua dulce, mostrando

alcalinidad de 325 mg L⁻¹ y dureza de 400 mg L⁻¹. Además, Jayasankar et al.¹⁶, al analizar la salinidad y la dureza total, encontraron que el crecimiento y la supervivencia de PL *L. vannamei* de 20 días de edad expuestos a 30 ‰ de salinidad y 6600 mg de dureza L⁻¹, fue significativamente mayor que aquellos organismos expuestos a 5 ‰ y 1400 mg de dureza L⁻¹, con un menor rendimiento a 1.5 de salinidad y 450 mg L⁻¹ dureza. Los investigadores confirmaron que a 5 y 1.5 ‰ salinidad la tasa de supervivencia fue de 46 y 45 % respectivamente, comparables a los resultados del presente trabajo. Esto explica que el cultivo del *L. vannamei* en salinidades de hasta 5 ‰ puede lograr resultados equivalentes al agua de mar ajustando la alcalinidad y dureza del agua a los niveles requeridos para el CB. Sin embargo, en salinidades extremadamente bajas, el crecimiento y la supervivencia disminuyen considerablemente.

En relación con los nutrientes disueltos en el agua, las concentraciones de fósforo y nitrógeno inorgánico encontrados en los 2 estanques ocurrieron debido a la dinámica del sistema y al flujo químico desde el fondo del estanque hasta la columna de agua, pero los nutrientes no ingresaron por agua de entrada. Las concentraciones de nutrientes nitrogenados en forma de nitritos y amoníaco fueron mayores en los estanques que en la entrada de agua. La concentración de amonio en el estanque de engorde no representó un peligro para los camarones ya que estaba entre 0.07 a 0.08 mg L⁻¹ para los estanques 1 y 2 respectivamente. Estudios previos que utilizaron estanques de tierra para el cultivo de camarones indican que el fósforo generalmente no es un nutriente limitado²². Valenzuela-Quíñonez et al.⁵ analizaron 4 fuentes de agua de pozo con salinidades menores a 1 ‰, durante el cultivo de CB, reportando concentraciones mínimas y máximas de amonio 0.26 a 0.31 mg L⁻¹, nitrito 0.28 a 0.32 mg L⁻¹, nitrato 0.73 a 0.77 mg L⁻¹ y fos

-fato 1.5 a 1.7 mg L⁻¹. En otros estudios, utilizando el método de análisis rápido de Hatch, se reportaron valores promedio de nitrato de 6.7 mg L⁻¹, fósforo total 0.4 mg L⁻¹ y fósforo reactivo 0.14 mg L⁻¹, con el uso de agua subterránea 22 y una salinidad de 2 ‰.

Un aspecto adicional por resaltar acerca de este trabajo fue la acumulación del alga *Spirogyra* sp., produciendo masivos filamentos de macroalgas de agua dulce en los estanques. La presencia de estas macroalgas afectó el monitoreo y la recolección de los camarones, ya que los organismos ocuparon estos nichos como refugio y componente nutricional. La presencia de *Spirogyra* sp., detectada en el análisis intestinal, corrobora la preferencia del CB por esta alga como fuente de alimento. Más allá de la importancia de la productividad primaria en el comportamiento alimenticio de los camarones, la presencia de maleza sugiere analizar la factibilidad de crear sistemas de policultivo produciendo macroalgas, un aspecto que requiere más investigación.

Además, es importante indicar que el agua del pozo estaba relativamente limpia y libre de microorganismos dañinos para *L. vannamei*. Los grupos microbianos de *Vibrio* sp., y *Pseudomonas* sp., en el agua emergieron en niveles bajos debido a la dinámica de la temperatura. En los sistemas de cultivo tradicionales, en el mar o cuando se utiliza agua estuarina, los camaroneros tratan de mantener el límite máximo de *Vibrio* sp., alrededor de 10² UFC mL⁻¹, aunque algunos informes muestran rangos entre 10³ a 10⁴ UFC mL⁻¹. Por lo tanto, se considera que la baja concentración de *Vibrio* sp., en las granjas camaroneras se asocia con el uso de aguas subterráneas de baja salinidad, sin embargo, esto no puede generalizarse porque las granjas camaroneras de baja salinidad en Ecuador han revelado concentración de *Vibrio* sp., más de 10⁴ UFC mL⁻¹. En este estudio, la adición de levaduras frescas en el cultivo de camarón pudo ha-

ber contribuido a mejorar la calidad de detritus, como suplemento nutricional para los camarones y fortaleciendo la presencia de microorganismos antagónicos a *Vibrio* sp.²⁹. Para confirmar este problema, la cuantificación de bacterias heterótrofas fue de alrededor de 10^3 UFC mL⁻¹, mientras que *Pseudomonas* sp., un grupo bacteriano antagónico a la presencia de *Vibrio* sp.^{27,30}, fue mayor. Por otro lado, la aparición de coliformes en el agua explica el impacto de la contaminación de aguas residuales dentro del área de la fuente de agua y el sitio experimental.

