

Cultivo de juveniles de chame (*Dormitator latifrons*) en un sistema biofloc.

Cultivation of juvenile chame (*Dormitator latifrons*) in a biofloc system

José Oquendo-Verdesoto¹ & Gabriel Vaca Núñez¹

¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, 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

En la actualidad, uno de los desafíos más importantes en la acuicultura son los costos de producción, siendo el alimento balanceado el factor más determinante de los gastos operacionales. En Ecuador, el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*) constituye una opción acuícola llamativa para diversificar la producción local debido a su bajo costo de cultivo y rol ecológico importante. En este estudio se evaluó el efecto de sistemas biofloc en un cultivo de juveniles de chame determinando parámetros fisicoquímicos y zootécnicos tales como ganancia de peso (GP), longitud promedio (cm), tasa de crecimiento específico (TCE) y tasa de supervivencia. Los resultados mostraron que el sistema biofloc, utilizado como fuente de alimento suplementario, mejoró significativamente el crecimiento de los juveniles de chame (GP: 4.10 ± 0.10 a) en comparación con un cultivo tradicional con recambios de agua diarios.

Palabras clave: Biofloc, chame, ganancia de peso, producción/

Abstract

Currently, one of the most important challenges in aquaculture is production costs, with balanced feed being the most determining factor in operational expenses. In Ecuador, the cultivation of chame (*Dormitator latifrons*) constitutes a striking aquaculture option to diversify local production due to its low cultivation cost and important ecological role. In this study, the effect of biofloc systems on a culture of chame juveniles was evaluated by determining physicochemical and zootechnical parameters such as weight gain (GP), average length (cm), specific growth rate (SGR) and survival rate. The results showed that the biofloc system, used as a supplementary food source, significantly improved the growth of chame juveniles (GP: 4.10 ± 0.10 a) compared to a traditional culture with daily water exchanges.

Key words: Biofloc, chame, production, weight gain.

Introducción

La actividad acuícola mundial atraviesa un gran crecimiento en la producción de peces, moluscos y crustáceos. En el año 2020, se registró la mayor producción histórica con 87.5 millones de toneladas, que equivalen a 265 mil millones de dólares (FAO, 2022).

En Ecuador, la producción acuícola está dominada principalmente por la industria del camarón. A parte de lo mencionado, en el país existen otros cultivos acuícolas, a menor escala, tales como el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*), con fines de comercio local (Flores, 2018). Esta especie representa una alternativa acuícola viable debido a su resistencia a enfermedades, su capacidad para soportar altas densidades de cultivo, su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) y sus bajos costos de producción (Agualsaca, 2015). En el

país, el cultivo de chame se inició en la década de 1980 y, en la actualidad, su consumo se ha extendido a varias zonas de la costa, especialmente en la provincia de Manabí, donde forma parte de la cultura gastronómica local (Ecocosta, 2006).

Su densidad de siembra puede ir de 1 org/m² equivalente a 2,000 peces por hectárea en sistemas extensivos de cultivo, hasta densidades de 5-20 org/m², con una biomasa de 40,000 peces por hectárea (García, 2018).

Su alimentación incluye fitoplancton, zooplancton, gusanos, materia vegetal y animal. El chame alcanza una talla comercial aproximadamente a los doce meses, con un peso de 400 gramos (Haz y Arias, 2002). Sin embargo, Vega-Villasante et al. (2021) afirman que este pez se mantiene en estudio con respecto a sus hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales (Delgado, 2010).

* Correspondencia del autor:

E-mail: jose.oquendov@ug.edu.ec



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.

En los sistemas de cultivo de flujo cerrado tenemos al sistema biofloc. El biofloc está formado por una conglomeración de flóculos integrados por fitoplancton, bacterias y materia orgánica particulada viva y muerta (OPESCA, 2017). Este comprende un 70-80% de materia orgánica incluyendo bacterias que, según su metabolismo, se clasifican como heterótrofas fijadoras de amoníaco y bacterias nitrificantes quimioautótrofas, además de algas, hongos, ciliados, flagelados, rotíferos, nemátodos, metazoarios y detritos orgánicos. Las partículas de "floc" son aglutinadas por material bacteriano rico en enzimas y polisacáridos, y están compuestos entre un 25% a 56% por proteína, 25% a 29% carbono orgánico con altos niveles de aminoácidos (Cuéllar et al., 2010; Hernández et al., 2019). La producción de bioflóculos puede depender de la calidad de los sustratos agregados, su relación C/N, entre otros factores (Avnimelech, 2007).

En la actualidad, uno de los desafíos más grandes que existen en la acuicultura son los costos de producción, siendo el alimento balanceado el factor más determinante, conformando, en ciertos casos hasta un 70% de los costos finales de operación (Llanes et al., 2010). Frente a esta problemática, el biofloc genera proteína microbiana "in situ" a partir de los compuestos nitrogenados, contribuyendo a la nutrición, aumentando la viabilidad del cultivo al reducir el índice de conversión alimenticia y disminuyendo los costos de alimentación (Emerenciano et al., 2013), por esto, en el presente estudio se plantea evaluar el cultivo de juveniles de Chame (*Dormitator latifrons*) implementando un sistema biofloc con melaza y polvillo de arroz como fuentes de carbono y pellet pulverizado como fuente de nitrógeno.

Materiales y métodos

Diseño experimental

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de acuacultura de la Facultad de

Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, con coordenadas geográficas $2^{\circ}08'49.4''S$ $79^{\circ}55'0.1''W$. La investigación tuvo una duración de 12 semanas, donde se construyó y empleó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), con tres unidades experimentales (UE), dos de sistema biofloc y una de control (T1, T2 y C) con 2 repeticiones cada una (Figura 1).

