

Cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de recirculación y biofloc

Cultivation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae in recirculation and biofloc systems.

Ángel Bohórquez Sánchez¹ & Gabriel Vaca Nuñez¹

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de Acuacultura, Guayaquil, Ecuador

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

Resumen

La acuicultura en Ecuador, es una actividad pecuaria, con el camarón como principal producto de exportación, mismo que es de importancia para la economía nacional. Sin embargo, existen problemas que afectan la eficiencia y sostenibilidad del sector, requiriendo la implementación de nuevas tecnologías. Dentro de este ámbito, se destacan los sistemas de flujo cerrado como los Sistemas de Recirculación Acuicola (SRA) y Sistemas Biofloc (Biofloc). Los Sistemas de SRA son métodos de cultivo intensivo que se caracterizan por reutilizar más del 90% del agua total del sistema. En el caso del sistema Biofloc, la producción se basa en el desarrollo de comunidades bacterianas generadas a partir de flóculos de materia orgánica. En esta investigación se compararon sistemas de recirculación (SRA) y sistemas biofloc en un cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Se cultivaron 100 organismos de camarón en estadio de postlarva (PL18) en cada tratamiento: Biofloc (T1), SRA (T2) y Control (C). Se evaluaron parámetros físico-químicos como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO2-; mg/L), nitratos (N-NO3-; mg/L), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), oxígeno disuelto (OD), alcalinidad (mg/L); adicionalmente, los parámetros como transparencia (cm) y sólidos sedimentables (mL/L), se evaluaron exclusivamente en el tratamiento Biofloc (T1). Los parámetros productivos como ganancia de peso (g), peso promedio final (g), tasa de crecimiento específico (%) y supervivencia (%). Se obtuvieron diferencias significativas para ganancia de peso (33.02 ± 0.02 g), peso promedio final (0.57 ± 0.05 g) y supervivencia (92 ± 0.03 g) en T1, respecto a C y T2.

Palabras claves: compuestos nitrogenados, ganancia de peso, *Litopenaeus vannamei*, maduración.

Abstract

Aquaculture in Ecuador is a livestock activity, with shrimp as the main export product, which is important for the national economy. However, there are problems that affect the efficiency and sustainability of the sector, requiring the implementation of new technologies. Within this area, closed flow systems such as Aquaculture Recirculation Systems (RAS) and Biofloc Systems (Biofloc) stand out. The RAS systems are intensive culture methods that are characterized by reusing more than 90% of the total water in the system. In the case of the Biofloc system, production is based on the development of bacterial communities generated from organic matter flocs. RAS are intensive cultivation systems, which are characterized by the recycling of water resources in more than 90% of the total system volume in the case of RAS; or in the production of bacterial communities from organic matter flocs as in the case of Biofloc. In this research, recirculation systems (RAS) and biofloc systems were compared in a culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae in the laboratory of the Faculty of Natural Sciences of the University of Guayaquil. One hundred postlarvae stage shrimp organisms (PL18) were cultured in each treatment: Biofloc (T1), SRA (T2) and Control (C). Physicochemical parameters such as total ammoniacal nitrogen (TAN; mg/L), nitrite (N-NO2-; mg/L), nitrate (N-NO3-; mg/L), hydrogen potential (pH), temperature (°C), dissolved oxygen (DO), alkalinity (mg/L); additionally, transparency (cm) and settleable solids (mL/L) were assessed exclusively in the Biofloc treatment (T1). Productive parameters such as weight gain (g), final average weight (g), specific growth rate (%) and survival (%) were evaluated. Significant differences were obtained for weight gain (33.02 ± 0.02 g), final average weight (0.57 ± 0.05 g) and survival (92 ± 0.03 g) in T1, with respect to C and T2.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, maturation, nitrogen compounds, weight gain.

* Correspondencia del autor:

E-mail: angelbohorquez14@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Introducción

La acuicultura es una industria mundial que ha alcanzado una gran expansión y desarrollo, debido al sobre aprovechamiento del sector pesquero durante las últimas décadas. (Pimentel 2022). Se estima que el crecimiento de la industria acuícola aumentará hasta un 500% en los próximos 25 años (Guerrero-Olazarán, y otros 2019).

La especie de crustáceo más cultivada a nivel mundial es el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). La producción mundial de este rubro acuícola alcanzó casi 4 millones de toneladas en 2020, con un aumento del 3 al 5 % en comparación al 2019 (Anderson, Valderrama y Jory 2020). Al igual como en el mundo, este recurso es de prioridad productiva para Ecuador (Jaime-Cevallos, y otros 2007).

En Ecuador, la acuicultura se destaca como una de las actividades agropecuarias más significativas para la economía nacional (Honores y Avila 2023). En el periodo de enero a mayo del 2020, las exportaciones de *L. vannamei* fueron de 1 663 millones de dólares, representando un crecimiento de alrededor del 12% en comparación con el mismo periodo del 2019. En el último año (2023), se exportaron alrededor de 6 289 millones de dólares netamente de la producción de camarón blanco, la mayoría en sistemas de flujo abierto (Cámara Nacional de Acuacultura 2023).

Los sistemas de flujo abierto pueden estar vinculados con enfermedades (de origen viral, bacteriano, fúngico, entre otros parásitos), relacionadas con la variación de los parámetros físicos y químicos (acumulación de metabolitos de nitrógeno) y la calidad de agua, provocadas por estrés e inmunosupresión. (Tidwell 2012); (Aly y Abouelfadl 2020).