Rendimiento de L. vannamei en agua 0.3 ‰ salinidad. Los resultados de la tasa de crecimiento de *L. vannamei* obtenidos en este trabajo son comparables con otros informes. El camarón de la naturaleza tiene un crecimiento de 1.4 g por semana⁴, y en los sistemas de cultivo de agua de mar un crecimiento semanal de 1.19 g por semana. Asimismo, Araneda et al.²⁶, en Yucatán, México, realizaron pruebas de laboratorio cultivando el CB a 0 ‰ salinidad, mostrando que la mayor tasa de crecimiento se obtuvo a densidades de 90 camarones m², con una media de 0.38 g por semana, y una tasa de supervivencia de 76 % en 210 días, concluyendo que en agua dulce la supervivencia disminuye cuando la densidad de los organismos es mayor. Estos resultados son comparables con el presente trabajo, confirmando que cuanto mayor es la población de organismos en el medio acuático, la disponibilidad de sales minerales para hacer frente a los procesos de osmorregulación es más exigente, un tema que requiere más investigación para una mejor comprensión.

Aunque no se observaron episodios de mortalidad masiva, como los comúnmente observados en los cultivos tradicionales, se supone que la disminución de la población ocurrió progresivamente durante el CC. En el presente estudio, es importante destacar que, durante el período de cultivo, no se administró

ningún suplemento mineral para compensar las necesidades de sales. Por lo tanto, la subsistencia del CB cultivado en este trabajo estuvo en función de las sales presentes en el agua y el entorno de cultivo.

Además, dado que el pH del suelo en los estanques era neutro, la absorción de iones del agua no es considerada³¹. Pero, en condiciones de suelos arenosos, hubo pérdidas debido a la filtración, lo que requirió el bombeo diario de agua hasta un 20 %. En el cultivo extensivo de camarón, las tasas de intercambio de agua varían alrededor de 2-7 % por día³², aunque también se ha reportado un intercambio de agua de 5 % por día⁶. Al final del período de crecimiento, los registros mostraron que el oxígeno disuelto excedió el 100 % de saturación, con disminuciones drásticas durante la noche. La actividad fotosintética de las microalgas puede causar variaciones de oxígeno en el estanque.

Teniendo en cuenta las características de los sistemas abiertos sin aireación mecánica, la producción obtenida en el presente trabajo puede compararse con los resultados de los sistemas tradicionales de cultivo de camarón, que representan 1088 kg ha⁻¹, una magnitud que se puede aumentar con estrategias básicas para sostener el desarrollo de los crustáceos. Por ejemplo, la transferencia de parte de la población a estanques adyacentes mejora el crecimiento debido a la reducción de la densidad de población, que se ha informado como una alternativa para mejorar el crecimiento del camarón en sistemas de 2 fases, aumentando la biomasa y mejorando el rendimiento del camarón³³.

Finalmente, este trabajo ofrece un punto de vista específico del desarrollo y la supervivencia de *L. vannamei* con el uso de agua subterránea a 0.3 ‰ en un sistema de cultivo abierto. Los parámetros de dureza, alcalinidad y amonio son indicadores críticos para el proceso de aclimatación y posterior desarrollo del camarón en sistemas de agua dulce. Los resultados han

sido comparados y discutidos con estudios de otros lugares y pruebas de laboratorio, manteniendo la consistencia. La caracterización de la calidad del agua durante el CC en baja salinidad permite comprender mejor la dinámica del estanque manejados bajo sistemas abiertos, lo que contribuye significativamente a la optimización del CC. Además, estos resultados permiten comprender el potencial productivo del agua de pozo en el sur de Ecuador. Estudios hidrogeológicos para conocer la capacidad de la capa freática son necesarios para el manejo sostenible de los recursos hídricos subterráneos en contexto con las operaciones de acuicultura.

Fuente de financiamiento

Proyecto financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología del Ecuador.

Conflictos de intereses

Los autores de este estudio certifican que no existen conflictos de intereses con respecto a la investigación.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado a través del proyecto de Calidad del Agua P-BID-148 del Programa de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, y con el patrocinio de la Fundación para la Ciencia y la Tecnología del Ecuador.

Consideraciones éticas

La investigación contó con la aprobación del Comité de Ética de la Asociación de Productores de Camarón

de la Provincia de El Oro (Ecuador) y se realizó bajo criterios éticos de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, y la empresa productora de larvas.