Unidades experimentales

Se utilizaron seis tanques de plástico de forma cónica, de 34 cm de alto, 65 cm de diámetro en la parte superior y 50 cm de diámetro en la base. La capacidad total por tanque es de 75 L cada uno. Las unidades experimentales se adecuaron bajo un techo y fueron cubiertas con una malla sombra negra para evitar la influencia de factores externos que puedan afectar los resultados. La aireación fue proporcionada por dos piedras difusoras conectadas a un compresor de aire (JAD ACQ-009) de 105 W. La tubería utilizada fue un tubo PVC ($\frac{3}{4}$ ") de 1 m de largo, una unión reductora ($\frac{3}{4}$ " - $\frac{1}{2}$ "), tapón ($\frac{1}{2}$ "), segmento de manguera ($\frac{1}{2}$ ") y abrazaderas.

Maduración de biofloc

Para la preparación se siguió la metodología aplicada por Avnimelech (2015), y modificada por Celdrán (2017), adicionando cepas bacterianas de *Nitrosomonas europaea* y *Nitrobacter vulgaris*. La fase de maduración se llevó a cabo en una duración de 26 días, donde inicialmente se llenaron los tanques de cultivo con agua envejecida y se proporcionó aireación constante, luego se agregaron los ingredientes necesarios para la formación del biofloc (Tabla 1).

Organismos

Se obtuvieron 60 juveniles de *D. latifrons* a través de un proveedor en una chamera del cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas, Ecuador, los cuales se cultivaron a razón de 10 ejemplares por 0,20 m², lo que refleja una proyección de densidad de 50 organismos por m².

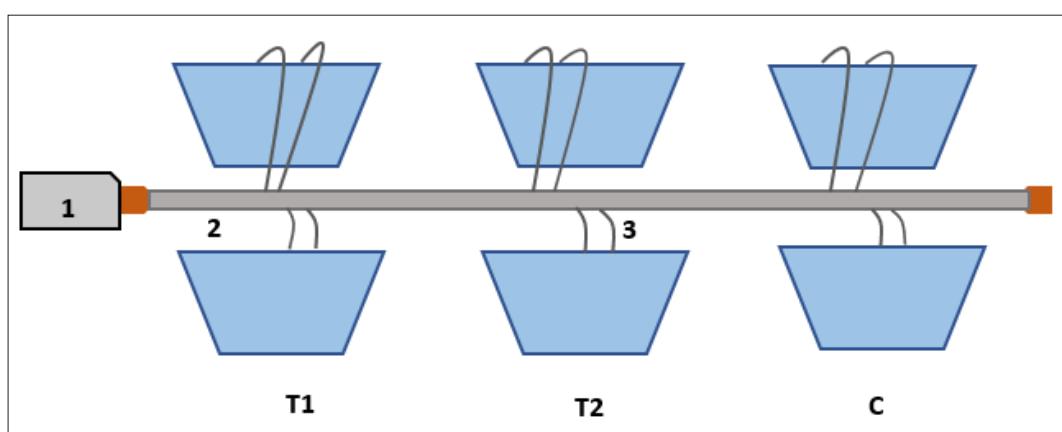


Figura 1. Unidades experimentales. T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento; C: Control; 1: Compresor de aire; 2: Tubería pvc; 3: Mangueras de aireación.

Tabla 1. Concentraciones (ppt) de ingredientes añadidos por día en 30 L de agua para la preparación de biofloc.

Ingredientes	ppt
Nitrito de sodio	24.33
Fosfato triple	1.33
Pellet pulverizado (28% proteína)*	52.55
Melaza	84.00
Polvillo de arroz	4.33
Ecubac (bacterias)	4.33

Durante el período de 5 días de aclimatación, previo a la siembra, se les aplicó un baño profiláctico a los organismos con sal marina en concentraciones de 15 ppt por 10 min (Montenegro & Vallejo, 2015) en el transcurso de los tres días iniciales. La colocación de los organismos en los tanques de cultivo se realizó de forma aleatorizada siguiendo el diseño experimental (DCA).

Determinación de compuestos nitrogenados y parámetros fisicoquímicos

Los compuestos nitrogenados, tales como Nitrógeno Ammoniacal Total (NAT), nitritos (N-NO_2^-) y nitratos (N-NO_3^-) se determinaron por colorimetría por medio del Kit API* FRESHWATER MASTER TEST, una vez por día.

Para monitorear el pH y la temperatura se utilizó un potenciómetro Thermo Scientific® (Expert pH Pocket tester), con respecto al oxígeno, este fue medido con un multiparámetro Thermo Scientific® (Orion Star 123), mientras que la turbidez fue estimada mediante la utilización de un disco Secchi.

Para la determinación de Alcalinidad (mg/L CaCO_3) se utilizó el método de titulación, donde se tomó una muestra de 100 mL de agua de cultivo en un matraz Erlenmeyer, a la cual se agregaron 25 μL de los indicadores verde-bromocrezol y rojo-metilo.

Posterior a aquello, se tituló con alícuotas de 100 μL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) con una normalidad de 0.02 N. La alcalinidad fue obtenida por medio de la siguiente ecuación (American Public Health Association et al., 1995):

$$\text{ALK} = \left(\frac{A \times N \times 50000}{C} \right)$$

Donde:

ALK= Alcalinidad (mg/L de carbonato de calcio $[\text{CaCO}_3]$)

A= mL de ácido empleado en la muestra

N= Normalidad del ácido utilizado

C= mL de muestra

Los sólidos sedimentables se midieron mediante un cono Imhoff, sumergiéndolo y tomando 1 L de muestra de agua, para posteriormente dejar reposar el cono

durante 30 min y observar los sólidos sedimentados (mL/L) (APHA, 1998).