Como parte de la implementación de alternativas acuícolas que mantengan las condiciones de cultivo intensivo (sistemas cerrados), destacamos a los sistemas de recirculación y los sistemas biofloc (Gutierrez-Wing y Malone 2006).

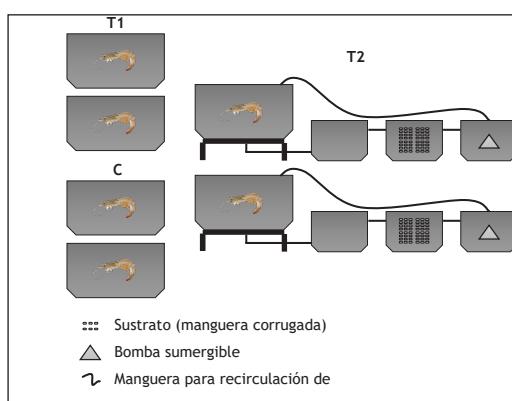


Figura 1. Esquema de los diferentes tratamientos. a) Tratamiento 1 (sistema biofloc). b) Tratamiento 2 (SRA). c) Tratamiento control (sistema de flujo abierto).

Los SRA son tecnologías utilizadas en la cría de peces, crustáceos y moluscos, donde el agua de cultivo se recicla después de ser tratada mediante métodos físicos, químicos y biológicos (Gutierrez y Mesa 2021). Esta tecnología es comúnmente usada en zonas donde el recurso hídrico es limitado, permitiendo reutilizar hasta el 90% del agua total del sistema, minimizando las pérdidas por evaporación y extracción de sedimentos, logrando densidades de cultivo iguales o mayores a 5 kg/m² en camarón blanco (Sánchez, y otros 2023).

Por otro lado, los sistemas biofloc comprenden una combinación de bacterias que estimulan la formación de partículas de diversos tamaños con alta porosidad, lo que les permite flotar en el medio y sedimentarse lentamente, con una densidad microbiana que oscila entre 10 y 1 000 millones de células/cm³ (Gálvez, Julián y Ramos 2022). También permiten la reducción de efluentes como la materia orgánica, amoníaco, nitritos, e inclusive antibióticos, disminuyendo el impacto ambiental. Además mejoran la rentabilidad productiva económica, ya que emplean los flóculos como alimento vivo para los organismos cultivados, disminuyendo los costos de este rubro (Sánchez, y otros 2023).

En este ámbito, ante todo lo anteriormente señalado acerca de la eficiencia productiva y la sostenibilidad del cultivo de camarón blanco, se requiere la experimentación y la validación de nuevas tecnologías como los Sistemas de Recirculación Acuícola (SRA) y los sistemas Biofloc (Sánchez, y otros 2023), es por esto que se plantea en esta investigación comparar el cultivo de postlarvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) entre un sistema de recirculación y un sistema biofloc.

Materiales y métodos

Diseño experimental

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de acuacultura de la Facultad de Ciencias Naturales - Universidad de Guayaquil, situada al norte de la ciudad, con coordenadas geográficas 2°08'49.4"S 79°55'01.1"W.

El diseño experimental, estuvo conformado por: tratamiento 1 (T1): cultivo Biofloc con dos sistemas de 40 litros (L) cada uno y tratamiento 2 (T2): cultivo SRA con dos sistemas volumen total de 100 L cada uno. Este último estuvo conformado por un tanque de cultivo (40 L), un tanque sedimentador (20 L), un filtro biológico (20 L) y un tanque para la bomba sumergible (20 L); además de un grupo control (C) también con dos sistemas de 40 L (Figura 1). Las postlarvas (PL12) fueron suministradas por la compañía TEXCUMAR S.A., ubicada en el km 2.5 vía San Pablo-Monterverde. La densidad de los tratamientos fue establecida en base a un tipo de cultivo intensivo, con un promedio

de 500 org/m²; o su relación de 100 organismos por tanque de cultivo (0.20 m²), distribuidos en los distintos tratamientos de acuerdo con un diseño completamente al azar (DCA). Para este experimento se utilizó agua de mar filtrada y desinfectada a 10 partes por mil (ppt) (Tituaña 2024) (Figura 1).

El experimento se llevó a cabo en un periodo de 90 días. Durante los primeros 30 días se realizó la adecuación de la zona del experimento y el ensamble de los sistemas. Del día 31 al 60 se realizó la maduración de los tratamientos. Y, finalmente, entre los días 61 y 90 se llevó a cabo el cultivo y evaluación de crecimiento de *L. vannamei*.

Maduración de biofloc

Para la maduración del sistema biofloc se empleó como fuente de carbono melaza y polvillo de arroz, y como fuente de nitrógeno se utilizó el pellet pulverizado de alimento para camarón con 40% de proteína y nitrito de sodio (NaNO₂), teniendo en cuenta la relación 10:1 C/N importante para una buena calidad de agua (Arciniega 2022). En el experimento solo se usó melaza de acuerdo con los niveles de amonio y nitritos para mantener la calidad de agua en condiciones óptimas (menores a 1 y 0.5 miligramos por litro [mg/L], respectivamente). Además, se adicionó bacterias comerciales nitrificantes (*Nitrosomonas europaea* y *Nitrobacter vulgaris*) de la marca 'ECUBAC nitrificantes' para acelerar el proceso de maduración del biofloc (Tabla 1).

