

DESEMPEÑO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CULTIVO DE TILAPIAS¹

***Alexis Fernando Gómez-Canto²; Dianeth Silgado-Torres³;
América García-Becerra⁴; Johana Gutiérrez⁵***

RESUMEN

La actividad acuícola requiere agua constante y buena alimentación; debe tener condiciones físicas y químicas, que permitan el desarrollo integral de las especies cultivadas. El objetivo de esta investigación fue evidenciar en nuestro medio acuático si, mediante el sistema Biofloc en tinas, se pueden obtener crecimientos, ganancias de peso adecuados y baja mortalidad. Para ello, se realizó seguimiento del control en campo y aplicación de pruebas sobre las variables dependientes como pH, temperatura, cantidad de oxígeno disuelto, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrato, alcalinidad, dureza, fósforo total y turbiedad. De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso, crecimiento y bajo niveles de mortalidad, en las tinas evaluadas, sin recambio de agua con microorganismos eficientes y la tina testigo con recambio de agua. En conclusión, el sistema Biofloc es capaz de mantener parámetros físicos y químicos del agua sin recambio y solamente adicionando oxígeno artificial; por lo que se puede considerar una alternativa Ecoacuícola limpia para los productores.

Palabras claves: Biofloc, descomponedores, microorganismos eficientes, parámetros físico-químicos.

¹Recepción: 29 de septiembre de 2022. Aceptación: 14 de noviembre de 2022. Aporte de la Universidad Metropolitana de Ciencias Y Tecnologías (UMECIT) Santiago; Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) Estación Dulce Acuícola INA-Santiago, Centro y Agrobiológicos de Panamá ABP de Nata.

²Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT). ARAP Fomento de la Acuicultura. M.Sc. en Ciencias Ambientales. e-mail: alfgoc071@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8515-2964>

³Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP). Estación Dulce Acuícola INA. Ing. Agr. Zoot. e-mail: dsilgado@arap.gob.pa, <https://orcid.org/0000-0003-0312-1521>

⁴ARAP. Estación Dulce Acuícola INA. Ing. Agr. Zoot. e-mail: americabecerra21@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-5260-9462>

⁵Agro biológicos de Panamá (ABP). Bióloga. e-mail: johannagls@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6657-1752>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PERFORMANCE OF EFFICIENT MICROORGANISMS IN THE CULTURE OF TILAPIAS

ABSTRACT

The aquaculture activity requires constant water and good feeding; it must have physical and chemical conditions that allow the integral development of the cultivated species. The aim of this research was to demonstrate in the aquatic environment if the Biofloc system in vats can obtain growth, adequate weight gains and low mortality. To do this, monitoring of field control and tests on dependent variables such as pH, temperature, amount of dissolved oxygen, nitrite, ammoniacal nitrogen, nitrate, alkalinity, hardness, total phosphorus and turbidity were applied. According to the results, there were no significant differences in weight gain, growth and low mortality levels in the evaluated tanks, without water replacement with efficient microorganisms and the control tank with water replacement. In conclusion, the Biofloc system is capable of maintaining water physical and chemical parameters without replacement and only artificial oxygen is added; being considered as a clean Eco-aquaculture alternative for the producers.

Key words: Biofloc, decomposers, efficient microorganisms, physical-chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

Para conceptualizar la acuicultura, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) la define como “El cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como continentales como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción, por lo tanto, podemos considerar que esta actividad la cual no está promovida como comercial, ni de grandes aportes económicos al país, se convertirá en un movimiento de gran proyección al futuro como lo es en la actualidad para otros países centroamericanos”.

Otra definición de acuicultura por Aguirre (2005), quien señala: “La acuicultura es el cultivo de plantas y animales útiles en ambientes acuáticos confinados, hechos por el hombre, donde estos organismos no pueden escapar y se realizan la alimentación, reproducción, el crecimiento y cosecha de manera controlada. Es una actividad interdisciplinaria como quiera que en ella confluyen de manera integrada: biología, química, física, estadística, ingeniería,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

economía y otras. Ejemplo: peces, camarones, caracoles, ranas, algas, arroz bajo inundación, entre otros.”

Tradicionalmente, en Panamá para que se desarrolle la acuicultura es necesario tener en la finca un suministro de agua permanente, para recambio y oxigenación del estanque, pileta o tina donde se practica la actividad acuícola y mantener saludable el ecosistema, evitando posibles elementos de contaminación o afectación del medio, así como, una suplementación adecuada que garantice la nutrición de los organismos cultivados, lo cual se reflejan en el crecimiento y ganancia de peso proporcional al tiempo de cultivo.

El utilizar sustratos naturales y probióticos en el cultivo de *Oreochromis* sp. en un sistema de cero recambios de agua realizado por Palma Ponce et al. (2018), llegaron a la conclusión que “Los mejores resultados en un sistema Biofloc, dependerán del mantenimiento adecuado de la calidad del agua dentro del cultivo, oxigenación continua para mantener sólidos en suspensión distribuidos en toda la columna de agua y poder ser consumidos por los peces”.

El informe de la FAO (2020) señala que el estado mundial de la pesca y la acuicultura expresa: “En 2018, la acuicultura continental produjo 51,3 millones de toneladas de animales acuáticos, lo que equivale al 62,5% de la producción mundial de pescado comestible cultivado, en comparación con el 57,9% en 2000”.

Esta situación es una oportunidad de impulsar la actividad acuícola a niveles comerciales como una alternativa de producción de las áreas rurales.

Esta investigación pretende proporcionar datos técnicos, sobre el uso y comportamientos del sistema Biofloc, en la ceba de tilapias rojas, como descomponedor mejora las condiciones del agua en cuanto al contenido de materia orgánica y sus estándar físico y químico, condiciones similares a las de un estanque normal, a la vez contribuye con darle un mejor uso de las fuentes de agua y evitar el uso inadecuado de los afluentes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Bioflocs Technology, señala que Biofloc “son acumulaciones masivas de bacterias y otros microorganismos que conforman unas estructuras amorfas de varios micrómetros hasta varios milímetros llamados flóculos” (Avnimelech, 2015).

