

Heredia-Fernández, S.M., Monroy-Dosta, M.C., Desentis-Pérez, D.L., Negrete-Redondo, P., Mata-Sotres, J.A., Ramírez-Torrez, J.A. 2024. Efecto del uso de harina de plátano dominico (*Musa simmonds*) y tapioca (*Manihot esculenta*) como fuente de carbono en el cultivo de Barbo tigre (*Puntius tetrazona*) en sistema biofloc. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 6(1): 55-68. doi 10.26359/52462.0605



Efecto del uso de harina de plátano dominico (*Musa simmonds*) y tapioca (*Manihot esculenta*) como fuente de carbono en el cultivo de Barbo tigre (*Puntius tetrazona*) en sistema biofloc

Effect of using Dominican plantain (*Musa simmonds*) and tapioca (*Manihot esculenta*) flour as a carbon source in the cultivation of Tiger barbel (*Puntius tetrazona*) in a biofloc system

S. M. Heredia-Fernández², M. del C. Monroy-Dosta¹, D. L. Desentis-Pérez¹, P. Negrete-Redondo¹, J. A. Mata-Sotres¹ y J. A. Ramírez-Torrez^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana

²Universidad Simón Bolívar

* autor de correspondencia: jramirez@correo.xoc.uam.mx

doi 10.26359/52462.0605

Recibido 08/julio/2024. Aceptado 20/septiembre/2024

JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático

Coordinación editorial de este número: Yassir E. Torres Rojas

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.



Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres fuentes de carbono: melaza (Control), harina de tapioca y cáscara de plátano, para el desarrollo de un sistema biofloc en el cultivo del pez ornamental *Puntius tetrazona*. Para asegurar la formación de floculos se mantuvo una relación C/N= 20:1 para cada una de las fuentes de carbono, considerando tres replicas por tratamiento. De acuerdo con los resultados, los parámetros ambientales presentaron fluctuaciones, sobre todo en las primeras tres semanas de cultivo, dentro de los intervalos óptimos para la especie. El crecimiento de los peces expresado como ganancia en biomasa no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero sí ($P < 0.05$) la longitud patrón. Las mayores tasas de crecimiento absoluto y específico se obtuvieron en cáscara de plátano y tapioca, en cuanto al FCA, la melaza presentó el valor más alto (0.91 g), seguido por tapioca con 0.27 g, y cáscara de plátano con 0.25 g. La supervivencia fue del 100% en el grupo de cáscara de plátano, seguida por tapioca, y melaza. Los Phyla de microfauna registrados en los grupos experimentales fueron, Ciliphora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, y Amoebozoa con variaciones entre tratamientos al largo del experimento. Los resultados del presente estudio demuestran el potencial de la cascará de plátano dominico como fuente de carbono en sistemas biofloc para el cultivo de peces de ornamentales, ofreciendo una opción de bajo costo que podría aumentar la rentabilidad de estos cultivos.

Palabras clave: Biofloc, barbo tigre, melaza, cáscara de plátano, tapioca.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of three carbon sources: molasses (Control), tapioca flour and banana peel, for the development of a biofloc system in the culture of the ornamental fish *Puntius tetrazona*. To ensure floc formation, a C/N ratio=20:1 was maintained for each of the carbon sources, considering three replicates per treatment. According to the results, the environmental parameters showed fluctuations, especially in the first three weeks of culture, within the optimal ranges for the species. Fish growth expressed as biomass gain did not show significant differences ($P > 0.05$) among treatments, but the standard length did ($P < 0.05$). The highest absolute and specific growth rates were obtained in plantain peel and tapioca, regarding the feed conversion factor, molasses had the highest value (0.91 g), followed by tapioca with 0.27 g, and banana peel with 0.25 g. Survival was 100% in the banana peel group, followed by tapioca, and molasses. The Phyla of microfauna recorded in the experimental groups were, Ciliphora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, and Amoebozoa with variations among treatments throughout the experiment. The results of the present study demonstrate the potential of using Dominican plantain hull meal as a carbon source for the development of ornamental fish cultures in biofloc, being an option that, due to its low cost, will increase the profitability of the cultures.

Key words: Biofloc, tiger barbel, molasses, banana peel, tapioca.



Introducción

En los últimos años, los sistemas de cultivo en tecnología biofloc (BFT) se han reconocido como una de las tecnologías más innovadoras para producir de manera fácil, económica y sostenible, organismos acuáticos de manera extensiva (Gálvez-Cantero *et al.*, 2022). El BFT consiste en la promoción de una comunidad constituida de microorganismos asociados entre sí en un sustrato suspendido o flotante llamado flóculo. El carbono orgánico de diversas fuentes estimula el desarrollo de estos flóculos ricos en comunidades microbianas fotosintéticas y heterótrofas que se encargan de metabolizar todos los desechos resultantes, mejorando la calidad del agua (Piñeros-Roldán *et al.*, 2020), lo que permite la producción de cultivos con altas densidades y la generación de una comunidad planctónica que sirve como alimento vivo complementario al alimento formulado (Souza *et al.*, 2018; Khanjani & Sharifina, 2020; Mugwanya *et al.*, 2021). Diversos estudios han demostrado que la fuente de carbono determina el desarrollo de la comunidad microbiana presente y el valor nutricional del mismo (Becerril, 2018; Bulnes, 2019) que impacta en la supervivencia y crecimiento de especies cultivadas, no solo para consumo humano si no también para especies ornamentales que han generado gran importancia económica en México (Alquicira, 2020). Entre las especies de ornato más cultivadas a nivel mundial, se encuentra *Puntius tetrazona* (barbo tigre) especie muy atractiva por sus coloraciones verdosas o plateadas con cuatro fran-