Maduración de SRA

En la etapa de maduración se realizó la preparación del medio o sustrato (manguera corrugada). Se adicionó cloruro de amonio (NH₄Cl) en concentración de 2 mg/L, ayudando al crecimiento y fijación de las bacterias al sustrato (Moreno y Arámbulo 2020). Se añadió NaNO₂ y pellet pulverizado de alimento para camarón con 40% de proteína para propiciar un ambiente adecuado para el crecimiento bacteriano. Posteriormente, se inoculó 10 gramos (g) de bacterias comerciales nitrificantes de la marca 'ECUBAC nitrificantes' en diferentes dosis. Finalmente, se adicionó bicarbonato de sodio (NaHCO₃) para ajustar los niveles de alcalinidad (Tabla 2).

Cultivo de postlarvas de camarón blanco

Para la siembra se utilizaron 100 postlarvas (PL30)

por sistema de cultivo (500 org/m²) y a una salinidad de 10 ppt. Se determinó el peso de los organismos mediante el método gravimétrico, obteniendo un peso inicial de 0.04 - 0.06 gramos. Se realizó un proceso de aclimatación (5 días), un tratamiento profiláctico (aplicación de 0.1 g/L de oxitetraciclina) y un control de calidad de las postlarvas, para evitar enfermedades y mejorar la supervivencia y crecimiento de los organismos durante el experimento. La siembra se realizó cuando los parámetros físico-químicos como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO₂⁻; mg/L), nitratos (N-NO₃⁻; mg/L), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (°C), oxígeno disuelto (OD), alcalinidad (mg/L), transparencia (cm) y sólidos sedimentables (mL/L) se encontraron dentro de los rangos óptimos para cultivo de camarón blanco.

Análisis y determinación de los parámetros de cultivo

La medición de los parámetros físicos se realizó diariamente. Para la temperatura (C°) y potencial hidrógeno (pH) se utilizó un medidor Thermo Scientific (Expert pH Pocket tester), el oxígeno disuelto (mg/L) fue registrado con un medidor Thermo Scientific (Orion Star A123), la salinidad (ppt) se monitoreó con un refractómetro (Brix ATC). La transparencia se determinó utilizando el disco Secchi (introduciéndolo a los tanques de cultivo y visualizando la distancia a la que el disco deja de ser visible); los sólidos sedimentables se midieron con los conos Imhoff (tomando una muestra de agua de 1 L de cada tratamiento, dejando reposar por 1 hora para cuantificar el volumen de los sólidos sedimentables). Tanto la transparencia como los sólidos sedimentables solo fueron medidos en T1 (Biofloc).

La toma de datos de los compuestos nitrogenados se realizó de forma diaria en el horario de la mañana. Las cantidades de nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO₂⁻; mg/L) y nitratos (N-NO₃⁻; mg/L) fueron medidos por kits de colorimetría marca API.

La concentración de alcalinidad total (CaCO₃; mg/L) se determinó por el método de titulación, tomando 100 mL de agua de los cultivos en un Erlenmeyer y agregando 25 µL de verde-bromocresol y rojo-metilo. Posteriormente, se realizó la titulación agregando 100 µL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.02 N (American Public

Tabla 1. Compuestos añadidos por día para la maduración del Biofloc.

Compuestos añadidos (g)	Días					
	1-3	4-6	7-10	11-13	14-20	22-28
Nitrito de sodio	0.49					
Pellet pulverizado	0.8	0.8	0.8	0.8	0.47	0.47
Melaza	1.68	1.68	1.68	1.68	1	1
Polvillo de arroz	0.14	0.14	0.14			
Bacterias nitrificantes	0.13	0.13	0.33	0.33	0.66	

Tabla 2. Compuestos añadidos por día para la maduración del SRA.

Compuestos añadidos (g)	Días					
	1-3	4-6	7	8-13	14-23	24-30
Nitrito de sodio	0.21	0.21				
Cloruro de amonio	0.2	0.2	0.8	0.8		
Bicarbonato de sodio			4			
Pellet pulverizado					0.6	0.6
Bacterias nitrificantes	0.18	1	1	1	1	1

Health Association, American Water Works Association y Federation 1995).

Alimentación

En los tratamientos, los organismos de *L. vannamei* fueron alimentados con alimento comercial para camarón al 40% de proteína, la cual se suministró 5 veces por día (07:00, 10:00, 13:00, 16:00 y 19:00 horas), a razón del 20% de la biomasa inicial de cultivo (Merchán 2014).

Parámetros de productividad

La toma de los datos se realizó cada 5 días, tomando como referencia el 20% de la población total; se evaluaron las variables de: peso promedio final en gramos (g), tasa de supervivencia (%), ganancia de peso en gramos (g) y tasa específica de crecimiento porcentualmente (%) (Cruz y Gaxiola 2018).

Peso promedio final

El peso promedio final en gramos se calculó tomando el promedio de los pesos finales de cada organismo al término del periodo experimental para cada uno de los tratamientos (Arciniega 2022).

Tasa de supervivencia

Se expresa en forma de porcentaje y se obtiene dividiendo el número final de individuos entre el número de individuos que inicialmente fueron sembrados (Arciniega 2022).

$$\text{Tasa de supervivencia} = \left(\frac{\text{número final de organismos}}{\text{número inicial de organismos}} \right) * 100$$

Ganancia de peso

Se expresa en gramos y se obtiene haciendo la resta del peso promedio final, menos el peso promedio inicial por sistema (Arciniega 2022).