Parámetros zootécnicos

Ganancia de peso (g)

Valor expresado en gramos (g) producto de la resta entre el peso promedio final y el peso promedio inicial de los organismos experimentales (Aldana y Palacios, 2021).

$$\text{pg} = \text{pf} - \text{pi}$$

Longitud promedio (cm)

Medición de las longitudes individuales de cada pez hasta completar el total de peces y obtención del promedio de la longitud (Encisco, 2019).

Tasa de supervivencia

Este indicador describe la resistencia de los organismos al manejo y confinamiento, expresado como porcentaje (Weatherley & Gill, 1987).

$$\text{SUP} = \left(\frac{\text{Nt}}{\text{Ni}} \right) * 100$$

Tasa de crecimiento específico

Esta detalla el valor porcentual de crecimiento por día del organismo, se determinó por medio de la fórmula (Arce & Luna, 2003):

$$\text{TCE} = \left(\frac{\ln(\text{Wf}) - \ln(\text{Wi})}{t} \right) * 100$$

Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico para detectar la presencia de bacterias de los géneros *Aeromonas* y *Pseudomonas* en muestras de agua (1 L) correspondientes a cada tratamiento durante la fase de cultivo. Para ello, se efectuó una siembra en medio Glutamate Starch Phenol Red Agar (GSP), según el protocolo descrito por (Ruiz, 2007) (Monroy et al., 2013), con el fin de cuantificar las unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) y determinar la presencia o ausencia de estos géneros bacterianos, comunes en ambientes acuáticos controlados.

Análisis de datos

Se utilizó el programa estadístico STATISTICS 7. Los valores recopilados se sometieron a una prueba de normalidad Shapiro - Wilk. Posteriormente se determinó si presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$ Kruskal Wallis/Mann Whitney) según corresponda.

Resultados

La investigación se dividió en dos períodos: maduración de biofloc y cultivo de chame, por lo tanto, los resultados obtenidos de la medición de las variables en dichos períodos se presentan en dos partes; posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de la comparación de los tratamientos en cuanto a parámetros zootécnicos.

Tabla 2. Valores promedio y error estándar de compuestos nitrogenados. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Mann-Whitney $p \leq 0.05$).

Tratamiento	N A T (mg/L)	N - NO ₂ (mg/L)	N - NO ₃ (mg/L)
T1	1,50±0,21 _a	0,08±0,02 _a	7,69±0,57 _a
T2	0,86±0,16 _b	0,07±0,02 _a	7,79±0,62 _a

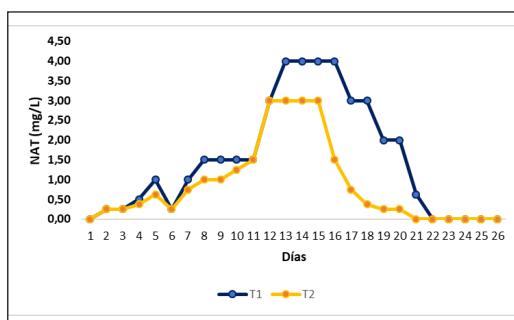


Figura 2. Valores de nitrógeno amoniacal total (NAT mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

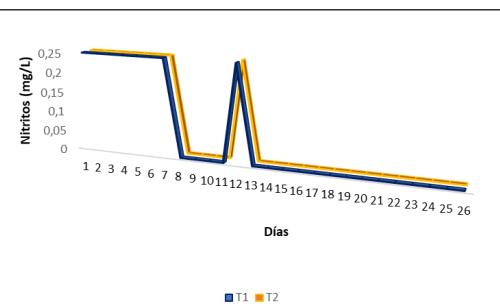


Figura 3. Valores de nitritos (mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

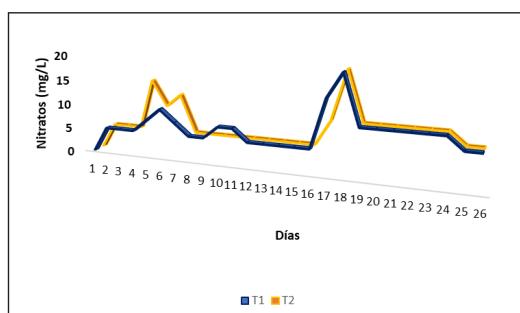


Figura 4. Valores de nitratos (mg/L) durante los días de maduración del biofloc.

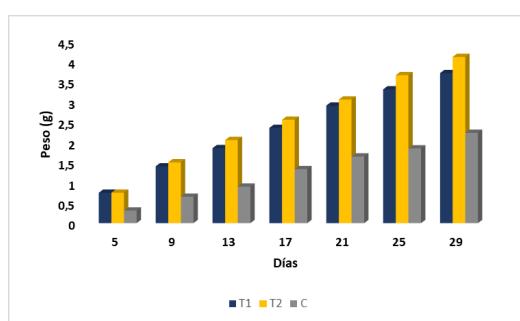


Figura 5. Ganancia de peso de chame cada cuatro días, con dos tratamientos con tecnología biofloc y un control. T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento; C: Control.