jas negras y aletas rojas, de fácil manejo y reproducción (Dalmau-Disla *et al.*, 2020). Si bien en la producción de peces y crustáceos en biofloc se han utilizado varias fuentes de carbono como la melaza, el bagazo de caña, la sacarosa, el acetato, entre otras (Ariza & Mujica, 2019), diversos autores han señalado la necesidad de incorporar otras fuentes de fácil adquisición y de bajo costo según la región en donde se desarrolla la acuicultura (Nguyen *et al.*, 2018; Ramírez-Núñez *et al.*, 2019; de Armas *et al.*, 2021; Eilious *et al.*, 2021). La cáscara de plátano dominico, *Musa simmonds*, es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio, es un residuo muy rico en carbohidratos, especialmente glucosa (Bilyartinus & Siswanto, 2021), además de ser rica en antioxidantes, manganeso, fibra, biotina y cobre (Zambrano, 2019). Por su parte, la tapioca es principalmente almidón extraído de la yuca, que tiene uso principal en la cocina mundial (Carnero y Meller, 2024), aunque ya ha sido utilizada en el desarrollo de BFT en la acuicultura (Collazos-Lasso *et al.*, 2022). Sin embargo, la cáscara de plátano es poco aprovechada en diversas regiones de nuestro país. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del uso de la harina de cáscara de plátano dominico, harina de tapioca y melaza en la supervivencia y crecimiento de *Puntius tetrazona*, así como las variaciones en la comunidad microbiana en un cultivo en biofloc

Métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. El diseño experimental fue en bloques con aleatorización interna (Montgomery, 2001), de acuerdo con Emerenciano *et al.* (2011). Se diseñó un sistema biofloc *in situ* de tipo “macro-

cosmo”, conformado por nueve acuarios de 50 L de capacidad, con aireación constante. Para inducir la formación de bioflóculos y el desarrollo de las comunidades microbianas se suministró una relación C/N=20:1 mediante la incorporación de las distintas fuentes de carbono (Avnimelech, 2012). Las fuentes de carbono experimentales fueron Me-



laza (BM, tratamiento control), harina de cascara de plátano dominico (BP) y tapioca (BT) a partir de las cuales se configuraron tres tratamientos, con tres réplicas cada uno.

Se determinó la relación de C:N de acuerdo con Emerenciano (2011):

Cálculo de Carbono (C) y Nitrógeno (N) presente en el sistema

$$C = (\text{alimento suministrado (g)} \times \% 0.9 (\text{materia seca}) \times 0.7 (\text{asimilación})) / 2$$

$$N = (\text{alimento suministrado (g)} \times \% 0.9 (\text{materia seca}) \times 0.7 (\text{asimilación}) \times \% \text{de proteína del alimento}) / (6.25 (\text{constante del nitrógeno}))$$

Ajuste de la relación C:N a 20:1

El resultado de esta fórmula corresponde a la cantidad de carbono a agregar:

$$\text{Relación C:N} = N \text{ calculado} \times 20 (\text{relación 20:1}) - C \text{ calculado}$$

Cantidad de fuente de carbono a añadir

$$\text{Fuente de carbono} = \text{cantidad de carbono a agregar} \times 100 \div \% \text{de carbono presente en la fuente de carbono a emplear}$$

Obtención de fuentes de carbono

La melaza (BM) se obtuvo a partir de 1 kg de piloncillo/compactado de azúcar de caña hervido en 150 mL de agua hasta obtener una consistencia similar a la miel. Las BP se obtuvo a partir de cáscaras de plátano secadas en horno a 40 °C (Thermolyne OvenSeries 9000) durante 24 h para posteriormente ser molidas hasta obtener una harina fina. La harina de tapioca (BT) se adquirió comercialmente (marca Bob's Red Mill®).

Cultivo de los organismos

Se obtuvieron 90 individuos de *Puntius tetrazona* en un centro productor de peces ornamentales de la Ciudad de México, con un peso inicial de 1.6±0.4 g y longitud patrón de 3.5±0.01 los peces se aclimataron durante 15 días. Posteriormente se distribuyeron de manera aleatoria en las unidades experimentales, sin que existiera diferencia significativa en la biomasa ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales. Los peces fueron alimentados con

dos raciones por día, con hojuelas para peces tropicales (Lomas®; proteína 44 %), de acuerdo con el 10% de su biomasa, durante 60 días.

Monitoreo de la calidad del agua

La evaluación de los parámetros de calidad de agua se realizó cada 15 días. Se midieron los valores de pH, nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) con el Freshwater Master Test Kit® (API®). Los sólidos sedimentables (SS) producidos por biofloc fueron medidos a partir de la tercera semana del experimento, y en lo sucesivo cada tercer día con un cono Imhoff (Emerenciano *et al.*, 2011).

Determinación de crecimiento y la supervivencia

Cada 15 días se obtuvo el peso y la longitud total de los organismos y se calculó la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE), (Espinoza *et al.*, 2020):

$$TCA (\%) = (PF - PI) / t$$

$$TCE (\%/día-1) = ((\ln PF - \ln PI) / t) \times 100$$

En donde: PI y PF son el peso y longitud inicial (I) y final (F) del período experimental, t es la duración en días, ln es el logaritmo natural.

También se calculó el factor de conversión alimenticia (FCA): $FCA = \text{Cantidad de alimento} / PF - PI$ (Alcarraz *et al.*, 2018).

La supervivencia se obtuvo con base en la siguiente fórmula: $\% \text{Supervivencia} = (N^\circ \text{ final de peces vivos} / N^\circ \text{ inicial de peces vivos}) \times 100$.

Estructura de la comunidad microbiana

Se determinó la diversidad de fito y zooplancton presente en la suspensión del biofloc, para ello se analizó 1 mL del biofloc, fijado en lugol, mediante conteo directo en microscopio compuesto, acoplado a una cámara (Axio Cam®, Zeiss®). La identificación taxonómica se realizó de acuerdo con Moreira y García (2010), Balsamo *et al.* (2019), Brusa *et al.* (2020), Needham y Needham (2021). En el caso de las microalgas, al final del experimento se transfirió 1 mL de muestra a una cámara Sed-



gewick-Rafter (Mestanza, 2022), y se contabilizó de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante.