Tasa de crecimiento específico

Se trabaja con los pesos promedio y el número de días que dura el experimento (Arciniega 2022).

$$\text{Ganancia de peso} = \frac{\text{peso promedio final}}{\text{peso promedio inicial por tina}}$$

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos fueron realizados a partir de muestras enviadas al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones marinas (CENAIM), con el objetivo de detectar la presencia/ausencia de bacterias de los géneros *Aeromonas* sp. y *Pseudomonas* sp. Las

muestras fueron recolectadas de cada tratamiento en botellas estériles de 1 L y transportadas al CENAIM donde fueron procesadas utilizando métodos estándar de análisis microbiológico, incluyendo el uso de Glutamate starch phenol red agar (GSP) para el cultivo selectivo y diferencial de las bacterias. Posteriormente, se realizó la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/mL) a diferentes diluciones, hasta llegar a la menor dilución ensayada (límite de detección del método), asegurando la detección de bacterias, incluso en concentraciones muy bajas.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se usó el software STATISTICA 7. Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks. Luego, se realizó la prueba de Levene para verificar si las varianzas entre grupos son homogéneas. Para comparar dos grupos, los datos que no presentaron una distribución normal se analizaron con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. En el caso de comparar tres o más grupos los datos que no presentaron una distribución normal se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis. En el caso de existir diferencias significativas se realizó la prueba de Dunn's post hoc para identificar que grupo era diferente; en todos los casos con un nivel de significancia de 0.05.

Resultados

Parámetros físico-químicos durante la maduración de los sistemas de cultivo

La maduración de los tratamientos abarcó un periodo de 30 días. Los parámetros químicos respecto a los compuestos nitrogenados como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L) y nitritos (N-NO₂⁻; mg/L) y nitratos (N-NO₃⁻; mg/L). n=30

Tabla 3. Valor promedio y error estándar de los parámetros químicos (compuestos nitrogenados) en etapa de maduración: nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO₂⁻; mg/L) y nitratos (N-NO₃⁻; mg/L). n=30

Tratamiento	NAT (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	N-NO ₃ ⁻ (mg/L)
T1	2.89±0.63 ^a	0.06±0.02 ^a	30.93±2.31 ^a
T2	3.25±0.69 ^a	0.08±0.02 ^a	23±2.06 ^b

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos. p<0.05.

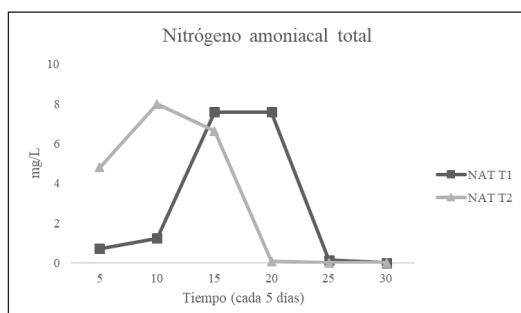


Figura 2. Valores de nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

mg/L) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3; $p>0.05$), por otra parte, nitratos (N-NO_3^- ; mg/L) mostraron diferencias significativas (Tabla 3; $p<0.05$). El NAT alcanzó un máximo de 7.6 mg/L en T1 y 8 mg/L en T2, entre los días 10 y 20 (Figura 2), mientras que N-NO_2^- se mantuvo por debajo de 1 mg/L durante toda la maduración (Figura 3). N-NO_3^- varió significativamente entre tratamientos, con valores de 25.1 y 36 mg/L en T1 y de 14 a 36 mg/L en T2 (Figura 4).

En cuanto a los demás parámetros físicos y químicos, la temperatura y oxígeno disuelto presentaron diferencias significativas. Por otro lado, el pH y la alcalinidad no mostraron diferencias significativas. La presencia de sólidos sedimentables y transparencia al finalizar la maduración estuvieron en valores de 9.17 ± 0.81 mL/L y 11.20 ± 1.32 cm, respectivamente.

Parámetros físico-químicos durante el cultivo de

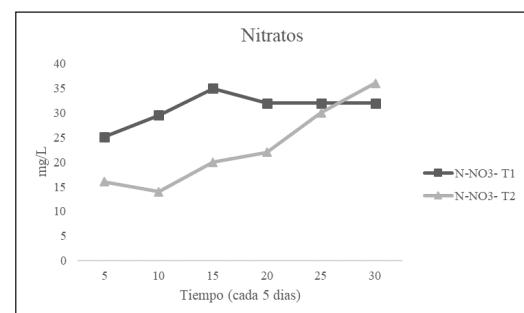


Figura 4. Valores de nitratos (N-NO_3^- ; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

Litopenaeus vannamei

En los parámetros químicos respecto a los compuestos nitrogenados como nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), se evidenció diferencias significativas en C, en comparación con T1 y T2. Los niveles de nitritos (N-NO_2^- ; mg/L) demostraron diferencias significativas en T1 con respecto a T2, así como entre T2 y C. En los nitratos (N-NO_3^- ; mg/L) se registraron diferencias significativas en C con respecto a T1 y T2 (Tabla 4; $p<0.05$).

En cuanto al resto de los parámetros físicos y químicos, los valores de pH de C demostraron diferencias significativas con T1 y T2. Los valores de temperatura mostraron diferencias significativas entre T1 y C. En la alcalinidad todos los tratamientos mostraron diferencias significativas. Por último, en el tratamiento con Biolfoc (T1), la presencia de sólidos sedimentables y transparencia al finalizar la etapa de cultivo estuvieron en valores de 18.46 ± 0.26 mL/L y 1.8 ± 0.15 cm (Tabla 5; $p<0.05$), respectivamente.

Parámetros productivos durante el cultivo de *Litopenaeus vannamei*

La ganancia de peso, el peso promedio final y la supervivencia mostraron diferencias significativas en T1 en comparación con T2 y C ($p>0.05$; Tabla 6). En cuanto a la tasa de crecimiento específica, no existieron diferencias entre los tratamientos y el control. ($p<0.05$; Tabla 6).

