

Universidad del Mar



HARINA DE PLÁTANO VERDE COMO FUENTE  
PARCIAL DE CARBONO ORGÁNICO PARA EL  
CULTIVO DE TILAPIA DEL NILO *Oreochromis  
niloticus* (Linnaeus, 1758) CON TECNOLOGÍA  
BIOFLOC

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el Título Profesional de  
Ingeniero en Acuicultura

Presenta

Daniel González Pérez

Director:

**Dr. Alfredo Gallardo Collí**

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2024

## Resumen

La producción acuícola con tecnología biofloc esta influenciada por la fuente de carbono orgánico utilizada, ya que puede afectar la calidad del agua, la composición proximal del biofloc y el rendimiento productivo de la especie cultivada. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar, durante 35 días, la harina de plátano verde, como fuente parcial de carbono orgánico en el cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con tecnología biofloc, y su efecto sobre la calidad del agua, la composición proximal del biofloc y el rendimiento productivo de la tilapia. Para el estudio se planteó un diseño experimental completamente aleatorio con tres tratamientos: (proporción melaza:harina de plátano verde) T1 = 80:20%; T2 = (70:30%); T3 = (60:40%), y un grupo control donde suministró melaza como fuente única de carbono (100%). El ensayo se realizó en condiciones controladas en el área de cultivo de peces en los Laboratorios de Acuicultura. Se utilizaron 480 crías de tilapia ( $0.31 \pm 0.01$  g), las cuales se distribuyeron aleatoriamente en 12 tanques cilindro cónicos y se alimentaron con alimento balanceado pulverizado ( $\leq 200\mu$ ) (45% de proteína, 16% lípidos) a una tasa de alimentación del 17% de la biomasa total. Los resultados indican que la harina de plátano verde como fuente parcial de carbono orgánico favoreció la calidad del agua, sin embargo, es importante el monitoreo constante de los compuestos nitrogenados ( $\text{NH}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_2^-$ ) y sólidos sedimentables para un mejor control del sistema de cultivo. La harina de plátano verde incrementó el valor proteico del biofloc (51.37%) y redujo la concentración de ceniza (22.55%), contrario al control que registro un valor proteico más bajo (47.95%) y un valor de ceniza más alto (29.21%). Respecto al rendimiento productivo de la tilapia se observó que el tratamiento T3 incremento en la tasa especifica de crecimiento ( $2.48\% \text{ día}^{-1}$ ), peso ganado (1.59 g), factor de condición ( $> 2$ ) y mejoró la tasa de conversión alimenticia aparente (1.37) con respecto al control. Se concluye que la harina de plátano verde como fuente parcial de carbono orgánico durante el cultivo de tilapia con tecnología biofloc tuvo un efecto positivo sobre la calidad del agua, la composición proximal del biofloc, y el rendimiento productivo de la tilapia del Nilo.

**Palabras clave:** almidón, calidad del agua, composición proximal, fuente de carbono, rendimiento productivo.

## **Abstract**

Aquaculture production with biofloc technology is influenced by the source of organic carbon used, as it can affect water quality, the proximate composition of the biofloc, and the productive performance of the cultivated species. This research was conducted with the aim of evaluating, over 35 days, green banana flour as a partial source of organic carbon in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming with biofloc technology, and its effect on water quality, the proximate composition of the biofloc, and the productive performance of tilapia. The study used a completely randomized experimental design with three treatments: (molasses: banana flour proportion) T1 = 80:20%; T2 = (70:30%); T3 = (60:40%), and a control group where molasses was supplied as the sole carbon source (100%). The experiment was carried out under controlled conditions in the fish farming area of the Aquaculture Laboratory. A total of 480 tilapia juveniles ( $0.31 \pm 0.01$  g) were randomly distributed in 12 conical cylindrical tanks and were fed with ground balanced feed ( $\leq 200\mu$ ) (45% protein, 16% lipids) at a feeding rate of 17% of the total biomass. The results indicated that green banana flour as a partial source of organic carbon favored water quality; however, constant monitoring of nitrogenous compounds ( $\text{NH}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , and  $\text{NO}_2^-$ ) and sedimentable solids is important for better control of the farming system. Green banana flour increased the protein content of the biofloc (51.37%) and reduced the ash concentration (22.55%), whereas the control group recorded a lower protein value (47.95%) and a higher ash value (29.21%). Regarding the productive performance of the tilapia, treatment T3 showed an increase in the specific growth rate ( $2.48\% \text{ day}^{-1}$ ), weight gain (1.59 g), condition factor ( $> 2$ ), and improvement in the apparent feed conversion rate (1.37) compared to the control. It is concluded that green banana flour as a partial source of organic carbon during tilapia farming with biofloc technology had a positive effect on water quality, the proximate composition of the biofloc, and the productive performance of Nile tilapia.

**Keywords:** starch, water quality, proximal composition, organic carbon, productive performance.

## **Dedicatoria**

A mi madre Rosa María Pérez Heredia,  
A mi padre Octavio González Baza y  
A mis hermanas Berenice y Dulce, y a mi hermano Andrés  
Por todo el apoyo incondicional.