Análisis estadístico

De acuerdo con el diseño experimental, a los datos obtenidos se les practicó la prueba de normalidad y homocedasticidad, para comprobar los supuestos de estadística paramétrica, una vez satisfecho dicho

criterio, se efectuó un análisis de varianza de una vía ($\alpha = 0.05$) de la biomasa y la longitud patrón de los peces entre los tres tratamientos (Zar, 2010). La diversidad alfa de microorganismos se determinó con el índice de Simpson y el índice de equitatividad de Simpson (Stiling, 2012). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico PAST ver 4.16c (Hammer, 2001)

Resultados

Calidad del agua

Al inicio del experimento los parámetros fisicoquímicos presentaron fluctuaciones, y a las tres semanas estos se estabilizaron, y en el caso del amonio disminuyó, y los SS se acumularon en mayor medida en el grupo de cáscara de plátano (figura 1).

Crecimiento de los peces

La ganancia en biomasa de los peces (figura 2A), no mostró diferencias significativas ($P = 0.32$), aunque la longitud patrón (figura 2B) mostró diferencias significativas ($P = 0.03$), entre la melaza y la tapioca. Las mayores tasas de crecimiento absoluto y específico se obtuvieron en BP y BT (figura 2C y 2D); mientras que la melaza tuvo el mayor valor de factor de conversión alimenticio (figura 2E). La supervivencia fue del 100 % en el grupo de cáscara de plátano, seguida por tapioca con 87.5 ± 1.5 , y melaza con 68.8 ± 4.1 (figura 2F).

Estructura de la comunidad microbiana

Los Phyla de microfauna registrados en los grupos experimentales fueron, Ciliophora, Rotifera, Annelida, Nematoda, Plathelminthes, Gastrotricha, y

Amoebozoa. Se pudieron identificar los siguientes géneros y especies de ciliados: *Aspidisca* sp., *Cinetochilum* sp., *Coleps* sp., *Euplotes euryostomus*, *Oxytricha* sp., *Paramecium aurelia*, *Paramecium caudatum*, *Peranema* sp., *Prorodon* sp., *Stentor* sp., *Stylonychia* sp., *Tachysoma* sp., *Tetrahymena* sp., y *Vorticella* sp.; de los cuales 14 estuvieron en BM, 11 en BP, y 13 BT. Se registraron dos especies de rotíferos en cada tratamiento (*Habrotrocha rosa*, *Lecane* sp.), mientras que el resto de los Phylum solo una especie en cada tratamiento, *Aeolosoma hemprichi*, *Pratylenchus* sp., *Catenulida* sp., *Chaetonotus* sp. y ameba desnuda.

El índice de diversidad de Simpson del zooplankton fue mayor en BM en las nueve semanas, cáscara de plátano tuvo la mayor diversidad de la segunda a la quinta semana, y tapioca las semanas uno. La equitatividad de las comunidades en cada grupo experimental, se corresponden en cada caso con la diversidad de especies.

La tabla 1 muestra la abundancia de fitoplancton registrado en el biofloc con tres fuentes de carbono, de los cuales cáscara de plátano presentó la mayor abundancia, seguido por melaza, y tapioca.

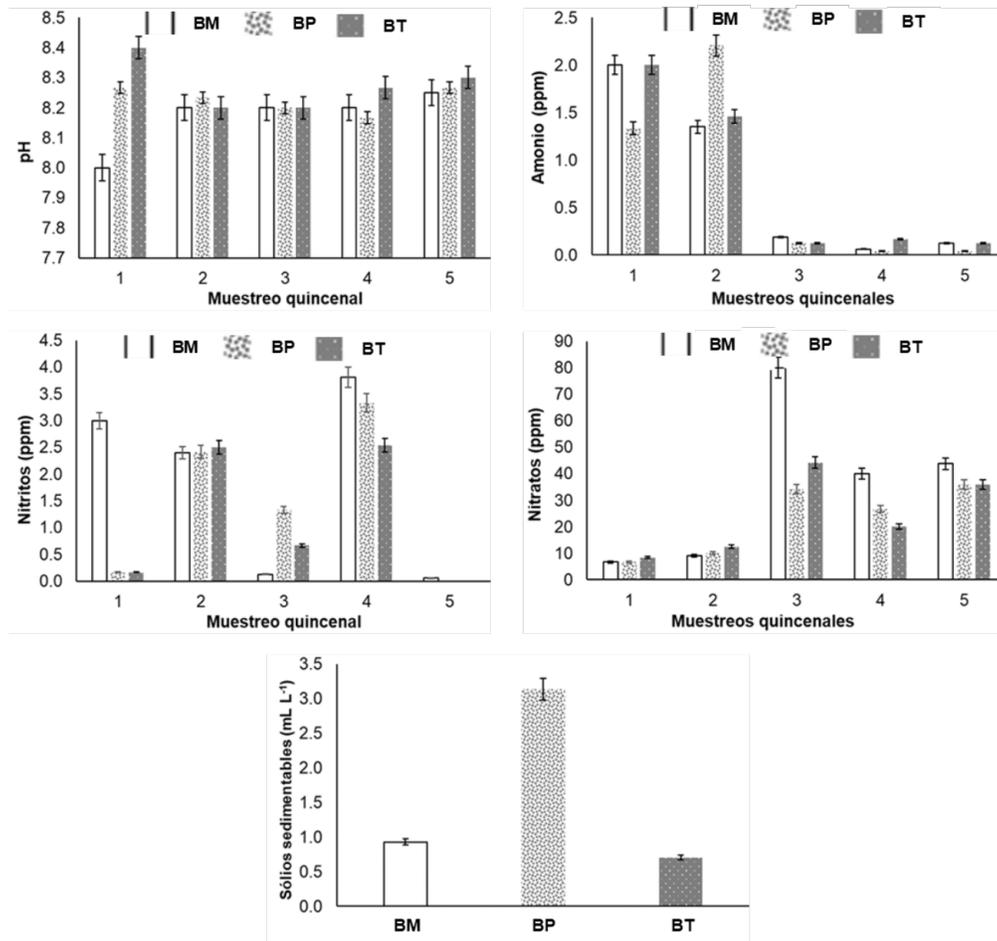


Figura 1. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos evaluados. A) pH, B) amonio, C) nitritos, D) nitratos, E) sólidos sedimentables. BM: biofloc con melaza; BP: biofloc con cáscara de plátano, BT: biofloc con tapioca. Cada valor representa el promedio de tres réplicas \pm la desviación estándar.