El peso promedio semanal de los tratamientos y el control graficados indican que T1 presentó una mejor tendencia de crecimiento respecto a los demás tratamientos, con un promedio final de 0.57 ± 0.05 g (Figura 5).

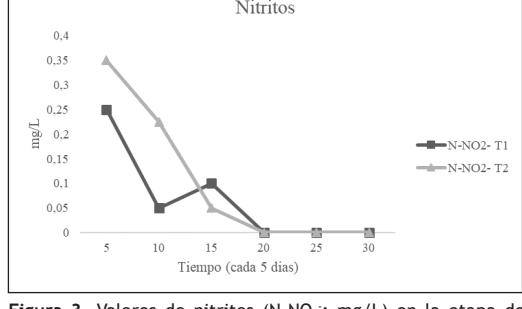


Figura 3. Valores de nitritos (N-NO_2^- ; mg/L) en la etapa de maduración de los tratamientos.

Tabla 4. Valor promedio y error estándar de los parámetros físico - químicos en etapa de cultivo: nitrógeno amoniacal total (NAT; mg/L), nitritos (N-NO_2^- ; mg/L), nitratos (N-NO_3^- ; mg/L), pH y temperatura ($^{\circ}\text{C}$). $n=30$

Tratamiento	NAT (mg/L)	N-NO_2^- (mg/L)	N-NO_3^- (mg/L)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
C	0.28 ± 0.02^b	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^b	7.69 ± 0.02^b	26.17 ± 0.07^b
T1	0.03 ± 0.01^a	0.00 ± 0.00^a	31 ± 1.75^a	7.79 ± 0.01^a	26.46 ± 0.07^a
T2	0.03 ± 0.01^a	0.18 ± 0.02^b	34.17 ± 1.40^a	7.77 ± 0.01^a	26.31 ± 0.09^a

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos mediante la prueba de Dunn's post hoc. $p<0.05$.

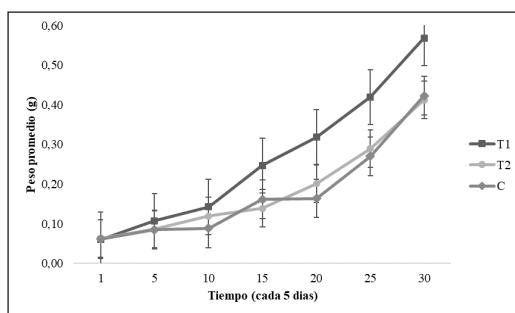


Figura 5. Valores de los pesos promedios y error estándar, para cada uno de los tratamientos (T1 y T2) y el control.

Tabla 5. Valores promedio de Sólidos sedimentables (mL/L) y transparencia (cm) en el tratamiento con Biofloc (T1)

Tratamiento	Sólidos Sedimentables (mL/L)	Transparencia (cm)
T1	18.46±0.26	1.8±0.15

Análisis microbiológico

Se obtuvo la presencia de *Pseudomonas sp.* con valores de 20 UFC /mL en T2 y valores de <10 UFC/mL en T1 y C. Se determinó valores en *Aeromonas sp.* de <10 UFC/mL, en base a la menor dilución ensayada (límite de detección del método), en todos los tratamientos y control.

Discusión

La etapa de maduración del experimento abarcó un periodo de 30 días en el sistema biofloc (T1) y SRA (T2). En el caso del sistema biofloc, investigadores como (Muñoz 2018), alcanzaron la maduración en 35 días empleando melaza como fuente de carbono; mientras que (Nootong et al. 2011), requirieron entre 42 y 49 días para lograrlo, con el uso de almidón de tapioca. En este contexto, se puede evidenciar que la maduración de este experimento se logró, incluso, en menor tiempo que todos los mencionados. Esto puede estar relacionado con el empleo de la melaza, ya que (Collazos-Lasso et al. 2023), indican que la adición de melaza como fuente de carbono en los sistemas biofloc (T1) favorece el crecimiento de bacterias, sobre todo nitrificantes, aumentando la oxidación a nitrato y, por ende, una maduración más rápida.

En el caso de los SRA, (Integral Aquaculture Consulting

2023), indica que el proceso de maduración del biofiltro toma aproximadamente entre 42 y 56 días bajo condiciones normales. Incluso, se han registrado experimentos con 70 días de maduración, como en el caso de (Rejish et al. 2010). Por otro lado, (Pardo y Tufiño 2020), reportan que la maduración del biofiltro abarca un tiempo de 35 días con la adición constante de bacterias nitrificantes comerciales. Sin embargo, se puede destacar que la maduración en este experimento se logró en un menor tiempo comparado con todos los mencionados anteriormente. Esto se puede relacionar a la adición de bacterias nitrificantes comerciales, debido a que, (Colt et al. 2006), indican que estas pueden reducir el tiempo necesario para que el biofiltro alcance la funcionalidad óptima.

Los compuestos físico-químicos en la etapa de maduración como pH, temperatura, oxígeno disuelto y alcalinidad en todos los tratamientos, así como la transparencia y sólidos sedimentables en T1, alcanzaron al final de la etapa experimental los rangos óptimos para cultivos de larvas de camarón blanco, según (Thakur et al. 2018), (Meyer 2004), (Samocha y Prangnell 2019) y (Gurdian y Valverde 2010).

