



## IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA BIOFLOC EN EL RECICLAJE DE NUTRIENTES, EL BIENESTAR ANIMAL Y LA SOSTENIBILIDAD DEL ECOSISTEMA

### IMPACT OF BIOFLOC TECHNOLOGY ON NUTRIENT RECYCLING, ANIMAL WELFARE AND ECOSYSTEM SUSTAINABILITY

Bado, Merly. Universidad Tecnológica OTEIMA, Facultad de Ciencias Agroambientales, Panamá.

[merly.bado@oteima.ac.pa](mailto:merly.bado@oteima.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0009-4673-1160>

Carneiro, Javier. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[javier.carneiro@up.ac.pa](mailto:javier.carneiro@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0813-8456>

\*Guerra, Ivonne. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.

[ivonne.guerra@up.ac.pa](mailto:ivonne.guerra@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-2289-9534>

\*Correo de Correspondencia: [ivonne.guerra@up.ac.pa](mailto:ivonne.guerra@up.ac.pa)

Recibido: 08/10/2024

Aceptado: 13/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n1.a6548>

**RESUMEN.** La acuicultura representa importantes retos referentes al uso de aguas y la descarga de efluentes contaminantes. Esto conlleva la aplicación de tecnologías que reduzcan el uso de agua, mitiguen los impactos ambientales e incrementen la producción dentro del respecto de bienestar animal. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la tecnología biofloc en el reciclaje de nutrientes, bienestar animal y sostenibilidad en un cultivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se emplearon dos tratamientos por triplicado: TBF= tecnología biofloc y C=sistema tradicional. El tratamiento TBF se preparó durante 14 días previos a la siembra de los peces. Se utilizaron 60 peces por tratamiento (20 por replica) con un peso inicial de  $21.68 \pm 2.42$  gramos y una longitud total de  $10.52 \pm 1.08$  centímetros. El tratamiento TBF mostró valores superiores de sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, amoníaco, nitrito y nitrato ( $P > 0.05$ ). No se observó diferencias entre los tratamientos en las variables de comportamiento, estrés y salud ( $P > 0.05$ ). Los peces en el TBF mostraron una mayor ganancia de peso ( $P < 0.05$ ). El tratamiento TBF disminuyó el consumo de agua y la descarga de aguas residuales ( $P < 0.05$ ). El tratamiento TBF resultó en una alternativa sostenible reduciendo el consumo de agua y la descarga de efluentes a través del reciclaje de nutrientes incrementando el desempeño productivo sin afectaciones a el bienestar animal.

**PALABRAS CLAVE:** acuicultura, desafíos ambientales, peces, productividad.

**ABSTRACT.** Aquaculture represents important challenges regarding water use and discharge of polluting effluents. This requires the application of technologies that reduce water use, mitigate environmental impacts and increase production while respecting animal welfare. The objective of this research was to evaluate the effect of biofloc technology on nutrient recycling, animal welfare and sustainability in a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. Two treatments were used in triplicate: TBF= biofloc technology and C= traditional system. The TBF treatment was prepared for 14 days prior to stocking the fish. 60 fish per treatment (20 per replicate) were used with an initial weight of  $21.68 \pm 2.42$  grams and a total length of  $10.52 \pm 1.08$  centimeters. The TBF treatment showed higher values of total dissolved solids, electrical conductivity, ammonia, nitrite and nitrate ( $P > 0.05$ ). No differences were observed between treatments in the variables of behavior, stress and health ( $P > 0.05$ ). Fish in the TBF showed greater weight gain ( $P < 0.05$ ). The TBF treatment decreased water consumption and wastewater discharge ( $P < 0.05$ ). The TBF treatment resulted in a sustainable alternative by reducing water consumption and effluent discharge through nutrient recycling, increasing productive performance without affecting animal welfare.