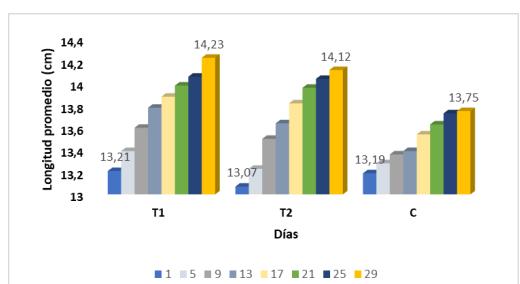


Figura 6. Longitud promedio de chame cada cuatro días, en dos tratamientos con tecnología biofloc (T1 y T2) y un control (C).

Tabla 3. Valores promedio y error estándar de los parámetros fisicoquímicos. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Mann-Whitney $p \leq 0.05$).

Tratamiento	pH	Alcalinidad (mg/L)	Temperatura (°C)	S ó l i d o s sedimentables (ml/L)	OD (mg/L)
T1	8,44±0,07 _a	129,37±5,43 _a	27,88±0,19 _a	12,15±0,83 _a	6,54±0,05 _a
T2	8,61±0,09 _b	138,88±6,08 _a	28,09±0,17 _a	13,79±0,81 _a	6,63±0,06 _a

Tabla 4. Valores promedio y error estándar de compuestos nitrogenados en fase de cultivo. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis $p \leq 0.05$).

Tratamiento	NAT (mg/L)	N - N O ₂ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)
T1	0,08±0,02 _a	0,01±0,01 _a	9,75±0,14 _a
T2	0,05±0,01 _a	0,00±0,00 _a	9,75±0,14 _a
C	0,24±0,02 _b	0,25±0,01 _b	0,00±0,00 _b

Tabla 6. Parámetros zootécnicos de crecimiento de chame en dos tratamientos con tecnología biofloc (T1: Biofloc; T2: Biofloc y alimento) y un control (C: Alimento). TCE= Tasa de crecimiento específico. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis $p \leq 0.05$).

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Longitud promedio (cm)	Tasa de supervivencia (%)	TCE (%)
T1	3,70±0,19 _a	14,23±0,17 _a	100,00±0,00 _a	0,42±0,0 _a
T2	4,10±0,10 _a	14,12±0,11 _a	100,00±0,00 _a	0,47±0,0 _a
C	2,23±0,22 _b	13,75±0,05 _b	75,00±0,71 _b	0,28±0,0 _b

Tabla 5. Valores promedio y error estándar de los parámetros fisicoquímicos en fase de cultivo. Promedios para cada tratamiento en cada columna. Promedios con letras iguales no son distintos estadísticamente (Kruskal Wallis $p \leq 0.05$).

Tratamiento	pH	Alcalinidad (mg/L)	Temperatura (°C)	SS (mL/L)
T1	7,66±0,02 _a	140,94±3,66 _a	27,17±0,11 _a	20,44±0,39
T2	7,70±0,02 _a	173,13±3,82 _a	27,12±0,11 _a	26,94±1,05
C	7,57±0,01 _a	69,06±1,14 _b	27,32±0,07 _a	00,00±0,00

Tabla 7. UFC/mL de Aeromonas y Pseudomonas. Valores <10 UFC/mL representan la ausencia de crecimiento de colonias de bacterias con la menor dilución aplicada.

Muestra	Cuantificación de microorganismos	
	Aeromonas	Pseudomonas
T1	<10	4,00E+02
T2	<10	6,40E+05
C	<10	1,00E+01

Fase de maduración del biofloc

Compuestos nitrogenados

Los valores de NAT (mg/L) fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) (Tabla 2) (Figura 2), siendo T1 el que obtuvo valores más elevados. Por otro lado, los resultados de Nitrito (N-NO₂) (Figura 3) y Nitrato (N-NO₃) (Figura 4) fueron similares, y no presentaron diferencias entre tratamientos ($p \geq 0.05$).

Parámetros fisicoquímicos

No existieron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre tratamientos a excepción del pH, que difirió entre ($p \leq 0.05$) T1 y T2 (Tabla 3).

Fase de cultivo de *Dormitator latifrons*

Compuestos nitrogenados

Para los compuestos nitrogenados (NAT, N-NO₂ y N-NO₃)

) se determinaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el tratamiento control, frente a T1 y T2 (Tabla 4).

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, excepto en los valores de alcalinidad, donde el tratamiento control muestra diferencias significativas respecto a T1 y T2. (Tabla 5).

Parámetros zootécnicos

En la Tabla 6 se muestran los resultados en donde se observaron diferencias significativas en ganancia de peso (g), longitud promedio (cm), tasa de supervivencia (%) y TCE para el control, con respecto a T1 y T2. El T2 (biofloc y alimento) obtuvo los mejores parámetros zootécnicos con una ganancia de peso de 4,10±0,14a g (Tabla 6), un TCE de 0,47±0,03 %/día y CA de 1,77±0,14.

La ganancia de peso de los organismos del control presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) frente a la ganancia de T1 y T2 (Figura 5).

La longitud promedio de los organismos del control difirió significativamente ($p \leq 0.05$) a la longitud promedio de T1 y T2 (Figura 6).

Ánalisis microbiológico

Los valores obtenidos indican una carga bacteriana por debajo del índice detectable (<10 UFC/mL) para el género Aeromonas, por otro lado, se evidencia crecimiento de colonias de Pseudomonas en los tres

tratamientos, siendo T2 ($6,40E+05$) el valor más elevado (Tabla 7).