Tabla 1. Abundancia (individuos mL⁻¹) de fitoplancton en el biofloc desarrollado con diferentes fuentes de carbono.

Género/Especie	Tratamiento		
	Melaza	Cáscara de plátano	Tapioca
<i>Chlorella</i> sp.	80	285	1 690
<i>Diatoma vulgaris</i>	70	90	
<i>Dunaliella</i> sp.	5 588	12 335	35 890
<i>Fragilaria pinnata</i>	928	840	
<i>Gomphonema parvulum</i>	83		
<i>Navicula</i> sp.	2528	4435	20
<i>Pinnularia</i> sp.		1 405	

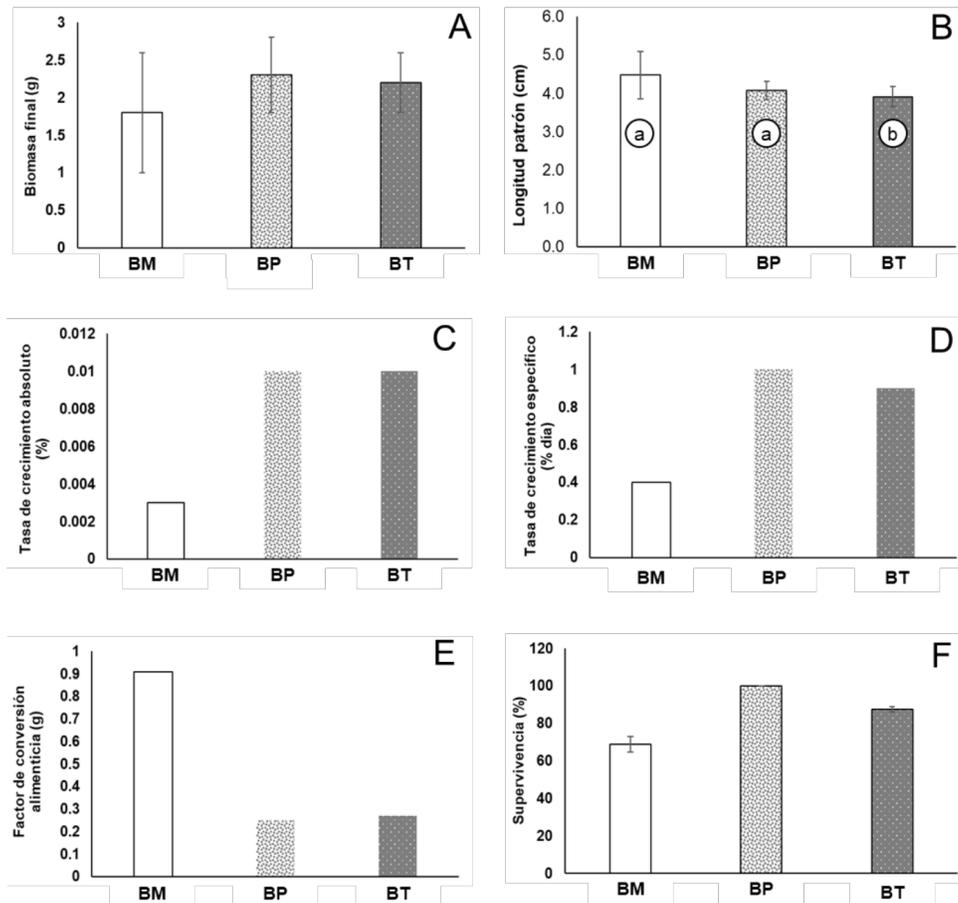


Figura 2. Comportamiento de los parámetros de producción de *P. tetrazona* cultivado en biofloc con tratamiento. BM: biofloc con melaza; BP: biofloc con cáscara de plátano, BT: biofloc con tapioca. Cada valor representa el promedio de tres réplicas \pm la desviación estándar; cuando se indique, letras distintas dentro de la barra implican diferencias significativas.

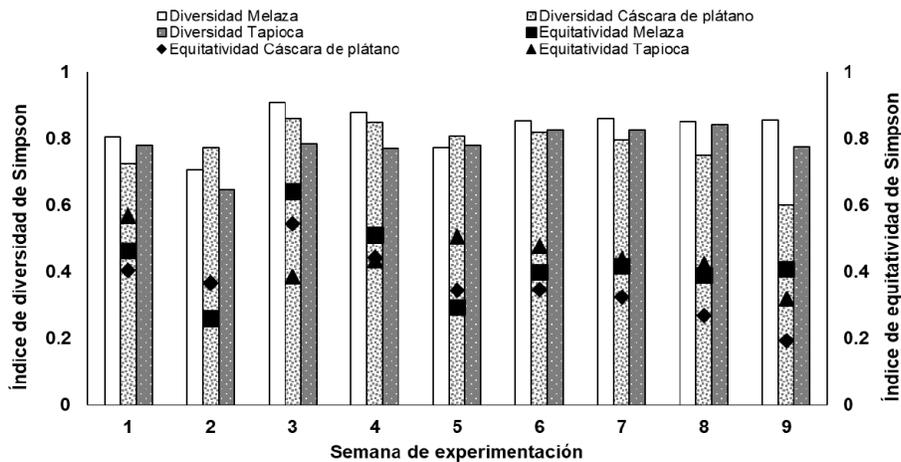


Figura 3. Comportamiento de los índices de diversidad y equitatividad de Simpson en los grupos experimentales con tres fuentes de carbono.