Aporte de los autores en el artículo

Juana Fulvia Solórzano Reyes, control y manejo de post-larvas durante el proceso de aclimatación y control de la alimentación del camarón durante el cultivo en estanques. *Patricia Migdalia Ochoa Pereira*, análisis y cuantificación de bacterias y fitoplancton y asistencia en la preparación del borrador original del manuscrito de acuerdo a las directrices a publicar. *Galo Solano Motoche*, análisis químico del agua durante la aclimatación y el cultivo, y revisión del manuscrito. *Patricio Quizhpe Cordero*, asistencia en el monitoreo del crecimiento del camarón en piscinas. *Roy Guillén Añazco*, asistencia en manejo de cultivos y supervisión de calidad del agua en estanques, intercambios de agua. *Patricio Colón Velásquez López*, conceptualización de la investigación, supervisión, análisis e interpretación de la calidad del agua y gestión de los datos del sistema de producción, redacción y edición del manuscrito, preparación de tablas y figuras, y revisión de la literatura.

Limitaciones en la investigación

Hubo algunas limitaciones logísticas durante el cultivo de camarón en sistemas abiertos, lo que de alguna manera restringió la oportunidad de replicar y continuar el cultivo a un período más largo.

Literatura citada

1. Boone L. Anomuran, *Macruran crustacea* from panama and canal zone [Internet]. New York: Bulletin of the American Museum of Natural History; 1931 [cited May 22, 2023]. 54 p. Retrieved from:

- <https://decapoda.nhm.org/pdfs/13727/13727.pdf>
2. Jiménez Novillo JC, Carvajal Romero H, Vite Cevallos H. Analysis of the forecast of shrimp exports in Ecuador from the year 2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas* 2021;4(1):56-61.
 3. Nunes AJP, Velásquez-López C. Low-salinity, inland shrimp culture in Brazil and Ecuador [Internet]. Global Seafood Alliance. 2023 [cited 3 May 2023]. Retrieved from: <https://www.globalseafood.org/advocate/low-salinity-inland-shrimp-culture-in-brazil-and-ecuador/>
 4. Valenzuela-Madrigal IE, Valenzuela-Quiñónez W, Esparza-Leal HM, Rodríguez-Quiroz G, Aragón-Noriega E. Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Rev Biol Mar Oceanogr* 2017;52(1):103-12. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000100008>
 5. Valenzuela-Quiñónez W, Esparza-Leal HM, Nava-Pérez E, Rodríguez Quiroz G. El cultivo de camarón en agua de baja salinidad con alimento a base de harina de lombriz. *Ra Ximhai* 2012;8(3): 131-6. DOI: <https://doi.org/10.35197/rx.08.03.e2.2012.12.wv>
 6. Hernández Gurrola JA. Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado [tesis maestría]. [La Paz, Baja California Sur]: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C; 2016 [citado 26 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/505>
 7. Boyd CE, Thunjai T, Boonyaratpalin M. Dissolved salts in water for inland, low-salinity shrimp culture [Internet]. Global Seafood Alliance. 2023 [cited May 22, 2023]. Retrieved from: <https://www.globalseafood.org/advocate/dissolved-salts-in-water-for-inland-low-salinity-shrimp-culture/#:~:text=Brine%20solutions%20of%20around%20200%2C000,use%20in%20inland%20shrimp%20culture>
 8. Szuster BW, Flaherty M. Cumulative environmental effects of low salinity shrimp farming in Thailand. *Impact Assess Proj Apprais* 2002;20(3):189-200. DOI: <https://doi.org/10.3152/147154602781766672>
 9. Biao X, Zhuhong D, Xiaorong W. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Mar Pollut Bull* 2004;48(5-6):543-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.006>
 10. Roy DA, Saoud IP, Boyd CA, Pine HJ, Boyd CE. Shrimp culture in inland low salinity waters. *Rev Aquac* 2010;2(4):191-208. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>
 11. Flaherty M, Szuster B, Miller P. Low salinity inland shrimp farming in Thailand. *Ambio* 2000; 29(3):174-9. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174>
 12. McIntosh D, Fitzsimmons K. Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation *Aquac Eng* 2003;27(2):147-56. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(02\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(02)00054-7)
 13. Miranda FR, Lima RN, Crisóstomo LA, Santana MGS. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. *Aquac Eng* 2008; 39(1):1-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.04.001>
 14. Solorzano L. Métodos de análisis químicos utilizados en el curso latinoamericano de post-grado: “instrumentación y análisis químicos de agentes contaminantes en el mar” (1984). *Boletín Científico y Técnico* 1984; 7(1).
 15. Strickland JDH, Parsons TR. A Practical Hand-