Discusión

En un estudio sobre la eficiencia de sistemas biofloc inoculados con probióticos comerciales en especies acuáticas, Hernández et al., (2019) establecieron que el proceso de maduración tomó un promedio de 25 a 60 días, siempre con aireación permanente, de forma controlada, por otro lado, Coelho et al., (2017) asegura que la maduración del biofloc dura entre 30 y 50 días. En este estudio se obtuvieron resultados similares, donde el proceso de maduración se estableció en un lapso de 26 días, pudiendo asumir que el tiempo de maduración fue beneficiado por la inoculación de *Nitrosomonas spp.* que transforma el amonio a nitrito y *Nitrobacter spp.* que convierte el nitrito a nitrato (Pérez, 2001).

En general, se establecieron rangos óptimos respecto a los valores de compuestos nitrogenados y parámetros fisicoquímicos analizados durante la fase de maduración de este estudio, según las recomendaciones de diversos autores para sistemas biofloc en especies acuáticas (Avnimelech & Kochba, 2019; Hargreaves, 2013; Azim et al., 2018; Collazos et al., 2022). Por lo tanto, se procedió al inicio de la fase de cultivo.

Para los valores de compuestos nitrogenados obtenidos en la fase de cultivo de este estudio, se registraron, valores de NAT, (mg/mL) similares para T1 ($0,08\pm0,02a$) y T2 ($0,05\pm0,01a$), mientras que el control presentó valores ligeramente elevados en nitritos ($0,25\pm0,01b$), que según Agualsaca (2014) no deben superar los 0.2 mg/L. Los valores de Nitratos fueron bajos (0 - 10 mg/L) aun así, los compuestos nitrogenados se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de chame (Loor, G & Mendoza, R., 2018). Existieron diferencias significativas entre tratamientos con respecto al control ($p\le0.05$), pero esto se pudo dar debido a que el control fue un sistema tradicional con recambios de agua diarios, acumulando compuestos nitrogenados entre tiempo de recambio (Mejía, 2014).

Para los parámetros fisicoquímicos de la fase de cultivo, los valores de pH en T1 ($7,66\pm0,02a$) T2 ($7,70\pm0,02a$) y C ($7,57\pm0,01a$) estuvieron en el rango requerido de acuerdo a Navas (2008), quién propone que el cultivo de pez chame necesita un pH entre 6,4 - 9,4 (Avnimelech et al., 2009). Neiva (2017), sostiene que, en un cultivo de peces, el rango óptimo de alcalinidad es de 50 - 150 mg/L, que incluye a los valores obtenidos en esta investigación, lo que nos permite afirmar que todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango ideal, sin embargo, T1 y T2 presentaron diferencias significativas con respecto al control. Esto presumatamente debido a la adición de fuentes de Carbono en T1 y T2 cuando la concentración de NAT fue igual o superior a 1 mg/L, por la misma relación de carbono/nitrógeno (C/N). (Franco, 2021).

Para la temperatura, Ecocostas (2006) afirma que el chame crece de forma óptima en temperaturas de 25 y 32 °C, con un clima cálido, similar a lo registrado en este estudio (T1:27,17 \pm 0,11a; T2:27,12 \pm 0,11a; C:27,32 \pm 0,07a), por lo que se asume que los valores obtenidos en este estudio fueron óptimos.

Hargreaves (2013) recomienda que los valores de sólidos en suspensión para biofloc en cultivo de peces deben oscilar entre 20 - 50 mL/L, valores que se obtuvieron en el presente estudio para T1 ($20,44\pm0,39a$) y T2 ($26,94\pm1,05a$), sin presentar diferencias significativas, pero evidenciándose un incremento para T2 ($6,50 \pm 1,12a$), tratamiento suministrado con alimento balanceado y flóculos, (McGraw, 2016).

En lo que se refiere a los parámetros productivos, (Machuca 2018) en un cultivo de chame en sistema biofloc, obtuvo valores de TCE de ($1,45 \pm 0,03$ %/día), CA de ($1,28 \pm 0,02$) y una ganancia de peso de ($139,31 \pm 2,24$ g)..., con una densidad de cultivo de 60 peces/m². Resultados que coinciden con los de este estudio, en donde el mejor tratamiento fue T2 con un TCE de $0,47\pm0,03$ %/día, una ganancia de peso de $4,10\pm0,14^a$, ($p\le0.05$), respecto al control. Demostrando así, que las mejores condiciones podrían deberse al aporte alimenticio natural que proporciona el biofloc. Además, Xu et al., (2012) mencionan que el biofloc, es una fuente de alimento suplementario *in situ* que mejora y contribuye en forma positiva al crecimiento en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Respecto a la supervivencia, Álava & Dávalos (2021) encontraron valores mayores en las unidades experimentales de biofloc tratadas con microorganismos de montaña. Coinciendo, en este estudio, con una supervivencia de 100% en T1 y T2, frente al control, con un porcentaje de supervivencia menor ($75\pm0,71$), presentando diferencias significativas ($p<0.05$), donde se puede asumir que la presencia de nitritos incidió en la mortalidad de los organismos, esto con base en Balbuena (2011), quien manifestó que la toxicidad del nitrito es mayor en los alevines y los juveniles de peces, donde concentraciones superiores a 0.2 mg/L ponen en riesgo a la mayoría de especies (Balbuena, 2011).