En el estudio se utilizó un producto denominado descomponedores de material orgánico (DMO), cuyos microorganismos eficientes permiten al cultivo de tilapias tener ganancia de peso, crecimiento, y mortalidad sin diferencias apreciables en comparación con el control con recambio de agua, además se demuestra que el costo de producción es acorde a la producción de tilapias a un nivel comercial.

Los Microorganismos Eficientes (ME o EM), son considerados un grupo de especies microbianas cuya presencia o inoculación en el suelo es capaz de mejorar fertilidad física, química, biológica y resistencia a patógenos entre otras (Ibáñez, 2011).

Esta tecnología nace en Ryukyu Daigaku en Okinawa, Japón creada por Higa Teruo, profesor de Horticultura en la década de los ochenta, relacionada con el uso de los microorganismos eficientes (Ibáñez, 2011).

Cuando nos referimos a calidad del agua, según Aguirre (2005), es “Cualquier característica del agua que afecta la supervivencia, reproducción, crecimiento, producción o manejo de peces en cualquier forma, los cuales se presentan diversos parámetros permisibles en el cultivo de tilapias”.

Es importante recordar que el biofloc se basa en el uso de inóculos, sustancia adicionada en el agua para acelerar la descomposición de los nitritos, nitratos y amonio que son los residuos orgánicos generados por los peces, se recomienda añadir melaza pues, funciona como carbohidrato soluble para alimentación del biofloc y ayuda a controlar la toxicidad del amonio; como señala Luis A. Jaimes, (comunicación personal, 2018), productor de tilapias de Caldas Colombia.

Un aspecto clave del estudio en la implementación del Biofloc, son los sistemas de aireadores que ayudarán a una circulación constante del oxígeno, el tiempo establecido



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

para que los aireadores permanezcan encendidos es de 24/7, de lo contrario la materia orgánica va al fondo y se descompone afectando su cultivo y la producción.

Para una mejor funcionalidad de los ME, en un cultivo acuícola, debemos tener presente la relación C: N, como lo señala Kubitzka (2011). “La relación C: N de los residuos dependerá mucho de los niveles de proteína de la ración que sea utilizada. Cuanto mayor sea el porcentaje de proteína, mayor será el tenor de nitrógeno en la ración, resultando residuos con baja relación C: N.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó esta investigación con una duración de 150 días (octubre 2019– marzo 2020), se evaluaron de tres tinajas, dentro de las instalaciones de Estación Dulce Acuícola de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP, ubicada en el Instituto Nacional de Agricultura, Corita, corregimiento de Santiago Este, distrito de Santiago, provincia de Veraguas, con las coordenadas UTM (E 532166,31 – N 900173,87).

Las tinajas circulares de concreto con superficie de 4,1 m³, dos de ellas denominadas PC 1 y PC 2 con Biofloc la PC 3 (Tina Control) sin Biofloc, pero con entrada de agua de recambio, cada una con una población inicial de 190 alevines, a razón de una densidad de 47 alevines de tilapias rojas por m³; con un peso promedio por alevín de 1,72 g y una talla de 4,25 cm en promedio, sembrados el día 14 de octubre de 2019 y culminando el 13 de marzo de 2020. A todas las tinajas se les suministraba aireación mediante un blower de ½ Hp, para la oxigenación artificial. La especie utilizada en el estudio fue la Tilapia Nilótica (*Oreochromis* sp.) producidas en la estación ARAP INA – Corita.

Sistema y dosis de Biofloc

En el desarrollo de esta investigación, se utilizaron los ME de la empresa Agro Biológicos de Panamá (ABP) denominado Descomponedor de Materia Orgánica (DMO), citando el catálogo Ficha Técnica Bacter DMO para uso acuícola (2018), cuyos componentes son de los flóculos bacterianos manipulados en laboratorio: *Bacillus subtilis*, *Bacillus* spp, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Lactobacillus* y *levaduras* a una concentración mínima de 1x10⁹ (UFC/ml).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El DMO se caracteriza por estar formulada con diversas cepas de microorganismos de los géneros *Bacillus*, *Lactobacillus* y *Saccharomyces*, seleccionados como biocontroladores, biorremediadores y probióticos, comunidades microbianas que reducen o eliminan especies patógenas, mejorando el crecimiento y supervivencia de las especies acuáticas, consideradas métodos de control biológicos.

La aplicación del Biofloc como medio de floculación inicial de cada tina, se evaluó el desempeño de los microorganismos eficientes (ME), en las piletas PC 1 y PC 2, antes de la siembra, además de la utilización de un blower eléctrico (Figura 1).



Figura 1. A. Estructuras Utilizadas, B. Aplicación de Biofloc y Aireación, C. Siembra de tilapias.

El proceso de floculación, se mantuvo dando un seguimiento diario y adecuación de las dosis de ME, según los resultados preliminares de la evaluación de los parámetros físicos – químicos del agua, recolectando datos detallados de los cambios correspondientes y la fijación de dosis final del sistema en cada tina estudiada (Cuadro 1).

Esto significa que la dosis establecida en el estudio donde se obtuvo mejores estándares en cuanto a nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato, fue de 12 cc/m³ de agua, diluidos con 30 g de melaza y 1,0 L de agua por tina.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Dosificación del Biofloc (ME) por etapas del cultivo.

Días/cultivo	Dosis (cc/Tina)	Dosis (cc Total)	Observación
0	1,000	2,000	Floculación pre siembra
1 – 50	41	82	Dosis inicial
51-70	82	164	Dosis por elevación nitritos
71	1,000	2,000	Bajar el exceso de solidos
72-73-75	100	200	Estabilizar el medio
77 – 152	49	98	Dosis final establecida

Suplementación y tabla de alimentación

Desde el día uno hasta finalizar el estudio, se estableció según tabla de alimentación el suministro de alimento, tomando en cuenta los resultados de los controles biométricos de peso y tallas, se asignó el porcentaje de la tasa de alimentación considerando el peso aproximado de las tilapias. Estos suplementos suministrados contienen 45, 40 y 29% de proteína por etapa del cultivo y en presentación de pellets flotantes.