En la etapa de cultivo de *L. vannamei* se obtuvieron diferencias significativas de NAT y N-NO₃⁻ en C en comparación con T1 y T2, y de N-NO₂⁻ en T2 respecto a T1 y C. (Guzmán-Luna et al. 2021), explican que en los cultivos tradicionales (Control), al no contar con grupos microbianos, tienen una tasa de recambio diaria entre 20 y 50% del volumen del tanque debido a la acumulación de NAT y N-NO₂⁻, que deben ser eliminados. Con lo anteriormente mencionado, es posible que los resultados sean reflejo de las tasas de recambio de agua en el control. Los valores de los compuestos nitrogenados, en los tratamientos y el control, se encontraron dentro de los rangos establecidos como aceptables para el cultivo de camarón blanco, según (Escobar et al. 2021).

En la etapa de cultivo de *L. vannamei*, se observó que los parámetros físico-químicos como pH, temperatura y alcalinidad en todos los tratamientos, junto con la transparencia y sólidos sedimentables para T1, se mantuvieron dentro de los límites óptimos establecidos para cultivos de larvas de camarón blanco, según (Carvajal-Toral 2014), (Miranda-Baeza et al. 2020), (Machuca y Rodríguez 2022) y (Hernández 2016).

Tabla 6. Valor promedio y error estándar de los parámetros productivos del experimento; peso promedio final (g), ganancia de peso (g), tasa de crecimiento específica (%) y supervivencia (%). n= 100 por unidad experimental.

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos mediante la prueba de Dunn's post hoc. p<0.05.

Tratamiento	Peso Final (g)	Promedio	Ganancia de Peso (g)	Tasa de Crecimiento Específica (%)	Supervivencia (%)
C	0.42±0.03 ^a	26.14±0.01 ^a	5.57±1.11 ^a	77±0.04 ^a	
T1	0.57±0.05 ^b	33.02±0.02 ^b	6.26±1.51 ^a	92±0.03 ^b	
T2	0.41±0.02 ^a	26.07±0.01 ^a	5.51±0.49 ^a	81±0.04 ^a	

Los parámetros productivos como peso promedio final, ganancia de peso y supervivencia mostraron diferencias significativas en T1 en referencia con T2 y C, a diferencia del TCE donde no hubo diferencias entre los tratamientos. (Cabrera y Lara 2014), compararon el crecimiento de *L. vannamei* aplicando alimento comercial más biofloc (T1) y alimento comercial sin biofloc (T2); obteniendo diferencias significativas en peso promedio (1.0063 g) y sobrevida (93.3%) en T1. Monzón en el 2017 evaluó la ganancia de peso de camarón blanco entre cultivo biofloc y sistemas de cultivo relacionados con el uso de bacterias que convierten NAT en nitrato eficientemente, al final no obtuvo diferencias significativas entre los sistemas, sin embargo obtuvo valores más altos en el biofloc. Para el TCE, (Calvo 2023), obtuvo valores superiores al 8% en cultivo de camarón blanco, siendo estos valores cercanos a los obtenidos en este experimento. En este contexto, los resultados de estos parámetros se pueden atribuir a diversos factores como el aporte nutricional de los flóculos, ya que (Kuhn et al. 2009), determinaron que estos aumentan significativamente el crecimiento de *L. vannamei*. La presencia de los flóculos también se puede asociar con un manejo eficiente de la calidad del agua, que de acuerdo con (Gálvez et al. 2022), estos están formados por materia orgánica y comunidades bacterianas .

El análisis microbiológico reveló la presencia de *Pseudomonas sp.* en T2 con un valor de 20 UFC/mL, y valores de <10 UFC/mL en T1 y C. (Michaud 2007) determinó las comunidades bacterianas en SRA y destacó el género *Pseudomonas sp.* como el más abundante, específicamente *Pseudomonas stutzeri*, lo cual es reforzado por (Bentzon-Tilia et al. 2016), indicando que *Pseudomonas sp.*, es la especie más común en las biopelículas de los biofiltros, aportando en la maduración o procesos de nitrificación. . En los biofloc también se puede encontrar este género, ya que (Monroy-Dosta et al. 2013), identificaron en la cuarta semana de experimento la presencia de *Pseudomonas sp.*; tal cual como lo ratifica (Diggle y Whiteley 2020), quienes argumentan que este género incluye varias especies en este tipo de sistemas. (Paredes et al. 2018), estudiaron las comunidades bacterianas dentro de un ciclo larvario en cultivos tradicionales, identificando la presencia de este género en el agua de cultivo con valores de 10⁴ UFC/mL. Según todo lo argumentado, es posible que los valores de *Pseudomonas sp.* encontrados en este experimento no representen un riesgo significativo, independientemente de si las especies son beneficiosas o patógenas.

En el apartado de *Aeromonas sp.*, se obtuvo valores de <10 UFC/mL en todos los tratamientos. (Sierralta 2019), realizó una caracterización molecular en un biofloc, entre las bacterias halladas se encontraba *Aeromonas caviae*; así como (Monroy-Dosta et al. 2013), al realizar una caracterización microbiana obtuvieron *Aeromonas sp.* en la tercera semana de maduración. (Littler 2007), realizó un estudio en SRA con tres tratamientos (flujo continuo, 80 y

90% de reutilización de agua), en este experimento reportó la presencia de *Aeromonas sp.* en todos los tratamientos. Así mismo, (Álvarez et al. 2000), realizaron un aislamiento y conteo microbiano en un cultivo tradicional de *L. vannamei* y encontraron *Aeromonas sp.* en el medio. En este experimento *Aeromonas sp.* se encontró por debajo de los rangos detectables (<10 UFC/mL), y que de acuerdo a los autores anteriormente descritos, estos valores estarían adecuados en un sistema acuícola para evitar enfermedades a partir de concentraciones altas de este tipo de bacterias..