- book of Seawater Analysis [Internet]. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada; 310 p. DOI: <https://doi.org/10.25607/OBP-1791>
16. Hansen HP, Koroleff F. Determination of nutrients. In: Grasshoff K, Kremling K, Ehrhardt M, editors. *Methods of Seawater Analysis*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc; 1999. p. 159-228. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527613984.ch1>
 17. McGraw WJ, Davis DA, Teichert-Coddington D, Rouse DB. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. *J World Aquac Soc* 2002;33(1):78-84. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00481.x>
 18. Jayasankar V, Safiah Jasmani S, Nomura T, Nohara S, Huong DTT, Wilder MN. Low salinity rearing of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: acclimation, survival and growth of postlarvae and juveniles. *Jpn Agric Res Q* 2009; 43(4):345-50. DOI: <https://doi.org/10.6090/jarq.43.345>
 19. Balbi RJ, Velásquez CT, Maneiro. Aclimatación a baja salinidad de postlarvas del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) provenientes de dos criaderos comerciales. *Rev Biol Mar Oceanogr* 2005;40(2):109-15.
 20. Barajas FM, Villegas RS, Clark GP, García Mosqueda J, López Moreno B. Daily variation in short-term static toxicity of unionized amoníaco in *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae. *Aquac Res* 2006;37(14):1406-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01573.x>
 21. Barbieri E. Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture* 2010;306(1-4):329-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.009>
 22. Molina C, Espinoza M, Chuya N. Improving the osmoregulatory capacity of Pacific white shrimp grown in low salinity [Internet]. Global Seafood Alliance. 2019 [cited 3 May 2023]. Retrieved from: <https://www.globalseafood.org/advocate/improving-the-osmoregulatory-capacity-of-pacific-white-shrimp-grown-in-low-salinity/>
 23. Van Wyk P, Davis-Hodgkins M, Laramore R, Main KL, Mountain J, Scarpa J. Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems [Internet]. Florida: Harbor Branch Oceanographic Institution; 1999 [cited Mar 22, 2023]. 34 p. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/242621708_Farming_Marine_Shrimp_in_Recirculating_Fresh_Water_Systems
 24. Quimis Puga KL, Rodríguez Vera HS. Water quality in an intensive white shrimp culture system *Penaeus vannamei* in low salinity conditions [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2019 [citado 26 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51424>
 25. Prapaiwong N, Boyd CE. Effects of major water quality variables on shrimp production in inland, low-salinity ponds in Alabama. *J World Aquac Soc* 2012;43(3):349-61. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00572.x>
 26. Moura PSD, Wasielesky W Jr, Serra FDP, Braga A, Poersch L. Partial seawater inclusion to improve *Litopenaeus vannamei* performance in low salinity biofloc systems. *Aquaculture* 2021;531: 735905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735905>
 27. Araneda M, Pérez EP, Gasca-Leyva E. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: condition state based on length and weight. *Aquaculture* 2008; 283(1-4):13-8.
 28. Liu X, Li Z, Cao Y, Wen G. Common species composition, quantity variation and dominant species of planktonic microalgae in low salinity culture ponds. *South China Fisheries Science*

- 2008;5(1):9-16.
29. Maicá PF, de Borba MR, Wasielesky Jr W. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquac Res* 2012;43(3):361-70. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02838>
30. Solorzano-Reyes F, Velásquez-López PC. Eficiencia de absorción en postlarvas del camarón *Litopenaeus vannamei* alimentado con una dieta de levaduras marinas de marismas de manglares. *Bol Invertir Mar Costo* 2021;50(2):73-90. DOI: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.2.1012>
31. Chythanya R, Karunasagar I, Karunasagar I. Inhibition of shrimp pathogenic vibrios by a marine *Pseudomonas* I-2 strain. *Aquaculture* 2002;208(1-2):1-10. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00714-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00714-1)
32. Palacios Serrano NO. Estudio de factibilidad para producir camarón de la especie *Litopenaeus vannamei* bajo un sistema de producción semi-intensivo en Ecuador [tesis licenciatura]. [Zamorano]: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; 2016 [citado 16 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://bdigital.zamorano.edu/items/0d8e8ca3-32bb-4363-b734-d010cf6ed7ca>
33. Miranda I, Valles JL, Sánchez R, Álvarez Z. Cultivo del camarón marino *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) en agua dulce. *Rev Cient (Maracaibo)* 2010;20(4):339-46.
34. Castillo-Ochoa B, Velásquez-López PC. Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador [Internet]. Vol. 4, Sociedad & Tecnología. 2021; p. 447-61. DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v4i3.151>

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAAS). Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.