Control biométrico pesaje de las tilapias

Esta actividad permitió coleccionar, verificar y determinar los datos de evaluación del peso mediante el muestreo biométrico que consiste en el pesaje de las tilapias con el uso de balanza portátil o electrónica digital en gramos, sumatoria y división del resultado entre la cantidad de peces muestreados.

Para el cálculo de la ganancia de peso: $Px = \sum \text{pesaje} / n$

Se procedió a verificar si los peces mantuvieron su peso promedio, al final del tiempo en que se realizó la investigación (Figura 2).

La comprobación se realizó a través de una prueba de medias referente a los pesos promedios al final del período.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los datos:

$$n_1 = 8 \quad n_2 = 8$$

$$\bar{X}_1 = 62.36, \quad \bar{X}_2 = 61.83$$

$$S_1^2 = 4487.23, \quad S_2^2 = 5227.84$$

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{62.36 - 61.83 - 0}{\sqrt{\frac{4487.23}{8} + \frac{5227.84}{8}}}$$

$$Z = \frac{0.53}{\sqrt{\frac{9715.07}{8}}} = \frac{0.53}{\sqrt{1214.38}} = \frac{0.53}{34.847} = 0.015209, \text{ para } t_{0.025,14} = 2.145$$

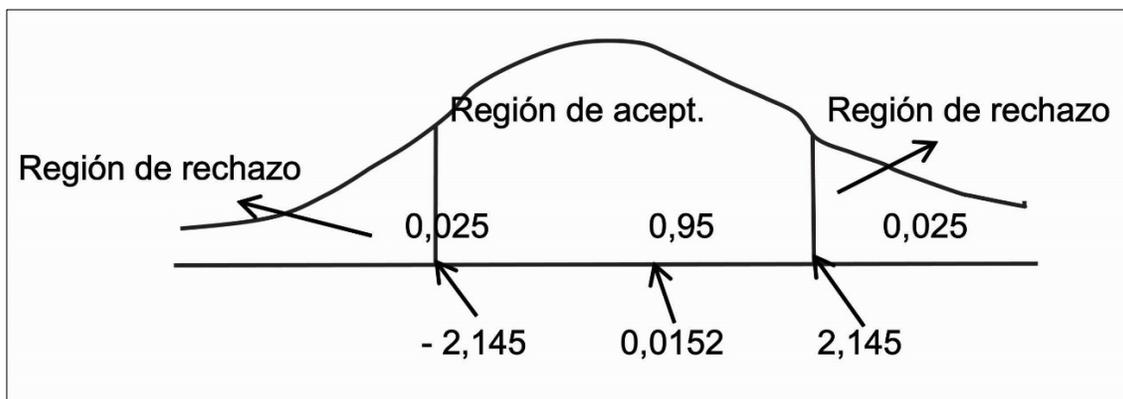


Figura 2. Región crítica del muestreo de peso promedio de las tilapias.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Medición del crecimiento de las tilapias

Muestreo de las tilapias para medición del tamaño (talla), con una regla en centímetros y cálculo de la sumatoria de las tallas muestreadas y se divide entre el No. total, de la muestra.

Para el cálculo de la talla se determina mediante: $T_x = \sum \text{tallas} / n$

Verificamos si existe diferencia significativa entre las tallas promedios de los peces al final de la investigación.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{62.36 - 61.83 - 0}{\sqrt{\frac{4487.23}{8} + \frac{5227.84}{8}}}$$

$$Z = \frac{0.53}{\sqrt{\frac{9715.07}{8}}} = \frac{0.53}{\sqrt{1214.38}} = \frac{0.53}{34.847} = 0.015209, \text{ para } t_{0.025,14} = 2.145$$

Entre las tallas promedio de peces en las tinas en las que se aplicaba la tecnología Biofloc y la tina que se le permanecía suministrando agua, al nivel de significancia del 5% no mostraron diferencia significativa (Figura 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

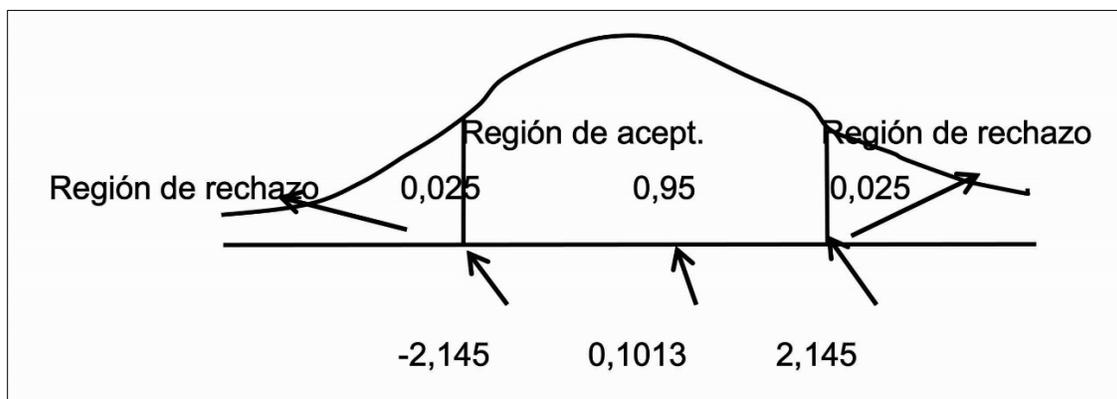


Figura 3. Región crítica de muestreo para la talla promedio de la tilapia.

Cálculo de la mortalidad

Se realizó mediante la observación diaria del proyecto, en donde se anotaban la cantidad de tilapias muertas durante el día o la noche, se recolectaron los datos y se restaba del lote original, calculando el porcentaje de mortalidad respectivo.