Finalmente, en un estudio sobre la composición y abundancia de comunidades de microorganismos vinculados al biofloc en cultivos acuáticos, Monroy et al., (2013) manifestaron que, entre los principales géneros adheridos a los flóculos, se encuentran bacterias como *Aeromonas sp.*, que son organismos comunes de medios acuáticos y en presencia de materia orgánica, pudiendo llegar a causar enfermedades. Con respecto a esta investigación, en el análisis microbiológico no se hallaron concentraciones detectables (<10 UFC/mL/L) de *Aeromonas sp.*, a diferencia de *Pseudomonas sp.*, donde el incremento de microorganismos heterótrofos de este género posiblemente impidió la proliferación de otras comunidades bacterianas

como *Aeromonas sp.* (Monroy et al., 2013). También Trivedi (1997), afirmó que *Pseudomonas sp.* participa en la reducción inmediata de los niveles de amoníaco-nitrógeno y son capaces de aprovechar el nitrito y nitrato para su proceso fisiológico (desnitrificación). Cabe recalcar que a pesar de que en este estudio se reportó la presencia de *Pseudomonas sp.* en todos los tratamientos, se podría asumir que estas bacterias no fueron responsables de la reducción de los compuestos nitrogenados debido a la cantidad de UFC/mL reportado en cada tratamiento.

Conclusiones

La determinación del tiempo de maduración de los sistemas biofloc se llevó a cabo en un lapso de 26 días.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos concluyó en que estos se mantuvieron dentro de los rangos normales para todos los tratamientos.

El tratamiento 2 (biofloc y alimento) se destacó en función de presentar los organismos con mayor ganancia de peso (g).

Recomendaciones

Establecer un tiempo de maduración de biofloc aún menor al descrito en este trabajo, aplicando dosis diarias más elevadas de bacterias nitrificantes para agilizar el proceso metodológico.

Cultivar el pez chame durante períodos más largos de tiempo para evaluar la eficiencia del cultivo biofloc con el fin de alcanzar el tamaño comercial.

Planificar responsablemente la instalación de un sistema biofloc en relación al suministro de energía eléctrica del sitio donde se planea cultivar.

Referencias

- Agualsaca, Jonathan. 2015. "Adaptación de chame (*Dormitator latifrons* R.) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación." Artículo científico, IASA II, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Álava, María, y Sebastián Dávalos. 2021. "Uso de microorganismos de montaña en un sistema biofloc para tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).". Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/21c6274a-bd9d-49d2-8780-bc3f68d585cb/content>.
- Aldana, Valeria, y Patricia Palacios. 2021. "Rendimiento del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en etapa de engorde con alimentos de dos gamas diferentes." Tesis de pregrado, Universidad de Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/15258924-92c3-48a5-b696-9c5def35d7ae>.
- Alzate, Héctor. 2017. "Efecto de la fuente proteica del alimento sobre la calidad de la carne de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* en un sistema de tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Environment Federation. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19.^a ed. Washington, DC: American Public Health Association. <https://cmc.marmot.org/Record/.b28979734>.
- American Public Health Association. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20.^a ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Arce, Ulises, y Fernando Luna. 2003. "Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: *Ictaluridae*) en condiciones de cautiverio." AquaTIC, no. 18: 39-47.
- Arciniega, Sofía. 2022. "Evaluación de requerimiento proteico en juveniles de *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en cultivo de biofloc y agua clara." Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Avnimelech, Yoram. 2006. "Bio-filters: The Need for a New Comprehensive Approach." Aquacultural Engineering 34 (3): 172-178.
- Avnimelech, Yoram. 2007. "Feeding with Microbial Flocs by Tilapia in Minimal Discharge Bio-flocs Technology Ponds." Aquaculture 264: 140-147.
- Avnimelech, Yoram, y M. Kochba. 2009. "Evaluation of Nitrogen Uptake and Excretion by Tilapia in Biofloc Tanks, Using N-15 Tracing." Aquaculture 287 (1): 163-168.
- Avnimelech, Yoram. 2011. "Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics." Global Aquaculture Advocate, marzo/abril, 66-68.
- Avnimelech, Yoram. 2012. "Nitrogen Isotope: Tool to Evaluate Protein Uptake in Biofloc Systems." Global Aquaculture Alliance. Global Aquaculture Advocate, marzo/abril, 74-75.
- Azim, M., y D. Little. 2008. "The Biofloc Technology (BFT) in Indoor Tanks: Water Quality, Biofloc Composition, and Growth and Welfare of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).". Aquaculture 283 (1): 29-35.
- Badillo, David, et al. 2018. "Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844)." Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 5 (14): 345-351. <https://doi.org/10.19136/era.a5nl4.1554>.
- Balbuena, Eduardo. 2011. Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Asunción: Editorial XYZ.
- Becerril, Daniel, et al. 2018. "Effect on Nutritional Composition of Produced Bioflocs with Different Carbon Sources (Molasses, Coffee Waste and Rice Bran) in Biofloc System." International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 6 (2): 541-547.
- Clifford, Carlos. 1994. "El manejo de estanques camarones (Un caso de estudio sobre el manejo de estanques de camarón)." En Memoria del Seminario Internacional de Camaronicultura en México Camarón, editado por J. Zendejas-Hernández, 1-39. Sinaloa, México: Ralston Purina