**KEYWORDS:** aquaculture, environmental challenges, fish, productivity.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productivo que ha mostrado un crecimiento constante en la última década, aportando en 2022 más para consumo humano que la pesca de captura (Food and Agriculture Organization [FAO], 2024). La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) ha aumentado su producción hasta ocupar el tercer lugar en la lista de especies de peces cultivadas en todo el mundo que se comercializan ampliamente (FAO, 2022).

Sin embargo, la acuicultura actualmente enfrenta retos importantes ligados a los procesos de producción, como son alta demanda de agua (Yusoff *et al.*, 2024) y la eliminación continua de aguas residuales sin un tratamiento adecuado que puede causar graves problemas relacionados con la contaminación (Hlordzi *et al.*, 2020). Este problema tiene importantes repercusiones sobre las aguas superficiales y subterráneas, ya que se estima que la descarga mundial de aguas residuales alcanza  $359.4 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/año, de este volumen, se recolecta el 63% y se trata el 52% (Jones *et al.*, 2021).

La sostenibilidad de la producción acuícola necesita del establecimiento de granjas de producción cada vez más eficientes con respecto al uso de los recursos naturales, especialmente el agua y adicionalmente que sean biológicamente seguros. Estas necesidades han generado estrategias en donde el principal objetivo es reciclar los altos contenidos de materia orgánica del agua de cultivo, mejorando su calidad y adicionalmente emplearlos como alimento *in situ* para los organismos cultivados (Granado, 2000; Ekasari *et al.*, 2010; Haridas *et al.*, 2017).

En los sistemas acuícolas, los microorganismos desempeñan un papel fundamental como productores y consumidores de oxígeno disuelto, reciclando nutrientes (Lyautey *et al.*, 2005) y produciendo alimento para peces (Hargreaves, 2013). Entre estos sistemas destacan la técnica de cultivo de biofloc (TBF), también conocida como cultivos en suspensión activa o lagunas heterótrofas (Avnimelech, 2014), el cual fue desarrollado para resolver problemas de calidad de agua producidos por los residuos de alimento y excreciones de los organismos de cultivo, convirtiendo el exceso de nutrientes en los sistemas de acuicultura en biomasa microbiana, que a su vez es consumida por los animales en cultivo.

El principio básico de TBF es la retención de los residuos y su conversión a biofloc como un alimento natural dentro del sistema de cultivo (Haridas *et al.*, 2017). Con estos antecedentes el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de TBF en el reciclaje de nutrientes, bienestar animal y sostenibilidad en un cultivo de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área geográfica

La investigación se llevó a cabo entre los meses de enero y febrero de 2024 en una finca privada, ubicada en el distrito de La Pintada, provincia de Coclé, en las coordenadas 8.639936, latitud N y 80.436617, longitud O, a 111 m s.n.m.

### Animales experimentales



El experimento fue realizado con 120 juveniles de Tilapia del Nilo con un peso inicial de  $21.68 \pm 2.42$  gramos y una longitud total de  $10.52 \pm 1.08$  centímetros. Los mismos fueron adquiridos en la finca de un productor local.

### Tratamientos

Se realizaron dos tratamientos por triplicado detallados a continuación: TBF= tecnología biofloc, C= sistema tradicional. Los mismos fueron alojados en tanques de 500 L (L=litros) con un volumen útil de 450 L.

### Tratamiento TBF

El biofloc se produjo en tanques de plástico de 500 L, a los cuales se les adicionó urea (46% de nitrógeno) como fuente de nitrógeno y melaza como fuente de carbono. Las fuentes de nitrógeno y carbono se añadieron una vez al día para mantener la relación C/N (carbono/nitrógeno) de 20, siguiendo la metodología propuesta por Avnimelech, (1999). Los tanques fueron equipados con un sistema auxiliar de bombeo de agua y oxigenación. Durante 14 días previos a la introducción de los peces, las condiciones de temperatura se estabilizaron en  $29.1 \pm 1.3$  °C (grados Celsius), oxígeno disuelto  $6.12 \pm 0.43$  mg/L (miligramos/Litro) y pH  $7.4 \pm 0.03$  se determinaron utilizando un equipo multiparamétrico YSI 556 (HANNA®). Los valores de  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , se mantuvieron dentro de los rangos tolerados por la especie y fueron monitoreados empleando un fotómetro de análisis ambiental HI833306 (HANNA®).