Estimación matemática del porcentaje de mortalidad y sobrevivencia existente:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{No. Peces muertos}}{\text{Total de peces existentes}} \times 100$$

Para este control, tenemos una muestra de $n = 30$, revisiones realizadas durante el período de estudio.

La comprobación se realizará a través de una prueba de medias de la cantidad de peces fallecidos.

Los datos:

$$n_1 = 30 \quad n_2 = 30$$

$$\bar{X}_1 = 1,033 \quad \bar{X}_2 = 0,9333$$

$$S_1^2 = 2,4236 \quad S_2^2 = 3,0344$$

Las muestras son aleatorias e independientes y fueron extraídas de una población aproximadamente normal con varianza poblacional desconocida y diferentes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta = 1,033 - 0,933 - 0$$

$$\frac{0,100}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{0,100}{\sqrt{\frac{2,4236}{30} + \frac{3,0344}{30}}}$$

$$\frac{0,100}{\sqrt{5,7676}} = \frac{0,100}{\sqrt{0,1923}}$$

$$Z = 0,2281, \text{ para } t_{0,025, 58} = 2,000$$

Entre el número de peces muertos en las tinas en las que se aplicaba la tecnología Biofloc no mostró diferencias significativas con respecto a la tina con permanentemente suministro de agua, al nivel de significancia del 5% (Figura 4).

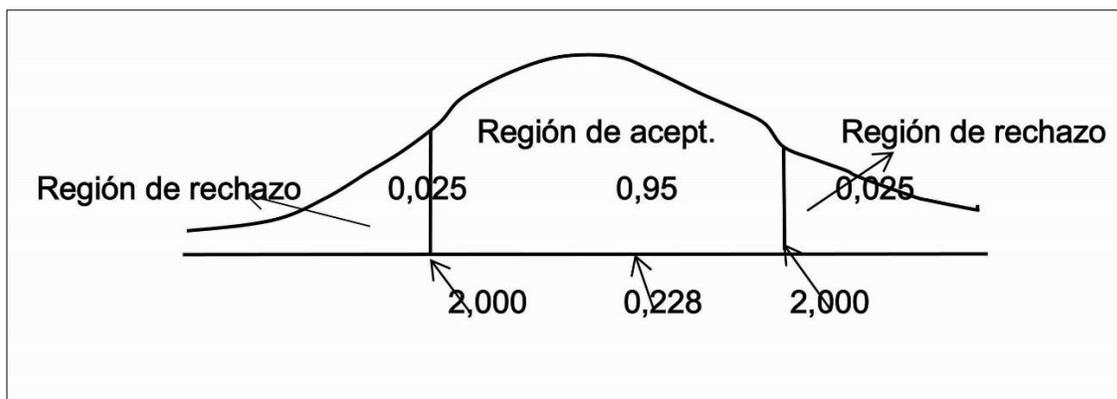


Figura 4. Región crítica de mortalidad.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua

Temperatura: Mediante el uso de una sonda multiparámetro, introduciendo el sensor al agua por unos 45 segundos, se determina diariamente la temperatura del agua, lecturas digitales.

pH: Este parámetro se calculó mediante el uso de la sonda multiparámetro, introduciendo por 45 segundos el sensor al agua y se lee el resultado digitalmente.

Cantidad de oxígeno disponible (COD): Se analizaron los niveles de COD, mediante el uso del reactivo TNT825, con el procedimiento que se detalla a continuación:

- a. Se puso a funcionar el reactor, precalentando a 150° C, se cerró la campana o escudo de seguridad frente al reactor.
- b. Se canalizó cuidadosamente 2,0 ml de la muestra en cada vial por piletta.
- c. Cerrando cada vial y se invirtió para mezclar.
- d. Se colocó y calentó la muestra vial en el reactor durante dos horas.
- e. Se esperó 20 minutos y se retiró los viales, invirtiendo o mezclando dos veces.
- f. Dejar enfriar a temperatura ambiente en porta tubos.
- g. Limpiando a fondo el exterior del vial e insertando la muestra en el soporte de la celda del espectrofotómetro DR 1900, se presionó leer 2 y se anotó los resultados.

Nitrito: se determinó el nitrito de bajo rango por el método de diazotización NitriVer 3. Con los siguientes pasos:

- a. Se utilizó la prueba 371 N, llenando una celda con 10 ml de la muestra.
- b. Se agregó el contenido de una almohadilla de polvo de reactivo NitriVer 3 Nitrito.
- c. Si el nitrito está presente, se formará un color rosado, con el remolino al disolver la mezcla.
- d. Se inició el temporizador del instrumento, comenzando un periodo de reacción de 20 minutos.
- e. Se colocó el instrumento DR 1900 en cero, y la pantalla mostró 0,00 mg/L NO₂-N.
- f. Se limpió la muestra preparada y se insertó en el soporte de la celda y se leyeron los resultados en mg/L NO₂-N.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nitrato: se determinó el nitrato $\text{NO}_3\text{-N}$ de rango alto y medio mediante el método de reducción con cadmio.

- a. Se inició el programa 355 N, Nitrato, HR PP, se llenó una celda con 10 ml, de la muestra.
- b. Se adicionó el contenido de una almohada del reactivo en polvo NitraVer 5, se colocó el tapón en la celda de la muestra.
- c. Inició el temporizador del instrumento, midiendo el tiempo de reacción de 1 minuto.
- d. Se colocó el tapón de la celda de la muestra, se agitó la celda vigorosamente hasta que expire minuto del temporizador, algo de polvo puede no disolverse, pero no afectar los resultados.
- e. El temporizador del instrumento lleva el tiempo de 5 minutos de reacción, un color ámbar se muestra si hay nitrato presente.
- f. Se colocó el instrumento 0,0 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$. Se limpió la celda de la muestra preparada.
- g. Dentro de un minuto después que expire el temporizador, se inserta la muestra preparada en el soporte de la celda.
- h. Los resultados se muestran en mg/L.