- Internacional.
- Coelho, María, et al. 2017. "Water Quality: Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture." En Water Quality, editado por H. Tutu, 1.^a ed. Sudáfrica: Intechopen.
- Collazos-Lasso, Luis, et al. 2022. "Establecimiento de biofloc a tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton." Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 69 (3): 281-298. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n3.99968>.
- Contreras, Diego, y Andrea Naranjo. 2020. "Adaptación de la tilapia híbrida *Oreochromis* sp. en un sistema biofloc, con la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas, en el subtrópico ecuatoriano, parroquia Nanegal." Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22045/1/TIASAI-005579.pdf>.
- Cotera, Natalia. 2022. "Análisis de la producción del chame en el sector de Pianguapí y su interacción con el sistema de manglar." Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8729e4fb-0ea5-45bc-a325-c0820d8b760f/content>.
- Crab, R., et al. 2010. "The Effect of Different Carbon Sources on the Nutritional Value of Bioflocs, a Feed for *Macrobrachium rosenbergii* Post-larvae." Aquaculture Research 41 (4): 559-567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02353.x>.
- Cruz, Ana. 2018. "Utilización de enzimas lipasas en la extracción de proteínas del polvillo de arroz." Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/84860b22-7dbc-4fe2-b7fa-e9b4950100fc/d-88004.pdf>.
- Cuellar, Juan, et al. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón blanco *Penaeus vannamei*. San Salvador: OIRSA-OSPESCA.
- Delgado Morán, Gabriel. 2010. "Capacitación comunitaria sobre el cultivo intensivo del Chame *Dormitator latifrons*, Richardson 1844; en el sitio Cañas de Cantón Junín - Provincia de Manabí." Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Ecocosta. 2006. El cultivo de chame en el estuario del río Cojimíes. Proyecto Sustainable Coastal Communities and Ecosystems (SUCCESS).
- Ekasari, Julie, et al. 2012. "Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities." HAYATI Journal of Biosciences 19 (2): 73-80.
- El Sayed, Abdel-Fattah. 2006. Tilapia Culture. Wallingford: CABI. https://www.researchgate.net/profile/Abdel-El-Sayed/publication/287293649_Tilapia_Culture/links/5692200208aee91f69a606af/Tilapia-Culture.pdf.
- Emerenciano, Mauricio, et al. 2013. "Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry." En Biomass Now - Cultivation and Utilization, 302-328.
- Enciso, Angelo. 2019. "Rendimiento económico del cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en la zona del Huallaga central, región San Martín." Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4013/ENCISO%20AYALA%20ANGELO%20JOSE%20-%20TITULO%20PROFESIONAL%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Espinoza, José. 2021. "Evaluación de dos tipos de sustratos en un sistema de biofloc en la cría de postlarva de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)." Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6733b99e-2aa6-4bd0-a1f4-7498ec8bf24b/content>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1999. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Operaciones pesqueras. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5de42882-6790-4f92-8e13-1268f5459500/content>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.
- Flores, Karen. 2019. "Principales especies que se cultivan en Ecuador." Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala. <https://es.scribd.com/document/440906330/Principales-especies-que-se-cultivan-en-Ecuador>.
- Franco, Álvaro. 2021. "Cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad de A Coruña. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/30866/FrancoPerez_Alvaro_TFM_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Freire, Carlos. 2013. "Experiencias en el manejo del Chame (*Dormitator latifrons*) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador." Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola 7 (7): 1-13.
- Gálvez-Cantero, Luis, et al. 2022. "El biofloc en la acuicultura." Centro Azúcar 49 (2): 136-146. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200136&lng=es&tlang=es.
- García, Gloria. 2018. "Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la tilapia roja." Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Neiva, Colombia.
- Hanif, Muhammad, et al. 2016. "Organic Carbon Source and C/N Ratio Affect Inorganic Nitrogen Profile in the Biofloc-Based Culture Media of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)."^a *ILMU KELAUTAN* 21 (1): 23-28. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.21.1.23-28>.
- Hargreaves, John. 2005. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC).
- Haz, Germán, y Jorge Arias. 2002. Nutrición de peces comerciales en estanques. Ciudad de México: Limusa.
- Hernández, Laura, et al. 2019. "Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola." Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 14 (1): 70-99. <https://www.redalyc.org/journal/3214/321461742007/html/#B34>.