### Tratamiento C

El sistema tradicional consistió en una entrada y salida de agua constantes con un caudal de 15 L/h (Litros/hora). Se utilizó un sistema auxiliar de oxigenación similar al descrito en el tratamiento de biofloc.

### Variables evaluadas

#### Variables fisicoquímicas del agua

Temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y sólidos disueltos totales, fueron evaluadas diariamente en un horario de (07:00 am - 12:00 pm y 06:00 pm) utilizando un equipo multiparámetro YSI 556 (HANNA®). Adicionalmente, se determinó amoníaco  $\text{NH}_3$ , amonio  $\text{NH}_4^+$ , nitrito  $\text{NO}_2^-$ , nitrato  $\text{NO}_3^-$  y fosfato  $\text{PO}_4^{3-}$ , empleando un fotómetro HI 83306 (HANNA®).

### Variables de bienestar animal

#### Comportamiento

La actividad natatoria se evaluó como tiempo de congelamiento y número total de transiciones (Millot *et al.*, 2009). La prueba tuvo una duración de cinco minutos.

#### Estrés

Se evaluó la tasa ventilatoria, contando el tiempo necesario para realizar 20 movimientos operculares o bucales durante tres minutos, de acuerdo con la metodología propuesta por Silva *et al.* (2010); Calderer, (2001).

#### Salud

Se evaluó el daño de la aleta dorsal, uno de los indicadores más utilizados en la industria acuícola, adaptando la metodología propuesta por Botreau *et al.*, (2009).



### **Desempeño zootécnico**

#### **Ganancia de peso**

Es la cantidad de peso que un animal gana en un periodo de tiempo dado. Se estimó de forma quincenal.

$$GP=PF-PI$$

En donde

GP= ganancia de peso (g)

PF= peso final (g)

PI= peso inicial (g)

#### **Longitud total**

LT (cm)= distancia en centímetros de la punta de la boca hasta el final de la aleta caudal.

### **Variables ambientales**

#### **Consumo de agua y descarga de efluentes**

Se evaluó el consumo de agua y la descarga de efluentes en metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ) durante la duración del ensayo. El caudal de entrada en el sistema tradicional fue determinado 0.25 L/s (litros de agua por segundo). Se consideró un consumo de agua de 35 L/semana y una descarga de efluentes de 10 L/semana en el tratamiento de biofloc.

#### **Diseño experimental y análisis de datos**

Se empleó un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos se tabularon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2021. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R con el entorno de desarrollo integrado RStudio (v. R 4.3.0, RStudio Inc). Se verificó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y posteriormente, la prueba de Levene para verificar la homocedasticidad de varianzas, antes de realizar cualquier análisis estadístico. Congelamiento, peso y longitud total fueron evaluados con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Las variables número de transiciones, tasa ventilatoria y erosión de aleta dorsal fueron evaluadas mediante modelos lineales generalizados (GLZ) ajustados por la distribución de Poisson. Los resultados se expresaron como Media $\pm$ DE (desviación estándar). Se empleó un alfa de  $P<0.05$ .

## **RESULTADOS**

#### **Variables fisicoquímicas del agua**

La temperatura, oxígeno disuelto y pH no mostraron diferencias significativas entre los sistemas de producción ( $P>0.05$ ). La conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, amoníaco, nitrito, nitrato y fosfato fueron significativamente mayores en el sistema biofloc ( $P<0.05$ , Tabla 1).

**Tabla 1**

Media  $\pm$  DE, de las variables fisicoquímicas del agua ajustadas por la prueba de Mann-Whitney de los sistemas de producción.