Nitrógeno amoniacal: se determinó del Nitrógeno Amoniacal, Cianuro de Amonio y Silicato de Amonio.

- a. Se Llenó una celda con 10 ml de la muestra y se agregó el contenido de la almohadilla de silicato de amonio en polvo a cada celda de muestra.
- b. Se colocó el tapón en la celda de la muestra y se agitó para disolver el reactivo.
- c. El temporizador del instrumento lleva el tiempo de reacción de 3 minutos.
- d. Después de expirar el tiempo, se agregó el contenido de una almohada de polvo de cianurato de amoniaco en cada celda de muestra.
- e. Se colocó el tapón de la celda de la muestra y se agitó para disolver el reactivo.
- f. El temporizador del instrumento llevó el tiempo de reacción de 15 minutos, para observar si se presenta un color verde que indique si hay nitrógeno amoniacal.
- g. Se limpió el preparado de la muestra y se insertó en el soporte de la celda y presentó el resultado en mg/L de $\text{NH}_3\text{-N}$.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Alcalinidad: kit de la alcalinidad mediante la valoración por recuento de gotas.

- a. El tubo de medición se llenó con la muestra y se vertió en la botella de mezcla.
- b. Se agregó una almohada de Fenolftaleína en polvo y se mezcló el indicador. Si la solución es incolora, la alcalinidad de la Fenolftaleína es cero. Pasar al paso (d).
- c. Si la solución no es incolora, agregue una solución estándar de ácido sulfúrico 0,035 N por gotas, mezcle después de cada gota; cuente las gotas hasta que el color cambie de rosa a incoloro. Multiplique el número de gotas por 20 para obtener el resultado de alcalinidad de Fenolftaleína como CaCO_3 .
- d. Se agregó una almohada de polvo Bromocresol Green-Methyl Red, para mezclar.
- e. Se agregó la solución estándar de ácido sulfúrico 0,035 N en gotas. Se mezcló después de cada gota, cuente las gotas hasta que el color cambie de verde a rosado.
- f. Se calculó el número de gotas del paso 4 (si fue necesario) y el paso 7. Multipliqué el número total de gotas por 20 para obtener el resultado de alcalinidad Total (naranja de metilo) como CaCO_3 .

Dureza: método de conteo de gotas.

- a. Se agregó un tubo de medición lleno de muestra a la botella mezcladora.
- b. También una almohadilla de reactivo en polvo de dureza única a la botella para mezclar.
- c. Se añadió reactivo de titulación de dureza 3 por gotas, cuente las gotas hasta que el color cambie de rosa a azul, sostenga el gotero verticalmente, mezclas después de cada gota.
- d. Se calculó los resultados, cada gota de reactivo dureza 3 equivale a 1 g por galón de dureza como carbonato de calcio (CaCO_3). El resultado puede expresarse en mg/L, multiplicando el número de gramos por galón por 17,1.

Cloruro: método de titulación de conteo de gotas con titulador de nitrato de plata.

- a. Se llenó el tubo de medición con la muestra y se vertió en la botella de mezcla.
- b. Se agregó una almohadilla del indicador Cloruro 2.
- c. Gire la botella hacia la izquierda y hacia la derecha para mezclar.
- d. Se agregó la solución de titulación de nitrato de plata por gotas mezclando en cada gota, se contaron las gotas hasta que cambió a color rojo ladrillo.
- e. Se multiplicó el número de gotas por 20 para obtener el resultado en mg/L.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Fósforo total: Se determinó el fósforo total, rango alto mediante el método de ácido ascórbico. Donde se siguieron los siguientes pasos: Configure el reactor DRB 200 a encendido, ajuste la temperatura a 100° C.

- a. Se retiró con cuidado la tapa del Dosicap Zip y la tapa del vial de prueba.
- b. Se usó una pipeta para agregar 0,5 ml, de muestra al vial de prueba.
- c. Se giró la cremallera del Dosicap para que el lado del reactivo quede en el vial de prueba, apriete la tapa del vial.
- d. Se agitó el vial de 2 a 3 veces para disolver el reactivo en la tapa, se miró a través del extremo abierto del Dosicap para asegurarse de que el reactivo se allá disuelto.
- e. Se insertó el vial en el reactor DRB 200 precalentado, se cerró la tapa y se mantuvo el vial en el reactor durante 1,0 hora.
- f. Cuando el temporizador terminó, se retiró el vial del reactor, se colocó en una gradilla de tubos de ensayo, se dejó que disminuyera el calor a temperatura ambiente.
- g. Se utilizó una pipeta para agregar 0,2 ml de solución B al vial de prueba, se ajustó inmediatamente la tapa del recipiente de la solución B.
- h. Se colocó el Dosicap C en el vial, se apretó la tapa del vial se invirtió el vial de 2 – 3 veces e inició el tiempo de reacción por 10 minutos.
- i. Pasado los 10 minutos, se realizó la inversión del vial de 2 a 3 veces.
- j. Se limpió el vial, se seleccionó en el reactor DR 1900 el programa 844, se insertó el vial en el soporte de la celda y se realizó la lectura del resultado en mg/L de PO_4^{3-} .