Conclusiones

Se implementó de manera exitosa tanto el sistema de recirculación como el sistema biofloc en un tiempo de 30 días.

La evaluación de los efectos de los parámetros físico-químicos en los sistemas para el cultivo de *L. vannamei*, se mantuvieron dentro de los rangos adecuados durante todo el periodo de estudio.

En lo que se refiere a los parámetros zootécnicos del cultivo de camarón blanco, se destaca que el mejor tratamiento fue el sistema biofloc (T1).

Recomendaciones

Implementar la metodología descrita en este experimento en mayor tiempo y en otras fases de *Litopenaeus vannamei* para confirmar sus efectos.

Realizar la identificación microbiana presente en los tratamientos con los métodos pertinentes.

Considerar la viabilidad de contar con diferentes entornos para la realización de futuros trabajos, incluyendo instalaciones domésticas adecuadas, en caso de que surjan problemas que afecten directamente el desarrollo del experimento.

Referencias

- Acuña, Ana. 2015. *Evaluación de dos sustratos en la dinámica del biofloc en la Cria de post - larvas de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) en tanques Raceways*. <http://sired.udnar.edu.co/id/eprint/8778>.
- Álvarez, Julia, Brian Austin, Ana Álvarez, y Claudia Agurto. 2000. *Especies de Vibrio y Aeromonas aisladas del intestino de camarones marinos sanos silvestres y cultivados en Venezuela*. http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/VeterinariaTropical/vt2501/texto/jalvarez.htm.
- Aly, Walid, y Khaled Abouefadl. 2020. «Impact of low-level water pollution on some biological aspects of redbelly tilapia (*Coptodon zillii*) in River Nile, Egypt.» *Egyptian Journal of Aquatic Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.001>.
- American Public Health Association, American Water Works Association, y W.E. Federation. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. <https://cmc.marmot.org/Record/b28979734>.
- Anderson, James, Diego Valderrama, y Darryl Jory. 2020. *Revisión de la producción mundial de camarones*. <https://www.globalseafood.org/advocate/goal-2019-revision-de-la-produccion-mundial-de-camarones/>.
- Arciniega , Sagario. 2022. *Evaluación del requerimiento*