## **Agradecimientos**

A Dios y a la vida por darme la fuerza y certeza para cumplir este reto.

A mis padres por su amor incondicional y su apoyo durante mi formación profesional y por siempre estar conmigo.

A mi abuelo Rosario, por sus consejos, apoyo y amor, y por estar conmigo durante este largo viaje.

Al Dr. Alfredo Gallardo Collí, por el apoyo y trabajo conjunto para realizar esta tesis, y por los conocimientos y orientación compartidos. También, a mis revisores: M.C. Pablo Torres Hernández, M.C. Alfonso Cervantes Alcántara, Ocean. Pablo Antonio Pintos Terán y Dr. Carlos Iván Pérez Rostro por sus recomendaciones y sugerencias para la mejora en la redacción de esta tesis. También, al M. en C. Dereck Joe Brockett por haber revisado el Abstract de este trabajo.

A mis amigos: Joel, Santiago, Didier, Karolina, Marisol, Justin, Miriam y Rodrigo. Por su amistad incondicional, por todo el amor y enseñanzas que me han aportado, por el granito de arena para contribuir en esta etapa y por haber hecho más amena la estancia en las aulas durante el desarrollo profesional.

A la Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel por hacer de mí un profesional en lo que me apasiona y a cada uno de los docentes que contribuyeron con mi formación.

A las personas que estuvieron en momentos breves de esta etapa, pero fueron de suma importancia en mi desarrollo personal y profesional.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b> .....	<b>i</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b> .....	<b>7</b>
2.1 Tecnología biofloc.....	7
2.2 Fuentes de carbono orgánico.....	9
2.3 Calidad del agua en cultivos con biofloc.....	12
2.4 Composición proximal del biofloc.....	14
2.5 Rendimiento productivo de especies cultivadas en biofloc.....	16
<b>3. Justificación</b> .....	<b>18</b>
<b>4. Hipótesis</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Objetivos</b> .....	<b>19</b>
5.1 Objetivo general.....	19
5.2 Objetivos específicos.....	19
<b>6. Materiales y métodos</b> .....	<b>20</b>
6.1 Área para el estudio experimental.....	20
6.2 Diseño experimental.....	20
6.3 Sistema experimental.....	21
6.4 Harina de plátano verde.....	21
6.5 Producción y mantenimiento del biofloc en el sistema de cultivo.....	22
6.6 Cultivo de tilapia del Nilo.....	22
6.7 Parámetros fisicoquímicos del agua.....	23
6.8 Composición proximal del biofloc.....	23
6.9 Rendimiento productivo de la tilapia del Nilo.....	23
6.10 Análisis estadístico.....	24
<b>7. Resultados</b> .....	<b>25</b>
7.1 Calidad del agua.....	25
7.2 Composición proximal del biofloc.....	30

7.3 Rendimiento productivo de la tilapia del Nilo.....	31
<b>8. Discusión .....</b>	<b>33</b>
8.1 Calidad del agua .....	33
8.2 Composición proximal del biofloc .....	36
8.3 Rendimiento productivo de la tilapia del Nilo.....	38
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>42</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>54</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos a evaluar durante el estudio .....	22
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del agua (media $\pm$ DE) en los tratamientos durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. C = control, T1 = 80:20%, T2 = 70:30%, T3 = 60:40%. .....	26
Tabla 3. Composición proximal del biofloc (media $\pm$ DE) generado durante el cultivo de tilapia con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. C = control, T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	31
Tabla 4. Rendimiento productivo (media $\pm$ DE) generado durante el cultivo de tilapia con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. C = control, T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	32



## Índice de figuras

Figura 1. Crecimiento poblacional en México del año 1940 – 2020 y expectativa de crecimiento para el periodo de 2030 – 2050 (INEGI 2023. Elaboración propia). .....	1
Figura 2. Transición de biofloc fotoautotrófico a biofloc heterotrófico. Imagen tomada de Emerenciano <i>et al.</i> 2017.....	3
Figura 3. Macro y microlocalización del área para realizar el estudio. Fuente elaboración propia. Imágenes de Google Earth y fotos área SIGAlt.....	20
Figura 4. Concentración de amoníaco $\text{NH}_3^-$ (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	27
Figura 5. Concentración de amonio $\text{NH}_4^+$ (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	27
Figura 6. Concentración de nitrito $\text{NO}_2^-$ (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	28
Figura 7. Concentración de nitrato $\text{NO}_3^-$ (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	28
Figura 8. Concentración de dureza carbonatada (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	29
Figura 9. Concentración de dureza general (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	29
Figura 10. Concentración de sólidos sedimentables (media $\pm$ DE) durante el cultivo de tilapia del Nilo con tecnología biofloc usando diferentes proporciones de melaza:harina de plátano verde como fuente parcial de carbono. T1 = 80:20%. T2 = 70:30%. T3 = 60:40%. .....	30