Costo de producción

El costo de producción para el cultivo de 500 tilapias en sistema Biofloc se estimó para un cultivo normal de 5 meses de producción, tomando en cuenta la semilla de tilapia, biofloc, alimento, blower, energía eléctrica y mano de obra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso y talla

Estos resultados enfatizan citando a Rodríguez Gómez y Anzola Escobar (2009). Señalan: “Las diferentes variables que intervienen en un estanque como son las relaciones tróficas. biocenosis establecidas, capacidad de reciclaje de los nutrientes, autoproducción y autodepuración de los mismos y los parámetros fisicoquímicos del agua determinan la



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

variación, cantidad y calidad de los organismos que viven en él. Toda especie tiene un rango óptimo para desarrollarse normalmente, el cual está básicamente dado por la temperatura, oxígeno, tipo y cantidad de nutrientes sólidos disueltos, salinidad. pH, dureza, alcalinidad, etc.” Por estas razones entendemos que el ecosistema de producción acuícola, permite la interrelación de los diversos componentes para el desarrollo de las especies que habitan en él, sin embargo, podemos considerar el Biofloc como un plus adicional natural que facilita el descomponer los desechos del entorno y facilitar una mejor calidad del agua y de sus parámetros fisicoquímicos, sin alterar significativamente el ecosistema, permitiendo sus funcionalidad y la adaptación de la tilapia a un sistema de producción sostenible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ganancia de peso y talla en piletas con Biofloc.

	Tina C 1		Tina PC 2		Tina PC 3	
	Peso PC 1	Talla PC 1	Peso PC 2	Talla PC 2	Peso PC 3	Talla PC 3
Media	64,89375	12,76375	62,355	12,68625	61,8325	12,37
Error típico	25,313267	2,2611809	23,683398	2,1581912	25,563259	2,1744975
Mediana	42,475	12,59	41,405	12,18	36,24	11,735
Moda	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Desviación estándar	71,596731	6,3955854	66,986766	6,1042864	72,303815	6,1504077
Varianza de la muestra	5126,0919	40,903513	4487,2268	37,262312	5227,8417	37,827514
Curtosis	0,5074005	-1,263028	0,8048068	-1,116564	1,8535164	-0,777917
Coeficiente de asimetría	1,1690756	0,1898858	1,1957	0,1407998	1,5035498	0,3178187
Rango	199,88	17,86	191,28	17,4	209,19	17,93
Mínimo	1,72	4,25	1,72	4,25	1,72	4,25
Máximo	201,6	22,11	193	21,65	210,91	22,18
Suma	519,15	102,11	498,84	101,49	494,66	98,96
Cuenta	8	8	8	8	8	8
Mayor (1)	201,6	22,11	193	21,65	210,91	22,18
Menor (1)	1,72	4,25	1,72	4,25	1,72	4,25
Nivel de confianza 95,0%	59,856365	5,3468432	56,002338	5,1033111	60,447502	5,1418695



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de la mortalidad

La mortalidad indica que la diferencia entre cultivar tilapias añadiendo microorganismos eficientes (Biofloc), mantienen baja la mortalidad en comparación con el manejo del cultivo tradicional que conlleva el recambio de agua constante del estanque o en una tina (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mortalidad de tilapias con sistema Biofloc.

	<i>Mortalidad PC 1</i>	<i>Mortalidad PC 2</i>	<i>Mortalidad PC 3</i>
Media	1,06896552	1,03448276	0,96551724
Error típico	0,28909164	0,32347695	0,41665676
Mediana	1	0	0
Moda	1	0	0
Desviación estándar	1,55680613	1,74197668	2,24376531
Varianza de la muestra	2,42364532	3,03448276	5,03448276
Curtosis	7,9916944	3,32977534	5,58729529
Coefficiente de asimetría	2,68345532	2,03344157	2,61336367
Rango	7	6	8
Mínimo	0	0	0
Máximo	7	6	8
Suma	31	30	28
Cuenta	29	29	29
Mayor (1)	7	6	8
Menor (1)	0	0	0
Nivel de confianza (95%)	0,59217738	0,66261249	0,85348268

Podemos reafirmar lo que indicamos al principio y que señala Kubitz, 2016 en Panorama da Acuicultura, 26 (154), (Adaptado por Dirección de Acuicultura, 2017), "El nitrito es un compuesto nitrogenado mucho más tóxico para los peces que el propio amoníaco. Dicho compuesto se combina en la sangre de los animales a su hemoglobina e impide que transporte el oxígeno hacia los demás tejidos del cuerpo. Cuando el gas



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

carbónico está en exceso en el agua, dificulta la respiración de los animales (difusión de oxígeno a través de las branquias) en los peces. Por lo tanto, la combinación de oxígeno en bajo nivel, alto gas carbónico y elevados niveles de nitritos se convierte en un cóctel mortal para los peces”. Resaltamos los resultados de muestreo y análisis de los niveles de nitrito durante toda la fase de la investigación se lograron mantener en promedio de 0,00 mg/L, esto nos indica que la dosis de 12 cc/M³ del Biofloc, mantuvo la calidad óptima del agua para el cultivo de tilapias, evitando una mortalidad superior al 15%, es decir que los Microorganismos Eficientes tienen la capacidad de limpiar y reducir la contaminación por la descomposición de materiales orgánicos en el ecosistema de la tina.

Otro aspecto relevante del desempeño de los Microorganismos Eficientes del Sistema Biofloc vs. el desarrollo del cultivo de tilapias, es que facilitan un entorno natural y logra mantener niveles aceptables de los parámetros físicos y químicos del agua, situación que la podemos nombrarle como sistema Ecoacuícola.

Evidenciando las medias de la temperatura promedio en las piletas evaluadas, PC 1 (27,11° C); PC 2 (27,3° C) y pileta control PC 3 (27,76° C). Datos colectados durante los cinco meses del estudio en época de invierno y verano, que indica una temperatura estable y sin diferencias en cada pileta.

En los controles se promediaron los resultados del pH en cada una de las piletas, durante los cinco meses de investigación, con los siguientes promedios calculados: PC1 (pH 8,2); PC 2 (pH 8,2) y pileta control (pH 8,3).

Los factores físico – químicos, indicaron que el sistema Biofloc con respecto a un medio natural (recambio de agua), mantiene el pH del agua, no hay significativa diferencia en cada pileta durante el proceso.