- proteico en juveniles de *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en cultivo de biofloc y agua clara. https://tesunam.dgb.unam.mx/F?func=direct¤t_base=TES01&doc_number=000821671.
- Bentzon-Tilia, M., E. Sonnenschein, y L. Gram. 2016. *Monitoring and managing microbes in aquaculture - Towards a sustainable industry*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4993175/>.
- Cabrera, Stanley, y Silvio Lara. 2014. *Comparación del crecimiento de post-larvas de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, sometidas a dos condiciones experimentales: una alimentada con alimento comercial más biofloc y la otra sin biofloc*. <http://riul.unanleon.edu.ac.cr/8080/jspui/handle/123456789/3183>.
- Calvo, Elman. 2023. *Cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*, BONNE 1931) en jaulas flotantes como alternativa productiva para el sector pesquero artesanal del Golfo De Nicoya, Costa Rica*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/25888>.
- Cámara Nacional de Acuacultura. 2023. *Camarón - Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales*. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>.
- Carvajal-Toral, Luis. 2014. *pH en estanques de camarón*. <https://www.balnova.com/ph-en-estanques-de-camaron/>.
- Collazos-Lasso, L.F., M. Ueno-Fukura, Y. Jiménez-Moreno, L. Suárez-Contento, y E. Aya-Baquero. 2023. *Establecimiento de biofloc a tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-29522022000300281.
- Colt, John, Jonathan Lamoureux, Richard Patterson, y Gary Rogers. 2006. *Reporting standards for biofilter performance studies.* *Aquacultural Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.002>.
- Cruz, Sergio, y Martha Gaxiola. 2018. *Determinación del nivel óptimo de inclusión de proteína en postlarvas de *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) cultivados en biofloc y agua clara*. <http://hdl.handle.net/20.500.14330/TE01000771623>.
- Diggle, Stephen, y Marvin Whiteley. 2020. *«Microbe Profile: Pseudomonas aeruginosa: opportunistic pathogen and lab rat.» National Library of Medicine*. doi:[10.1099/mic.0.000860](https://doi.org/10.1099/mic.0.000860).
- Escobar, Dayanna, Carolina Nieto, y Francisca Burgos. 2021. *Efectos de nitrato en *Penaeus Vannamei* cultivados en aguas de baja salinidad*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51441>.
- Gálvez, Linet, María Julián, y Luis Ramos. 2022. *El Biofloc en la acuicultura*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200136.
- Guerrero-Olazarán, Martha, Eddy Cab-Barrera, Luis Galán-Wong, y José Viader-Salvadó. 2019. *Biología de Proteínas Recombinantes para la Aplicación en Acuacultura*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/209>.
- Gurdian, Dervin, y Meyling Valverde. 2010. *Efectos de tres dietas comerciales sobre el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* en la etapa de juveniles en condiciones experimentales*. <http://riul.unanleon.edu.ac.cr/8080/jspui/handle/123456789/3047>.
- Gutierrez, Luz, y Laura Mesa. 2021. *Evaluación de la eficiencia de un sistema de acuaponía por biofiltración en el sistema RAS*. <http://hdl.handle.net/10567/3185>.
- Gutierrez-Wing, María, y Ronald Malone. 2006. *«Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications.» ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.003>.
- Guzmán-Luna, P., P.W. Gerbens-Leenes, y S.D. Vaca-Jiménez. 2021. *«The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in mexico, a comparison of the footprints of fish and meat.» ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.1749-7345.2011.00472.x>.
- Bohorquez, Andrea. 2020. *resconrec.2020.105224*.
- Hernández, José. 2016. *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*. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/505>.
- Honores, Erick, y Lenin Avila. 2023. *Acuicultura multitrófica integrada (imta) aplicada al cultivo de especies de interés acuícola en un sistema híbrido (zwd-raz-symbiotic)*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21930>.
- Integral Aquaculture Consulting. 2023. *Informe técnico de la producción del sistema acuapónico en la zona piloto de Huacho*. <https://hdl.handle.net/20.500.14150/2432>.
- Jaime-Cevallos, Barbarito, Roberto Cerecedo, Humberto Villareal, José Galindo López, y Lourdes Pérez-Jar. 2007. *«Uso de la harina de Spirulina platensis como atractante en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*.» SciELO*. doi:[0188-8897](https://doi.org/0188-8897).
- Kuhn, David, Gregory Boardman, Addison Lawrence, Lori Marsh, y George Flick Jr. 2009. *«Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed.» ScienceDirect* 8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqua.2009.07.025>.
- Machuca, Cristian, y Jorge Rodríguez. 2022. *Crecimiento de chame (*dormitator latifrons r.*) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/d4fdcc77c-602c-4f9e-8612-eac2fd02b56>.
- Merchán, Liliana. 2014. *Dinámica del biofloc en cultivo intensivo de post- larva del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema de raceways, Taura - 2013*. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1872>.
- Meyer, Daniel. 2004. *Introducción a la Acuacultura*. <https://bdigital.zamorano.edu/items/b0337c95-0eac-4c71-ae9c-79aa5d994da3>.
- Michaud, Luigi. 2007. *Microbial communities of recirculating aquaculture facilities: interaction between heterotrophic and autotrophic bacteria and the system itself*. <https://www.unime.it/>.
- Miranda-Baeza, Anselmo, José Huerta-Rábago, y Jesús Lizárraga-Armenta. 2020. *«Cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología de biofloc (BFT).» ResearchGate*. doi:<https://doi.org/10.4236/race.201916958>.
- Monroy-Dosta, María, Ramón Lara-Andrade, Jorge Castro-Mejía, Germán Castro-Mejía, y Mauricio Coelho-Emerenciano. 2013. *«Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia.» Revista de biología marina y oceanografía*. doi:<https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009>.
- Monzón, Andrea. 2017. *Evaluación del crecimiento del camarón blanco, comparando los sistemas de cultivo biofloc y nitrificante en la finca Ixtán, Champerico, Retalhuleu, Guatemala*. <https://catalogosiiidca.csuca.org/Record/USAC.610641>.
- Moreno, Shirley, y Víctor Arámbulo. 2020. *Diseño de un protocolo efectivo para la maduración y manejo de biofiltros para sistemas de recirculación en acuicultura en CENAIM*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/50681>.
- Muñoz, Vladimir. 2018. *Contribución del biofloc inoculado con diferentes probiótico sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING)*. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2057>.
- Nootong, Kasidit, Prasert Pasavant, y Sorawit Powtongsook. 2011. *«Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System.» Journal of the World Aquaculture Society*. doi:[10.1111/j.1749-7345.2011.00472.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00472.x).
- Pardo, Henry, y Karol Tufiño. 2020. *Evaluación de GnRH análoga de salmón en la maduración gonadal de peces*.

- adultos de *Cichlasoma festae* en la Hacienda El Prado.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22057>.
- Paredes, Verónica, Josué Herrera, Bonny Bayot, y M. Sotomayor. 2018. *Comportamiento de las principales comunidades bacterianas durante un ciclo de cultivo larvario de Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/45474?mode=full>.
- Pimentel, Ricardo. 2022. *Acuacultura con tilapia nilótica*. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/887ab77d-bab1-4514-9e3b-424b9a09df34/250443.pdf>.
- Rejish, Kumar V.J., Joseph Valsamma, Philip Rosamma, y Singh Bright. 2010. «Nitrification in brackish water recirculating aquaculture system integrated with activated packed bed bioreactor.» *Water Science & Technology*. doi:10.2166/wst.2010.849.
- Samocha, T., y D. Prangnell. 2019. *Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp*. *Water Quality Management*. Elsevier Science & Technology. doi:10.1016/B978-0-12-818040-2.00007-1.
- Sánchez, María, Valeria Rabell, Priscila Flores, y Genaro Soto. 2023. *Tecnologías para optimizar el agua en la acuicultura*. <https://nthe.mx/detalleArt.php?id=235>.
- Sierralta, Verónica. 2019. *Caracterización molecular de bacterias patógenas causantes de enfermedades en cultivo de tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) en un sistema intensivo en el departamento de Lima*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/ab93dd49-206c-4ac4-ae7d-b7f5de3f3f79>.
- Thakur, Krishna, Thitiwan Patanasatienkul, Emilie Laurin, Raphael Vanderstichel, Flavio Corsin, y Larry Hammell. 2018. «Production characteristics of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in four Vietnam Provinces.» *Aquaculture Research*. doi:10.1111/are.13720.
- Tidwell, James. 2012. *Aquaculture Production Systems*. World Aquaculture Society.
- Timmons, Michael, y James Ebeling. 2007. *Recirculating Aquaculture*. Cayuga Aqua Ventures.
- Tituaña, Jennifer. 2024. *Optimización del proceso de potabilización de agua en la PTAP "Chinchinloma", parroquia de Cusubamba : Optimización del proceso de filtración y de desinfección*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25586>.