Discusión

En los últimos años la tecnología de biofloc ha sido aplicada continuamente en el cultivo de peces y crustáceos con grandes beneficios productivos, económicos y ambientales (Xu *et al.*, 2016; Pinho *et al.*, 2021; Huarilloclla, 2022), donde la fuente de carbono es fundamental para la conformación de los flóculos, su tamaño, su cantidad, su composición nutricional y el plancton que se desarrolla (García-Ríos *et al.*, 2019). Si bien la melaza ha sido la fuente de carbono más usada, se requiere ampliar el uso de otras fuentes alternativas, de bajo costo y fácil adquisición sobre todo de aquellas que son subproducto de alguna industria y que son poco utilizadas.

Calidad del agua

Las condiciones de experimentación permitieron mantener los parámetros fisicoquímicos en los niveles tolerables para el barbo tigre. En todos los tratamientos el pH se mantuvo en un intervalo de 8.0 a 8.4, en concordancia con Gálvez-Cantero *et al.*, (2022) y con Collazos-Lasso *et al.* (2022) y Tinh *et al.* (2020), quienes obtuvieron intervalos 7.2 a 8.6 en biofloc con melaza como fuente de carbono; mientras que con harina de tapioca fue de 7.9-8.5. Aunque, Vásquez (2020), señala que valores de 6 a 8, son recomendables para *P. tetrazona* y obtener buen crecimiento.

Los compuestos nitrogenados presentes en el biofloc son el resultado del metabolismo de las proteínas, así como del alimento no consumido (Dolomatov *et al.*, 2011), con una tendencia a la acumulación en ausencia de recambios de agua y ausencia de microorganismos que los metabolicen (Yan *et al.*, 2024), tomando en cuenta que el biofloc es un sistema de cero recambios, el incremento en la concentración de NH_4 , NO_2 , y NO_3 en la columna de agua es común en las primeras semanas de cultivo (Kim *et al.*, 2019). En este experimento se observaron variaciones a lo largo del estudio, especialmente en el primer mes de cultivo, con una disminución y/o estabilización al final. La regula-

ción de amonio se debe principalmente a la comunidad microbiana presente en el biofloc (Huang, 2020); este compuesto fue inicialmente alto, con una disminución al final del experimento. Incluso Ahmed *et al.* (2019), usaron el biofloc como tratamiento para disminuir los niveles de este compuesto. Respecto al nitrito, los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca llegaron a cero y la melaza fue inferior a 0.5, lo que concuerda con Sisa y Palacios (2019) y Abakari *et al.*, (2021), quienes mencionan incrementos frecuentes de este compuesto en los primeros 15 días de haber inoculado las unidades experimentales; normalmente, al final de ciclo de cultivo o del experimento, estos compuestos tienden a estabilizarse o disminuir debido a que la comunidad microbiana se establece, e incrementa la densidad de bacterias que puedan metabolizar estas especies nitrogenadas. El nitrato incrementó al final del experimento, esto se podría explicar por la baja abundancia de productores primarios, ya que ellos usan esta forma de nitrógeno como fuente de energía (Hernández-Pérez y Labbé, 2014).

Los sólidos sedimentables se refieren a los bioflóculos formados, los cuales varían en función de la fuente de carbono (Mendez *et al.*, 2021). Los valores de este parámetro fueron similares a los reportados por Mendoza *et al.* (2021) que oscilaron entre 2.1 y 5.5 ml L^{-1} . De acuerdo con Amparo (2019), los tratamientos con biofloc con bajos valores de SS forman flóculos pequeños, presentan microorganismos, principalmente ciliados. En este caso, los valores más altos se registraron en el tratamiento con cáscara de plátano, probablemente debido a que esta fuente de carbono es un subproducto sin procesar, con alto contenido de fibra (Espitia-Pérez *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2019), a diferencia de la melaza y la harina de tapioca; ya que los SS pueden representar una fuente de nutrientes, para peces omnívoros, así como para los microorganismos que pueden usar a los SS para producir nueva proteína microbiana que finalmente será consumida por los peces para aumentar su crecimiento.



Crecimiento y supervivencia

Con relación al crecimiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el grupo con cáscara de plátano obtuvieron los valores más altos, esto pudiera deberse a que esta harina contiene mayor cantidad de almidón que otras (García-Ríos *et al.*, 2019), lo que permite su fácil asimilación por los microorganismos dentro del sistema biofloc, y permitió la mayor formación de flóculos, los cuales sirven como alimento para los peces, mejorando su nutrición y crecimiento. Ekasari *et al.* (2019), obtuvieron resultados similares al comparar melaza y harina de tapioca, donde la melaza dio mejores resultados en la formación de flóculos y el crecimiento.

Considerando las tasas de crecimiento absoluto y específico, estos fueron mayores en los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca, juntos con los valores más bajos de FCA, ya que se refiere a la relación entre el alimento ofrecido, consumido, asimilado, y la generación de biomasa. De acuerdo con Zapata (2020), el FCA también es un indicador que determina la relación costo-beneficio del alimento en la actividad acuícola, ya que valores bajos de FCA corresponde a un mayor aprovechamiento del alimento en proporción a la generación de biomasa. En este sentido, el FCA del cultivo dependen de forma directa de la calidad, cantidad de alimento, frecuencia de alimentación, y de la calidad de agua durante el cultivo (Alcarraz *et al.*, 2018; Colque, 2020),

La supervivencia de los peces en el grupo con cáscara de plátano fue del 100 %, respecto de la melaza y la harina de tapioca, con 68.8 % y 87.5%, respectivamente. Esto puede deberse al contenido nutricional de la harina de cáscara de plátano ya que contiene potasio, vitamina B6 y calcio además es rica en antioxidantes, manganeso, fibra, biotina, y cobre (Arrelucea, 2019; Sani, 2023). En este sentido, fue el biofloc desarrollado con cáscara de plátano en donde hubo pocas variaciones, y bajas concentraciones de las tres formas nitrogenadas evaluadas, a diferencia de los tratamientos con melaza y tapioca, lo que pudo influir en la superviven-

cia de los peces. Las fluctuaciones de los compuestos nitrogenados causan estrés en los organismos cultivados, y baja supervivencia (Khanjani *et al.*, 2021).