Variable	Biofloc Media $\pm$ DE	C Media $\pm$ DE	U- Valor	p- valor
Temperatura	27.62 $\pm$ 3.29	27.48 $\pm$ 2.87	16264.50	0.50
Oxígeno disuelto	7.07 $\pm$ 0.50	7.04 $\pm$ 0.53	15705.50	0.23
pH	6.81 $\pm$ 0.32	6.81 $\pm$ 0.30	15647.00	0.21
Conductividad eléctrica	201.74 $\pm$ 70.59	180.60 $\pm$ 58.96	12911.00	<0.001
Sólidos disueltos totales	119.30 $\pm$ 47.78	106.01 $\pm$ 53.24	13951.50	0.003
Amoniaco	0.88 $\pm$ 1.02	0.61 $\pm$ 0.40	41.00	<0.001
Nitrito	0.21 $\pm$ 0.13	0.05 $\pm$ 0.02	36.50	<0.001
Nitrato	19.85 $\pm$ 15.86	2.45 $\pm$ 2.84	17.50	<0.001
Fosfato	0.47 $\pm$ 0.33	0.27 $\pm$ 0.48	60.00	0.005

### *Bienestar animal*

#### **Tiempo de congelamiento**

No se encontraron diferencias significativas entre sistemas de producción en el tiempo de congelamiento (K-W=0.008, P=0.92).

#### **Número de transiciones.**

No se encontró un efecto significativo del sistema de producción en el número de transiciones (P>0.05, Tabla 2).

**Tabla 2**

Número de transiciones ajustadas por la familia Poisson de los sistemas de producción.

	Efectos Fijos	Estimador	Error Estándar	W- valor	P-valor	Significancia
	Intercepto (alfa)	0.16	0,08	3.62	0.05	
<b>Sistema de Producción</b>	C	Ref	Ref	Ref	Ref	
	Bio	0.05	0.08	0.53	0.46	

#### **Tasa ventilatoria**

La tecnología biofloc no tuvo un efecto significativo en la tasa ventilatoria (P>0.05, Tabla 3).



**Tabla 3**

*Tasa ventilatoria ajustada por la familia Poisson de los de los sistemas de producción.*

	Efectos Fijos	Estimador	Error Estándar	W-valor	P-valor	Significancia
	Intercepto (alfa)	4.51	0.009	224586.9	<0.001	***
<b>Sistema de Producción</b>	C	Ref	Ref	Ref	Ref	
	Bio	0.0003	0.009	0.0	0.96	

\*\*\*p<0.001

**Erosión de aleta dorsal**

En la Tabla 4 se puede observar que el sistema biofloc no muestra diferencias significativas en el índice de erosión de la aleta dorsal (P>0.05).

**Tabla 4**

*Erosión de aleta ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de personalidad por sistemas de producción.*

	Efectos Fijos	Estimador	Error Estándar	W-valor	P-valor	Significancia
	Intercepto (alfa)	0.56	0.06	65.18	<0.001	***
<b>Sistema de Producción</b>	C	Ref	Ref	Ref	Ref	
	Bio	-0.02	0.06	0.18	0.66	

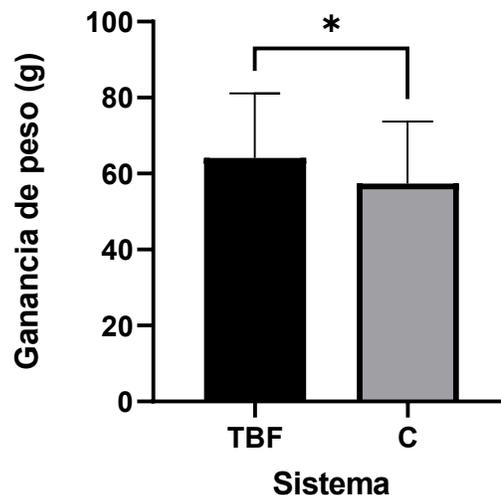
\*\*\*p<0.001

**Ganancia de peso**

Existe un efecto significativo del sistema de producción durante el desarrollo de la investigación (U=1401.00, P=0.03, Figura 1).