- Hirono, Yutaka. 1983. "Preliminary Report on Shrimp Culture Activities in Ecuador." *Journal of the World Mariculture Society* 14: 451-457.
- Ibarra, Eduardo, et al. 2019. "Caracterización nutricional del biofloc desarrollado con agua del Pacífico ecuatoriano para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*." Cuban Journal of Agricultural Science 53 (4): 395-402. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000400395&lng=es&tlang=es.
- Khanjani, Mohammad. 2020. "Biofloc System Applied to Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Farming Using Different Carbon Sources: Growth Performance, Carcass Analysis, Digestive and Hepatic Enzyme Activity." Iranian Journal of Fisheries Sciences. <http://jifro.ir/article-1-4467-fa.pdf>.
- Kuebutornye, Francis, et al. 2019. "A Review on the Application of Bacillus as Probiotics in Aquaculture." Fish & Shellfish Immunology 87: 820-828. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.010>.
- Llanes, José, et al. 2010. "Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. nilotus*). " Zootecnia Tropical 28 (4): 499-505.
- Lara, Claudia. 2012. "Evaluación de un sistema cerrado para el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*." Tesis de maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. https://ciad.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/253/1/Lara%20Espinosa%20Claudia_2012_MC.pdf.
- Leite, Pedro, et al. 2017. "Sistema Bioflocos." En Anais da X Mostra Científica Famez, 308-313. Campo Grande: UFMS. <https://famez.ufms.br/files/2015/09/SISTEMA-BIOFLOCOS.pdf>.
- Loor, Gabriela, y Roberto Mendoza. 2018. "Sistema acuapónico a escala piloto con chame (*Dormitator latifrons*) y lechuga (*Lactuca sativa*) para producción de alimentos, comunidad Casas Viejas, cantón Bolívar." Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/896/1/TMA180.pdf>.
- Machuca, Carlos. 2018. "Crecimiento de chame (*Dormitator latifrons* R.) bajo tres densidades de siembra, con tecnología biofloc." Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4f652de0-9e1f-4262-ae0f-47897a46d20f/content>.
- Mejía, Carlos. 2014. "Dinámica del nitrógeno en bioreactores de un sistema de producción de alevinos machos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tecnología biofloc." Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1917/M12.M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Monroy, Claudia, et al. 2013. "Microbiology Community Composition and Abundance Associated to Biofloc in Tilapia Aquaculture." Biología Marina y Oceanografía 48 (3): 511-520.
- Montenegro, Carlos, y Andrea Vallejo. 2015. Estudio del potencial acuícola del chame (*Dormitator latifrons*), en la vereda El Olivo, municipio de Arboleda Berruecos, departamento de Nariño, Colombia. Bogotá: Fundación Juanambú.
- Muñoz, Vladimir. 2018. "Contribución del biofloc inoculado con diferentes probióticos sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING)." Tesis de maestría, CICESE. https://cicese.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2057/1/tesis_Mu%C3%B3oz_Kuehme_Vladimir_Nicolas_16_feb_2018.pdf.
- Ortega, Juan. 2016. "Análisis del comercio internacional del chame (*Dormitator latifrons*, Richardson, 1844) y su impacto sobre sus poblaciones silvestres en el Ecuador: Propuesta de inclusión en CITES." Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.
- Ortiz, Carlos, y Germán Díaz. 2003. "Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del Pacífico de México." Anales del Instituto de Biología de la UNAM 74 (1): 147-160.
- Ortiz, José. 2015. Acuacultura: Producción dulceacuícola en el Ecuador I. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10164/3/Acuacultura.pdf>.
- Ortiz, José. 2020. "Adaptación de la tilapia híbrida *Oreochromis* sp en un sistema biofloc, con la inclusión de nucréótidos en dietas balanceadas, en el subtrópico ecuatoriano, parroquia Nanegal." Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22045/1/T-IASAI-005579.pdf>.
- OSPESCA. 2017. Tendencias de la acuicultura de las que ya se hablan y se seguirán hablando en 2018. San Salvador: OSPESCA. <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=110725&IDCat=3&IdEnt=47>.
- Pérez, Juan. 2001. "Aplicación de *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* en forma de biopelícula para la nitrificación biológica en reactores de lecho fijo." Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/5294>.
- Piñeros, Andrés, y Yolanda Quintana. 2020. "Perspectivas del cultivo de chame en Iberoamérica, con especial referencia a Ecuador." En IX Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura, 85-92. https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Rodolfo-Rebolledo-Monsalve/publication/344755145_Concesiones_de_manejo_pesquero_artesanal_una_vision_desde_la_provincia_de_Esmeraldas_Ecuador_IX_Foro_Iberoamericano_de_los_Recursos_Marinos_y_Acuicultura/links/5f8e2cd2299bf1b53e346f0e/Concesiones-de-manejo-pesquero-artesanal-una-vision-desde-la-provincia-de-Esmeraldas-Ecuador-IX-Foro-Iberoamericano-de-los-Recursos-Marinos-y-Acuicultura.pdf#page=101.
- Rode, Richard. 2014. Marine Shrimp Biofloc Systems: Basic Management Practices. West Lafayette: Purdue Extension.
- Ruiz, Luis. 2007. *Pseudomonas aeruginosa*: Aportación al conocimiento de su estructura y al de los mecanismos que contribuyen a su resistencia a los antimicrobianos. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2521/LRM_TESIS.pdf.
- Sánchez, Antonio, et al. 2020. Pesca y Acuicultura en Ecuador. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/08/Pesca-y-acuicultura-en-Ecuador-1.pdf>.

Trivedi, Harshad. 1997. "Reducción de Amoniaco a través de Bioaumentación." Protección Ambiental. <https://www.labamerex.com/images/1997-Proteccion-ambiental-Trivedi-MSChE.pdf>.

Vaca, Gabriela. 2016. "Elaboración y determinación de la eficiencia de dos filtros biológicos evaluados en un cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de recirculación acuícola." Tesis de maestría, CICESE. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/92>.

Velázquez, Luis. 2022. "Factores asociados a la mortalidad atípica de tilapia (*Oreochromis spp.*) en la presa Netzahualcóyotl (Malpaso), Chiapas." Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chiapas. <http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3576/1/PS1888%20LUIS%20ALFONSO%20VEL%C3%81ZQUEZ%20VALENCIA%20%20LUIS%20ALFONSO%20VELAZQUEZ%20VALENCIA.pdf>.

Vega-Villasante, Fernando, et al. 2021. "Biology and Use of the Pacific Fat Sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): State of the Art Review." Latin American Journal of Aquatic Research 49 (3): 391-403.

Wang, Gui, et al. 2015. "Effect of C/N Ratio on Water Quality in Zero-Water Exchange Tanks and the Biofloc Supplementation in Feed on the Growth Performance of Crucian Carp, *Carassius auratus*." Aquaculture Research 46: 98-104.

Wenjing, Ren, et al. 2019. "Effects of C/N Ratio and Light on Ammonia Nitrogen Uptake in *Litopenaeus vannamei* Culture Tanks." Aquaculture 498: 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.043>.

Zhao, Peng, et al. 2012. "The Application of Bioflocs Technology in High-Intensive, Zero Exchange Farming Systems of *Marsupenaeus japonicas*." Aquaculture 354-355: 97-106.