Comunidad microbiana

Se identificaron siete Phyla planctónicos asociados a los flóculos en todos los tratamientos, fueron más abundantes y diferentes a los reportados por Ayazo-Genes *et al.* (2019) con melaza; estos autores mencionan que la abundancia de los microorganismos va a estar relacionados con la densidad de siembra, la fuente de carbono, el alimento y la especie cultivada. No se está manteniendo el orden de los resultados y el de la discusión

De entre los tratamientos solo se observaron diferencias en la cantidad de géneros observados en los ciliados, en cáscara de plátano se identificaron 11 géneros. Becerril-Cortés *et al.* (2018), compararon fuentes de carbono e identificaron entre siete y 10 especies, según la fuente adicionada; ya que los ciliados son un grupo común en el biofloc, y tienen un papel fundamental en las etapas larvales de los peces, debido a su contenido proteico, y a su alto contenido de esteroides (Kinach *et al.*, 2012). Además, los ciliados se encargan de controlar las poblaciones de bacterias, incluyendo patógenas, y son alimento del de niveles tróficos superiores (Hosain *et al.*, (2021), por lo que la riqueza puede ser baja.

En los tratamientos solo se presentó una especie de *anélido* *Aeolosoma hermprichi*, fue la harina de tapioca la de mayor abundancia, seguida por la melaza y cáscara de plátano. Aparicio-Simón *et al.* (2020) y Collazos-Lasso *et al.* (2022), también reportaron su presencia en biofloc con tratamiento de melaza. De acuerdo con Ayazo-Genes *et al.* (2019), la presencia de este grupo es de gran importancia debido a que tiene altos contenidos de proteína cruda y ácidos grasos esenciales.

Castro *et al.* (2018), reportaron la presencia de nemátodos en sus cultivos con biofloc, e indican que este grupo posee altos contenidos de proteína cruda, ácidos grasos esenciales y aminoácidos, así como ácidos grasos esenciales EPA y ARA (López *et*



al., 2021); lo que incrementa la disponibilidad de proteínas y lípidos (Kinach *et al.*, 2012). La presencia de este grupo de organismos indica que existe una estructura trófica estable, lo que normalmente se conoce como un biofloc maduro (Monroy *et al.*, 2013; Jiménez, 2020; Ibarra *et al.*, 2014). En el mismo sentido, la presencia de platelmintos es un indicador la estructura de la red trófica establecida, ya que es depredador de microalgas, gastrotricha y rotíferos (Amparo, 2019). En este caso los platelmintos se desarrollaron en las primeras semanas en los tratamientos de cáscara de plátano y tapioca, y en la cuarta semana en melaza; aunque el comportamiento de estos organismos es desconocido en el biofloc (Núñez, 2020).

En todos los tratamientos se identificaron tres géneros de microalgas *Dunaniella* sp., *Navicula* sp., y

Chlorella sp., de acuerdo con Aravind *et al.* (2021), lo que puede explicar el incremento de nitratos al final del experimento. Jiménez (2020), reporta que la presencia de microalgas mejora la calidad de agua con relación al amonio, los tratamientos con tapioca no solo presentaron el menor número de especies y abundancia, sino que también obtuvieron los valores más altos de amonio. Neira (2019), señala que el fitoplancton juega un papel fundamental en la red trófica, en la fijación de carbono y la producción de biomasa; aunque en biofloc no se busca tener un sistema autotrófico si es importante que no se anule en su totalidad el fitoplancton por la cantidad de lípidos que puede aportar, por lo que los sistemas mixotróficos son los más recomendables (Becerril-Cortés *et al.*, 2018)

Conclusión

La harina de cáscara de plátano, junto con la de tapioca, produjeron los mejores resultados en los parámetros evaluados, principalmente en los compuestos nitrogenados, y la supervivencia.

Referencias

- Abakari, G., Luo, G., y Kombat, E.O., 2021. Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 6 (5), 441-447.
- Ahmed, N.M., Flefil, N.S., Tayel, S.I., Mahmoud, S.A., Soliman, A-G., 2019. Biological treatment of ammonia using biofloc system for *Oreochromis niloticus* fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 23: 639 – 657.
- Alcarraz, E., Tapia, M., Bustamante, A., Tapia, O., Wacyk, J., Escalona, V., 2018. Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. *Anales Científicos*, 79(1), 101-110.
- Alquicira, M., 2020. Interacción genotipo por sexo en largo patrón y de aleta caudal en *Poecilia reticulata* en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura en la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Amparo, A., 2019. Aplicación de la tecnología de biofloc (BFT) al cultivo de *Totoaba madonaldi*. Tesis de maestría del Centro de Investigación Científica y de Educación.
- Aparicio-Simón, B., Real-Moreno, E., Espinosa-Chaurand, D., García-Morales, R., Garza-Torres, R., Cortés-Sánchez, A. de J., Lora-Sánchez, D., y Maeda-Martínez, A., 2020. Giant bladder kelp (*Macrocystis pyrifera*) and maize (*Zea mays*) meals as nucleation sites for biofloc formation. *Aquaculture Reports*, 16.
- Aravind, R., Sandeep, K., y Panigrahi, A., 2021. Significance of microalgae, isolation and identification in biofloc culture system. Central Institute of Brackishwater Aquaculture.
- Ariza, F., Mujica, E., 2019. Tecnología Biofloc (BFT), una alternativa sostenible para el desarrollo de la acuicultura: Una revisión. *Rev. Ingeniería y Región*, 21.
- Arrelucea, E., 2019. Investigaciones actuales de la cáscara de plátano (*Musa* sp.), aplicaciones agroindustriales y bene-