**Figura 1**

*Media ± DE, de la ganancia de peso de los sistemas de producción. \*P<0.05.*



### Longitud total

No se encontraron diferencias significativas en la longitud total entre los sistemas de producción ( $U=1589.0$ ,  $P=0.26$ ).

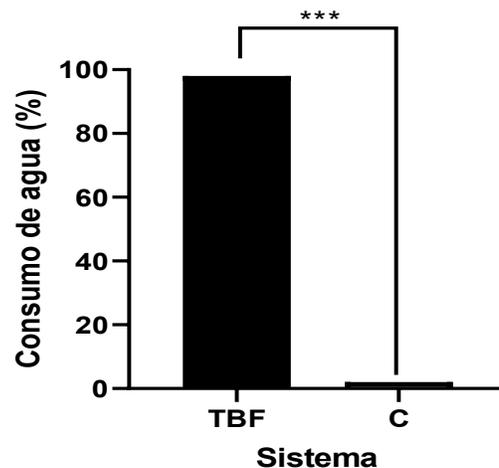
### Variables ambientales

#### Consumo de agua

El sistema biofloc consumió 98% menos agua que el sistema tradicional ( $X_1^2=192.16$ ,  $P<0.001$ , Figura 2).

#### Figura 2

Consumo de agua en porcentaje de los sistemas de producción evaluados. \*\*\* $P<0.001$ .

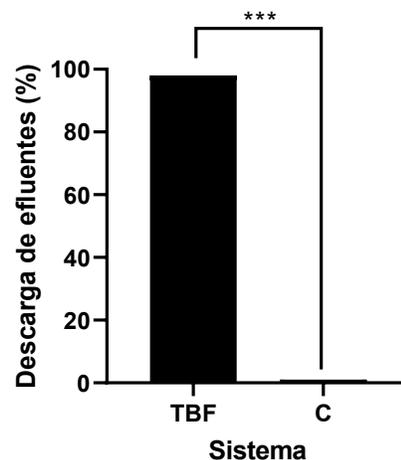


#### Descarga de efluentes

El sistema biofloc produjo 99% menos descarga de aguas residuales que el sistema tradicional ( $X_1^2=196.04$ ,  $P<0.001$ , Figura 3).

#### Figura 3

Descarga de efluentes en porcentaje de los sistemas de producción evaluados. \*\*\* $P<0.001$ .



## DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación destacan que la tecnología biofloc es una alternativa viable para el reciclaje de nutrientes en los sistemas acuícolas. Nuestros hallazgos indican que esta tecnología redujo el uso de agua y la descarga de efluentes, contribuyendo a mantener la estabilidad del ecosistema. Además, es una tecnología que garantiza la seguridad alimentaria en el marco de bienestar animal.

Los sólidos disueltos totales fueron significativamente mayores en el tratamiento TBF, lo cual es una característica típica de estos sistemas. En el sistema de biofloc, debido al proceso de reciclaje de nutrientes, la materia orgánica se encuentra en mayor cantidad, y tanto los sólidos disueltos como los suspendidos representan aproximadamente la mitad de este aporte (Kubitza, 2022). La conductividad eléctrica fue superior en TBF; este resultado está relacionado a los valores de sólidos disueltos totales obtenidos, ya que ambas variables están estrechamente correlacionadas y representan los iones de calcio, magnesio, sales y sólidos solubles que son buenos conductores eléctricos (Jiménez Jumbo *et al.*, 2024).

Los valores de las formas nitrogenadas y el fosfato fueron superiores en el tratamiento con biofloc. A pesar de que las formas nitrogenadas como el  $\text{NO}_3\text{-N}$  y  $\text{NO}_2\text{-N}$  fueron superiores en el biofloc, no mostraron signos adversos en el bienestar animal y desempeño productivo. La falta de efectos adversos puede estar ligada a que el tratamiento TBF mostró valores inferiores de 1 mg/L; en este sentido, Boyd y Pillai (1985), indican que valores superiores al 1 mg/L en nitrito pueden causar mortalidad en peces de cultivo.