En este punto citamos a Landino-Orjuela y Rodríguez-Pulido (2009). Señalan: “La combinación de una bacteria ácido láctica, una bacteria fototrófica y una levadura también conocida como EM (effective microorganisms) se desarrolla en un medio con pH ácido de 4 o menor el cual es producto de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

contenidos en la melaza, es promocionada por lo que han denominado su capacidad sinérgica, sintropica y metabiotica para ser empleada en muchos campos, multipropósito; uno de ellos es la disminución de la capacidad contaminante de las aguas servidas dada su capacidad para desdoblar la materia orgánica. Sin embargo, no se conocen reportes en acuicultura que permitan establecer su efectividad en el mejoramiento de la calidad del agua empleada en cultivo”. Podemos señalar que este estudio promueve en primer lugar una nueva condición de desarrollo de lactobacillus en un pH > 4, en segundo lugar, el Biofloc proporciona un mejoramiento en la calidad del agua sustentado en el desarrollo, peso y crecimiento de las tilapias cultivadas.

La disponibilidad de oxígeno es de importancia para el cultivo de tilapias, se obtuvo un promedio de COD en la tina PC 1 (5,92 Mg/L). en la Tina PC 2 (5,54 Mg/L). y en la tina Pileta control (5,07 Mg/L). Lo que nos demuestra que no hay gran diferencia de COD, entre las tres tinas evaluadas, rango aceptable en el cultivo de las tilapias.

En este punto es importante resaltar la influencia del estado del tiempo lluvioso, donde se pudo observar que en días nublados, el comportamiento de las tilapias disminuye en el consumo de alimentos, por lo tanto se puede alcanzar mayor grado de descomposición de este residuo lo cual afecta la calidad del oxígeno disponible y de un posible aumento del amonia y de los nitritos, por tal razón se disminuye o se suspende el suministro de alimento hasta que se normalice el estado del tiempo, evitando así la mortalidad de los peces en cultivo.

Se promedió los niveles de nitrito en cada pileta con un rango para cada pileta con los siguientes resultados: PC 1 (0,22 Mg /L); pileta PC 2 (0,00 Mg/L) y Pileta control (0,33 Mg/L), lo cual nos indica que las piletas con Biofloc mantuvo un rango menor que la pileta con recambio de agua.

Los promedios obtenidos en el estudio de Nitrato fueron en las tinas las siguientes: PC 1 (0,00 mg/L); PC 2 (0,00 mg/L) y Pileta control (0,00 mg/L). Este resultado podemos resaltar citando a Mollapaza (2017). “Cuando los niveles de nitratos empiezan a



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

aumentar progresivamente, se deben realizar cambios parciales de 20 a 30% de agua cada 3 a 4 días hasta que la situación se estabilice”; sin embargo, los controles de calidad de agua sin recambio de agua, mantuvieron niveles de 0,0 mg/L en todo el período de evaluación de la investigación.

En cuanto a los promedios obtenidos de los muestreos de Nitrato y Nitrógeno Amoniacal, se obtuvieron los siguientes resultados: Pc 1 (0,00 mg/L; Pc 2 (0,00 mg/L) y Pileta control (0,00 mg/L), esto nos indica que es favorable para el desarrollo de las tilapias y la salud humana.

En el promedio de alcalinidad en las tres tinas fue: PC 1 (137 mg/L); PC 2 (140 mg/L) y Pileta control (160 mg/L). Estos resultados indican que el sistema Biofloc, se mantuvo en el rango permisible y la tina con recambio mostro un mínimo de elevación de la alcalinidad, sin embargo, no es causa de efectos negativos.

Los controles aplicados nos indican que los análisis de dureza promediaron los siguientes datos: PC 1 (71,82 mg/L); PC 2 (75,24 mg/L) y Pileta control (92,34 mg/L), indican un rango de dureza de agua suaves a moderadamente suaves, característico de la mayoría de los recursos hídricos de Panamá, lo cual es una ventaja comparativa en relación a otros países latinos.

Los controles de cloruros en las tres tinas promediaron los siguientes datos: PC 1 (60 mg/L); PC 2 (56 mg/L) y Pileta control (52 mg/L). No hay diferencias la cantidad de cloruro en el agua y resalta bajo contenido de este elemento.

El fosfato total indicó según los siguientes promedios: PC 1 (10,31 mg/L); PC2 (9,28 mg/L) y Pileta control (3,88 mg/L), que son valores aceptables para el cultivo de tilapias. Otro aspecto relevante es que en la época de verano sólo fue necesario el reponer agua en las piletas con biofloc, por efectos de la evaporación por los rayos solares, se realizaba esta acción cada semana, donde se tenía 7,0 cm de evaporación.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Podemos resaltar el consumo de alimentos y las diferencias de peso de la producción, como se refleja en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Población final, consumo total alimento y peso final.

Población Tilapias			Consumo Alimento (kg)			Peso Total (kg)			Conversión		
PC 1	PC 2	PC 3	PC 1	PC 2	PC 3	PC 1	PC 2	PC 3	PC 1	PC 2	PC 3
159	160	160	14,92	13,89	14,83	32,02	30,85	34,13	0,47	0,45	0,43

Producción en kilogramos que generó las piletas con ME:

Pileta PC 1: una producción de 7,81 kg/m³, con una población de 39 peces/m³. Con un peso promedio 200 g/tilapia.

Pileta PC 2: tenemos una producción de 7,52 kg/m³, una población de 39 tilapias/m³, y un peso promedio de 193 g/tilapia.

Pileta control PC 3: sin Microorganismos Eficientes, se obtuvo una producción de 8,32 kg/m³, una población de 39 tilapias/m³, y un peso promedio de 213,55 g/tilapia.