- ficios. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo.
- Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology: A Practical Guidebook. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.
- Ayazo-Genes, J., Pertuz-Buelvas, V., Jiménez-Velásquez, C., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V., Prieto-Guevara, M., 2019. Comunidades planctónicas y bacterianas asociadas al cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Rev. MVZ Córdoba*, 24(2).
- Balsamo, M., d'Hondt, J., Grilli, P., 2019. Phylum Gastrotricha. *Torp and Covich's Freshwater Invertebrates*, 149-218.
- Becerril, D., 2018. Efecto sobre la composición nutricional de los bioflóculos producidos, a partir de distintas fuentes de carbono (melaza, residuos de café y harina de arroz) en un sistema Biofloc. Tesis de Maestría de la Universidad Autónoma Metropolitana.
- Becerril-Cortés, D., Monroy-Dosta, M. del C., Coelho, M., Castro-Mejía, G., Schettino, B., Vela, G., 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.
- Bilyartinus, G., Siswanto, A., 2021. The effect of *Bacillus subtilis* on bioethanol production from banana (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) peels by using fermentation process. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3(2), 26-30.
- Brusa, F., Leal-Zanchet, A., Noreña, C., Damborenea, C., 2020. Phylum Platyhelminthes. *Torp and Covich's Freshwater Invertebrates*, 101-120.
- Bulnes, M., 2019. Uso de residuos de café para la promoción de zooplancton como alimento natural in situ y su efecto en el crecimiento de *Puntius conchonius* cultivado en Biofloc. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Carnero, E., Melero, M. (2023). Tapioca, un alimento nutritivo y versátil. <https://www.academianutricionydietetica.org/que-comer/tapioca/>
- Castro, G., Castro, J., Ramírez, J., Castro, A., 2018. Zooplankton growth in a Biofloc system with different carbon sources in a *Cyprinus carpio* culture. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(6), 253-258.
- Collazos-Lasso, L., Ueno-Fukura, M., Jiménez-Moreno, Y., Suárez-Contento, L., y Aya-Baquero, E., 2022. Establecimiento de biofloc de tres relaciones carbono/nitrógeno, tendiente a la producción de zooplancton. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 69(3).
- Colque, R., 2020. Determinación del factor de conversión alimentaria y crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) bajo diferentes densidades y niveles de alimentación en estanques artificiales en Llaullini, La Paz. *Aphthapi*, 6(1), 1820-1838.
- Dalmou-Disla, A., Torres-Pineda, P., de Jesús, N., 2020. Primer Reporte de la especie exótica *Puntigrus tetrazona* (Cypriniformes: Cyprinidae) para República Dominicana. *Novitates Caribaeae*, 16, 177-182.
- de Armas, A., González, E., Kafarov, V., Zumalacarregui, L., Oquendo, H., & Ramos, E., 2021. Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías. *Revista Universidad y Sociedad*, 13 (5), 565-573.
- Dolomatov, S.I., Shekk, P.V., Zukow, W., 2011. Features of nitrogen metabolism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 733-737. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9212-z>
- Eilious, Md., Nurul, S., Salleh, M., Arshad, A., Karim, M., Romano, N., 2021. Effect of salinity on growth, survival, and proximate composition of *Macrobrachium rosenbergii* post larvae as well as zooplankton composition reared in a maize starch based biofloc system. *Aquaculture*, 533.
- Ekasari, J., Setiawati, R., Ritonga, F.R., Setiawati, M., Suprayudi, M.A., 2019. Growth and health performance of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juvenile fed with graded levels of biofloc meal. *Aquaculture Research*, 1-10.
- Emerenciano, M., Ballester, E., Cavalli, R., y Wasielesky, W., 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, (19), 891-901.
- Espinoza, Í., Medina, M., Varela, E., 2020. Tecnologías Biofloc y recirculación de agua en crianza de Vieja Azul (*Andinoacara rivulatus*). *Alternativas*, 21 (3), 25-32.
- Espitia-Pérez, P.J., Pardo-Plaza, Y.J., Montalvo-Puente, A.P. 2013. Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (*Musa* ABB Simmonds). *Acta Agronómica*, 62(3), 189-195.
- Gálvez-Cantero, L., Julián-Ricardo, M., Ramos-Sánchez, L., 2022. El biofloc en la acuicultura. *Cen. Az.*, 49 (2).
- García-Ríos, L., Miranda-Baeza, A., Coelho-Emerenciano, M.G., Huerta-Rábago, J. A., Osuna-Amarillas, P., 2019. Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 502, 26-31.
- Gómez, M.F.J., Bolado, G.V.E., Blasco, L.G., 2019. Compositional and antioxidant analysis of peels from different banana varieties (*Musa* spp.) for their possible use in developing enriched flours. *Acta Universitaria*, 29, e2260.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>
- Hernández-Pérez, A., Labbé, J.I., 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49: 157-173.
- Hosain, M., Amin, S., Arshad, A., Kamarudin, M., Karim, M., 2021. Effects of carbon sources on the culture of giant river prawn in biofloc system during nursery phase. *Aquaculture Reports*, 19.
- Huang, H.-H., 2020. Novel Biofloc Technology (BFT) for Ammonia Assimilation and Reuse in Aquaculture in situ. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.88993