Los valores estadísticamente superiores en las formas nitrogenadas pueden estar asociados a que las comunidades de bacterias heterotróficas no están totalmente desarrolladas, y la eficiencia en la utilización y eliminación se ve afectada. Por ejemplo, en un estudio de Du *et al.*, (2018) donde utilizaron glucosa y almidón como fuentes de carbono orgánico junto con bacterias heterotróficas (*Bacillus* sp.), encontraron que las bacterias jugaron un papel fundamental en la reducción del nitrito, destacando claramente el papel de estas comunidades de microorganismos heterotróficos en el ciclo del nitrógeno en sistemas acuícolas.

Las variables de bienestar animal, comportamiento, estrés y salud no se vieron afectadas por la tecnología biofloc. Este resultado es interesante si tomamos en cuenta que estamos utilizando una tecnología que puede afectar variables fisicoquímicas importantes para el bienestar animal como es el oxígeno disuelto. En este estudio, el oxígeno disuelto no fue diferente entre tratamientos y en el tratamiento BFT mostró valores superiores de 7 mg/L, que son apropiados para la tilapia del Nilo. Este resultado es diferente al estudio de Long *et al.*, (2015) con la misma especie, en donde reportaron valores superiores de oxígeno disuelto en el grupo control en comparación con el tratamiento con biofloc. Esta diferencia en los niveles de oxígeno en los tratamientos entre ambos estudios puede estar relacionada a la densidad utilizada que en el estudio citado fue de 3 Kg/m<sup>3</sup> y en nuestro caso fue de 0.85 Kg/m<sup>3</sup>.

Los peces del tratamiento TBF mostraron mayor ganancia de peso que el control empleando la misma tasa de alimentación. Se ha demostrado que los flóculos que forman el biofloc funcionan como una fuente de alimento integral (Becerril-Cortés *et al.*, 2018). En este mismo sentido, Ahmad



*et al.*, (2020) reportaron que la eficiencia de absorción de proteína se mejora considerablemente en los sistemas biofloc, lo que se ve reflejado en una mayor ganancia de peso. Una mayor ganancia de peso en el tratamiento de biofloc podría también estar explicada por la digestibilidad del alimento producto del tipo de proteína que se forma en los flóculos, mejorando el consumo de alimento (Santaella *et al.*, 2018).

El consumo de agua del tratamiento de biofloc fue solo el 2% del tratamiento tradicional. Esto tiene importantes repercusiones si tomamos en cuenta que el agua es cada vez más escasa y es un recurso necesario para el desarrollo de la acuicultura, que genera una fuerte competencia para consumo humano y de otras especies incrementando sus costos (Crab *et al.*, 2012).

La descarga de aguas residuales se redujo un 99% con la tecnología biofloc; este dato es relevante si vemos que la acuicultura se relaciona con impactos ambientales asociados a las descargas de efluentes con altos contenidos de formas nitrogenadas y fósforo que afectan la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (Khanjani *et al.*, 2024).

## CONCLUSIONES

La tecnología biofloc es apropiada para el reciclaje de nutrientes, reduce el impacto ambiental y no afecta el bienestar animal de las especies acuáticas cultivadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, A. F., Nasr, M., Guldhe, A., Kumar, G. S., Rawat, I. y Bux, F. (2020). Techno-economic feasibility of algal aquaculture via fish and biodiesel production pathways: A commercial scale application. *Science of The Total Environment*, 704, 135259.
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176 (3-4), 227-235.
- Avnimelech, Y. (2014). Biofloc technology. A practical guidebook. Third editions. [https://www.researchgate.net/publication/308052605\\_Biofloc\\_technology\\_A\\_practical\\_guide\\_book\\_The\\_World\\_Aquaculture\\_Society](https://www.researchgate.net/publication/308052605_Biofloc_technology_A_practical_guide_book_The_World_Aquaculture_Society)
- Becerril-Cortés, D., Monroy-Dosta, M., Emerenciano, M., Castro-Mejía, G., Bermúdez, B. S. y Correa, 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, 541-547.
- Botreau, R., Bracke, M. B. M., Perny, P., Butterworth, A., Capdeville, J., Van Reenen, C. G. y Veissier, I. (2007). Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints. *Animal*, 1, 1188-1197.
- Boyd, C. E. y Pillai, V. (1985). Water quality management in aquaculture. *CMFRI Special Bulletin*, 22, 1-44.