En cuanto al costo de producción del proyecto, la proyección de la producción y sus beneficios/costo, los datos se tomaron en base a la población de cultivo al momento del estudio, con los insumos utilizados para el mismo, sin embargo, puede ser útil como referencia en contraste con el costo de un proyecto acuícola de tilapias tradicional, donde uno de los elementos a tomar en cuenta es la utilización de menor cantidad de suplemento para los peces, considerando que este es el insumo de mayor exigencia, representando el 60% del costo de producción (Cuadro 5), se totaliza 56,699 kg de suplemento suministrados en toda la fase de investigación de 5 meses, donde se indica que producir 0,45359 kg de carne de tilapias, se debe consumir 0,907 kg de alimento, el estudio arrojó una producción de 97 kg, por lo tanto en un proyecto normal de cultivo de tilapias, se debieron haber consumido un total de 193,99 kg de alimento para tilapias. Este resultado nos indica que se redujo la cantidad de alimento suministrado en un 50% de la inversión total en suplemento alimenticios.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Costo de producción para 500 tilapias en Biofloc.

Insumo	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Semillas Tilapias	500	0,03	15,00
Tina/ mes	5	10,00	50,00
Biofloc (cc)	2160	0,013	28,08
Alimento 45 % (L)	20	0,94	18,80
Alimento 40 % (L)	25	0,80	20,00
Alimento 29 % (L)	30	0,65	19,50
Alimento 24 % (L)	50	0,50	25,00
Blower /Luz Elec. /M	5	3,00	15,00
Mano de Obra	5	30	150,00
Sub Total			341,38

Mortalidad (15%) = 75 tilapias

Producción:

425 tilapias con peso final = 97 kg totales

Precio de Venta: B/. 3,85/kg

Venta Total = 97 (3,85) = 373,45

Ganancia Neta = 373,45 – 341,38 = B/. 32,07

Beneficio/Costo = 373,45 / 341,38 = B/. 1,09

Calidad organoléptica de la carne de tilapias en biofloc

Al finalizar el estudio, para determinar alguna característica en cuanto al sabor o color en la carne de las tilapias, se pudo comprobar con la preparación de una muestra, que las tilapias en sistema Biofloc, que tienden a tener un sabor levemente más marisco sin empalagar, con atractivo al degustarlo en la preparación que se requiera, es la única diferencia con respecto a la tilapias cultivada sin recambio de agua, mantiene el color propio de la especie tilapias al igual que la textura de la carne firme y maciza, perfecta para fileteo u otro valor agregado que se desee aplicar a nivel comercial. Este aspecto posiblemente puede ser atribuido a la aplicación de melaza al Biofloc, como medio de alimentación de los microorganismos eficientes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- Los valores promedios de los rangos físico químicos registrados en las tinas durante el cultivo de las tilapias, evidenciaron la funcionabilidad del sistema Biofloc, en el espacio, mantenimiento del cultivo, aportes del proceso autótrofo de los ME, traducidos en alimento natural, mantenimiento del recurso hídrico y, finalmente, producción de proteína facilitando un ambiente denominado Ecoacuicultura.
- En las variables de peso, talla y mortalidad, usando sistema Biofloc sin recambio de agua, no se registraron cambios significativos para los peces cultivados en Biofloc y los peces con recambio de agua.
- Se evidenció en el estudio un menor consumo de suplemento de un 50% en toda la fase del estudio, lo que se traduce en un menor gasto en este recurso, considerando que en el costo de producción representa el 60% de la inversión.

REFERENCIAS

- Aguirre, J. I. (2005). Guía Técnica de Acuicultura Rural, Manual para la instalación y manejo de proyectos acuícolas. MIDA, Panamá, 144 p.
- Avnimelech, Y. (2015). Bioflocs Tehcnology: una guía práctica, 3.^a edición. La Sociedad Mundial de Acuicultura, Baton Rouge, Luisiana. Estados Unidos.
- Agro Biológicos de Panamá. (2018). Ficha Técnica Bacter DMO Para Uso Acuícola. <https://agrobiologicospanama.com/1/?product=bio-bactericida-bacter-dmo>
- Mollapaza Pandia, T. (2017). “Evaluación de las vías de transformación de los compuestos nitrogenados en dos sistemas cerrados de cultivo de Paiche *Arapaima gigas*”. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. pp. 9-10. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3278/mollapaza-pandia-teresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Palma Ponce, L. M., Ordoñez Guillen, K. A., y Ordoñez Oyuela, A. S. (2018). Aplicación de la técnica de Biofloc, usando sustratos naturales, y Probióticos en el cultivo de *Oreochromis* sp. en sistema de cero recambios de agua. Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico, Honduras. p. 26.

<https://www.megasupply.net/wp-content/uploads/2020/11/Aplicacion-de-la-tecnica-de-Biofloc-en-Tilapia-Honduras-2018.pdf>

Rodríguez Gómez, H., y Anzola Escobar, E. (2001). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Capítulo III 43-71. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34940>

Gómez, A. (2023). Uso de Microorganismos eficientes con tecnología biofloc en la producción de tilapias. <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/index/search/search>

Ibáñez, J. J. (2011). Microorganismos Eficientes o Efectivos y Rehabilitación de suelos. Madri+d Blog. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Papel de la FAO en la acuicultura. <http://www.fao.org/aquaculture/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Informe Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>

Landino-Orjuela, G., y Rodríguez-Pulido, J. A. (2009). Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis* sp) en condiciones de laboratorio. *Revista ORINOQUIA*, 13(1), 31-36.

https://www.researchgate.net/publication/38105532_Efecto_de_Lactobacillus_casei_Saccharomyces_Rhodopseudomona_palustris_microorganismos_eficientes_em_y_melaza_en_la_ganancia_de_peso_de_tilapias_Oreochromis_sp_en_condiciones_de_laboratorio



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Kubitza, F. (2011). Cultivos de Tilapias en Sistemas de BIOFLOCS, Sin Renovación de Agua. Panorama da Acuicultura. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Dirección de Acuicultura. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/archivos/000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/130808_Cultivo%20de%20tilapias%20en%20sistemas%20con%20bioflocos.pdf

Kubitza, F. (2016). Producción segura en estanques y sus fundamentos I. Panorama da Acuicultura, 26 (154), (Adaptado por Dirección de Acuicultura, 2017). https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/archivos/000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/170607_Producci%C3%B3n%20segura%20en%20estanques%20y%20sus%20fundamentos.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)