- Huarilloclla, R., 2022. Efecto de la adición de biofloc como complemento alimenticio en el crecimiento de alevinos de *Oreochromis niloticus*, tilapia gris. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional de Moquegua.
- Ibarra, E., Rojas-García, C., León, R., 2014. Ensayo de un sistema artificial con sedimento para crecimiento de juveniles de *Litopenaeus vannamei*: evaluación de dos micro cohortes con participación de nemátodos y "bioflocs". *Revista La Técnica*, (12), 64-75.
- Jiménez, F., 2020. Cultivo hipertensivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) con biofloc inducido por bacterias probióticas, microalgas y macroalgas. Tesis de doctorado de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Khanjani, M., Sharifinia, M., 2020. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*, 1-15.
- Kim, J-H., Kang, Y.J., Kim, K.I., Kim, S.K., Kim, J-H., 2019. Toxic effects of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, and nitrate) on acute toxicity and antioxidant responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67: 73-78.
- Kinach, C., Wasielesky, W., Abreau, P., 2012. The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in BFT system. *Atlántica, Rio Grande*, 34 (1), 5-12.
- López, M., Seychelles, L., Hernández, L., Ayala-Aguilar, J., Mercier, L., 2021. Potencial del nemátodo *Panagrolaimus* sp. para reemplazar a la *Artemia*. *Recursos Naturales y Sociedad*, 7 (2), 47-60.
- Mendez, C.A., Morales, M.C., Merino, G.E., 2021. Settling velocity distribution of bioflocules generated with different carbon sources during the rearing of the river shrimp *Cryphiops caementarius* with biofloc technology. *Aquacultural Engineering*, 93.
- Mendoza, L., Pertuz-Buelvas, V., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V.J., Prieto-Guevara, M.J., 2021. Potencialidad del cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Oriñoquia*, 25 (2), 25-39.
- Mestanza, K., 2022. Microalgas del humedal de Castilla-Piura. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional de Piura.
- Mestanza, K., 2022. Microalgas del humedal de Castilla-Piura. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional de Piura.
- Monroy, M.C.D., Lara, R.A., Castro, M.J., Castro, M.G., Emerenciano, M.G., 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, 511-520.
- Montgomery, D.C., 2001. Design and analysis of experiments, quinta edición. John Wiley and Sons Inc., Nueva York.
- Moreira, J., García, M., 2010. Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. Consejería de Medio Ambiente.
- Mugwanya, M.D., Mahmoud, K., F., Sewilam, H., 2021. Biofloc systems for sustainable production of economically important aquatic species: A review. *Sustainability*, 13 (13).
- Needham, J., Needham, P., 2021. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté.
- Neira, H., 2020. Determinación de la concentración media letal (CL50) en dispersantes de petróleo, mediante bioensayos en dos especies de fitoplancton de interés comercial. Tesis de ingeniería de la Universidad de Guayaquil.
- Nguyen, N.T.L., Chau, D., Baruah, K., Lundh, T., Kiessling, A., 2018. Spent brewer's yeast as replacement for fishmeal in diets for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), reared in either clear water or a biofloc environment. *Aquaculture Nutrition*, 25, 970-979.
- Núñez, A., 2020. Caracterización demográfica y alimentaria de dos especies de *Stenostomum* (Platelmintos): Estudios en campo y laboratorio. Tesis de posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pinho, S., Lima, J., David, L., Emerenciano, M., Goddek, S., Verdegem, M., Keesman, K., Portella, M., 2021. FLO-Cponics: The integration of biofloc technology with plant production. *Reviews in Aquaculture*, 14 (2), 647-675.
- Piñeros-Roldán, J., Gutiérrez-Espinosa, M., Coelho-Emerenciano, M., Lapa-Viana, M., 2020. Aireación en la tecnología biofloc (BFT): principios básicos, aplicaciones y perspectivas. *Revista Politécnica*, 16 (31), 29-40.
- Ramírez-Núñez, J., Castro-Mejía, G., Castro-Mejía, J., Castro-Castellón, A., 2019. Poblaciones de zooplancton en un sistema de biofloc con diferentes fuentes de carbono en un cultivo de *Cyprinus carpio*. Avances en el Conocimiento para la Producción Animal en el Trópico, 293.
- Sani, Ó., 2023. Caracterización físico-química de la biomasa de cáscara de plátano de la variedad *Musa paradisiaca* cavendish-musaceae como alternativa alimenticia en piensos para la alimentación animal. Tesis de ingeniería de la Universidad Técnica del Norte.
- Sisa, B., Palacios, P., 2019. Implementación de la tecnología Biofloc, como una alternativa sostenible para la piscicultura en el municipio de Valle del Guamuez, departamento del Putumayo, Colombia. Tesis de maestría de la Universidad de Manizales.
- Souza, J., Cardozo, A., Wasielesky, W., Abreu, P.C., 2019. Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) systems? *Aquaculture* 500, 443-450.
- Stiling, P.D., 2012. Species Diversity, in Marty Lange, y Kimberly Meriwether David (Eds.), Ecology: Global insights & investigation. Mc Graw Hill, New York, pp. 352-376. Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453, 169-175.
- Tinh, T., Hai, T., Verreth, J., Verdegem, M., 2020). Effects of carbohydrate addition frequencies in biofloc culture of Pacific white shrimp. *Aquaculture*.
- Vásquez, V., 2020. Desempeño zootécnico durante la pre-cría y levante del bocachico (*Prochilodus magdalenae*), en



- sistema biofloc (BFT), a diferentes densidades. Tesis de licenciatura de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Yan, Y., Zhou, J., Du, C., Yang, Q., Huang, J., Wang, Z., Xu, J., Zhang, M., 2024. Relationship between Nitrogen Dynamics and Key Microbial Nitrogen-Cycling Genes in an Intensive Freshwater Aquaculture Pond. *Microorganisms* 2024, 12, 266.
- Zambrano, J., 2019). Elaboración de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para utilizarlo en el engorde de pollo Broiler en combinación con 2 fuentes de proteína (torta de soya-harina de pescado). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.
- Zapata, K., 2020. Cultivo experimental de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en sistemas con recambio de agua y con tecnología biofloc. Tesis de ingeniería de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, quinta edición. Prentice Hall, New Jersey. 947.