- Calderer, A. (2001). Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 64p.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. y Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357, 351-356.
- Du, X., Almeida, D., Song, D., Zhao, Z., Luo, L., Wang, C., Li, J., Wang, L., Ji, F. y Xu, Q. (2018). Effects of organic carbon addition on water quality and phytoplankton assemblages in biofloc technology ponds. *Aquaculture*, 497, 155-163.
- Ekasari, J., Crab, R. y Verstraete, W. (2010). Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17, 125-30.
- Food and Agriculture Organization. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. La transformación azul en acción. Roma. Editorial FAO, Editorial FAO, <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683es>
- Food and Agriculture Organization. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción Roma. Editorial FAO, <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683es>
- Granado, A. (2000). Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento de morocoto *Piaractus brachyomus*, Cuvier, 1818, (pisces: Characiforme), confinado en jaulas flotantes. Instituto limnológico. Universidad de oriente, Caicara del Orinoco. Venezuela. *Saber*, 12, 3-7.
- Hargreaves, J. A. (2013). Biofloc Production Systems for Aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center*, 4503, 1-12.
- Haridas, H., Verma, A. K., Rathore, G., Prakash, C., Sawant, P. B. y Rani, A. M. B. (2017). Enhanced growth and immuno-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. *Aquaculture Research*, 48, 4346-4355.
- Hlordzi, V., Kuebutornye, F. K. A., Afriyie, G., Abarike, E. D., Lu, Y., Chi, S. y Anokyewaa, M. A. (2020). The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: a review. *Aquaculture Reports*, 18, 100503.
- Jiménez Jumbo, L. D., Arias Ramírez, B. J., Arias Pastuna, M. A. y Reyes Cordova, A. L. J. (2024). Relación empírica entre sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica en las piscinas de cultivo piscícola del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica. *Technology Rain Journal*, 3(1), e25.
- Jones, E., van Vliet M. T. H., Qadir, M. y Bierkens, M. F. P. (2021). Country-level and gridded wastewater production, collection, treatment and reuse. *Earth System Science Data*, 13, 237-254.



- Khanjani, M. H., Sharifinia, M. y Emerenciano, M. (2024). Biofloc Technology (BFT) in Aquaculture: What Goes Right, What Goes Wrong? A Scientific-Based Snapshot. *Aquaculture Nutrition*, 2024, 7496572.
- Kubitza, F. (2022). Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação. 1ª edição, Jundiaí, SP-Brasil.
- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., & Wu, F. (2015). Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448, 135-141.
- Lyautey, E., Lacoste, B., Ten-Hage, L., Rols, J. L. y Garabetian, F. (2005). Analysis of bacterial diversity in river biofilms using 16S rDNA PCR-DGGE: methodological settings and fingerprints interpretation. *Water Research*, 39, 380-8.
- Millot, S., Bégout, M. L. y Chatain, B. (2009). Exploration behaviour and flight response toward a stimulus in three sea bass strains (*Dicentrarchus labrax* L.). *Applied Animal Behaviour Science*, 119, 108-114.
- Santaella, S., Vale, M., Cabral, C., de-Araujo, W., Pinto, A. y Viana, O. (2018). Biofloc production in activated sludge system treating shrimp farming effluent. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23, 1143-1152.
- Silva, P. I. M., Martins, C. I. M., Engrola, S., Marino, G., Øverli, Ø. y Conceição, L. E. C. (2010). Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: Evidence for coping styles. *Applied Animal Behaviour Science*, 124, 75-81.
- Yusoff, F. M., Umi, W. A. D., Ramli, N. M. y Harun, R. (2024). Water quality management in aquaculture. Cambridge Prisms: *Water*, 2(e8), 1-22.