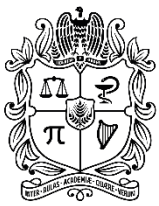

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Evaluación de diferentes fuentes de carbono en sistema biofloc para la producción de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.)

Nelly Yaneth Velasco Posada

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia
2019

Evaluación de diferentes fuentes de carbono en sistema biofloc para la producción de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.)

Nelly Yaneth Velasco Posada

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de: **Magister en Ciencias Agrarias**

Directora:
Ph.D Sandra Clemencia Pardo Carrasco
Director:
M.Sc, Ph.D (c) Carlos Alberto Jaramillo Cruz

Línea de Investigación: Producción Animal
Grupo de Investigación: Ciencia, Tecnología e Innovación en acuicultura y pesca: ICTIAP

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia
2019

Dedicatoria

A Dios por permitirme entender que todo tiene un tiempo, que a los que confían en él, todas las cosas le ayudan a bien, eres un Dios fiel que continúa cumpliendo su propósito en mí, gracias porque nunca has olvidado tus promesas, haciendo de los anhelos de mi corazón una realidad.

A mi esposo Bunny Mercado Guerra por su apoyo incondicional durante el desarrollo de las asignaturas de la Maestría, quien a pesar de lo obstáculos me fortaleció y animó a seguir siempre adelante.

A mis familiares por su preocupación por mí, por ayudarme a madurar, a enseñarme que debemos luchar por nuestras metas y nunca desistir.

Agradecimientos

A mis compañeros de estudio Latife Luquez Pérez, Elianny Pacheco Peñaranda, Illgner Contreras Almazo, Luis Angel Acosta Murgas y Eduar Arias Vanega, con quienes empecé este lindo sueño, con los que compartí cada preocupación, así como la satisfacción de cada logro alcanzado, quienes hicieron de mi estadía en el municipio de Palmira-Valle momentos agradables.

Al grupo de trabajo del laboratorio de Modelación Animal- LAMA, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín (Jesed Gutiérrez Arboleda, José Gabriel Pérez Rojas, Bryan Gómez Galvis Yussy Karina Rentería Ibarguen y Anggy Álvarez Agudelo), quienes me apoyaron en el desarrollo de la investigación, fueron una ayuda invaluable, personas con las que compartir y aprendí no solo en el área profesional si no personal.

A la doctora Sandra Clemencia Pardo Carrasco, por sus asesorías durante la elaboración y ejecución del proyecto de tesis, ha sido una excelente mentora, aprendí de su responsabilidad y empeño, vale la pena seguir sus pasos.

Al profesor Carlos Jaramillo Cruz y al grupo de investigación Ciencia, Tecnología e Innovación en acuicultura y pesca (ICTIAP), por orientar y facilitar la gestión administrativa del proyecto.

Al profesor Guillermo Correa por las asesorías recibidas en estadística, su colaboración y sugerencias en esta área fueron muy necesarias para la culminación del trabajo investigativo.

A la Gobernación del departamento del Cesar por beneficiarme con las becas agropecuarias, y financiar este proyecto de tesis de Maestría en el marco del proyecto: “Consolidación de las capacidades de Ciencias, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario del Departamento del Cesar- Componente Acuícola y Pesquero.

Contenido

Pág.

Introducción **1**

Planteamiento del problema **1**

Justificación **3**

Objetivos **5**
Objetivo general 5
Objetivos específicos 5

Hipótesis **6**

Capítulo 1. Antecedentes **7**
1.1. El complejo cenagoso de Zapatosa 7
1.2. Situación socio-económica de la población humana asentada en la zona de influencia del complejo cenagoso de Zapatosa 9
1.3. Situación del recurso íctico del complejo cenagoso de Zapatosa 10
1.4. La pesca en el complejo cenagoso de Zapatosa 14
1.5. La piscicultura en Colombia 14
1.6. Fomento piscícola en el departamento del Cesar 15
1.7. Sistemas de producción piscícola 16
1.7.1. Sistemas extensivos 16
1.7.2. Sistemas semi-intensivos 17
1.7.3. Sistemas intensivos 17
1.7.4. Sistemas super-intensivos 18
1.8. Problemáticas de la piscicultura intensiva 18
1.8.1. Dependencia de alimentos balanceados 18
1.8.2. Contaminación de fuentes hídricas 18
1.8.3. Uso de sustancias químicas 19
1.9. Uso de los microorganismos en la acuicultura 19
1.10. Sistema biofloc (BFT) 20
1.10.1. Calidad de agua del sistema biofloc 26
1.11. Tilapia roja (*Oreochromis* spp.) 27
1.11.1. Parámetros ambientales para la producción de tilapia 29

Bibliografía **31**

Capítulo 2. Fase 1. Capacidad del almidón de yuca y del almidón de maíz en la estimulación de la formación de los flóculos microbianos y mantenimiento de la calidad de agua en un sistema biofloc *ex situ*. 41
Resumen 41
Abstract 42
Introducción 43
2.1. Metodología 44
2.1.1. Localización geográfica 44
2.1.2. Establecimiento del biofloc *ex situ* 44
2.1.3. Diseño del experimento 45
2.1.4. Parámetros de calidad del agua 47
2.1.5. Formación y mantenimiento de los flóculos microbianos 47
2.1.6. Morfo-estructura del biofloc 48
2.1.7. Bacterias heterótrofas totales 48
2.1.8. Análisis estadístico 48
2.2. Resultados y Discusión 49
2.2.1. Calidad de agua 49
2.2.2. Compuestos nitrogenados 51
2.2.3. Formación y mantenimiento de los flóculos microbianos 54
2.2.4. Morfo-estructura del biofloc 55
2.2.4. Bacterias heterótrofas totales 57
Conclusiones 59
Bibliografía 59

Capítulo 3. Fase 2. Efecto de diferentes fuentes de carbono en la calidad de agua y composición proximal del biofloc en la producción de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en un sistema BFT 63
Resumen 63
Abstract 64
Introducción 64
3.1. Metodología 66
3.1.1. Material biológico 66
3.1.2. Diseño experimental 66
3.1.3. Evaluación de parámetros de calidad del agua 68
3.1.4. Comunidad planctónica 69
3.1.5. Determinación de la composición proximal del biofloc 69
3.1.6. Análisis estadístico 69
3.2. Resultados y Discusión 70
3.2.1. Calidad de Agua 70
3.2.2. Compuestos nitrogenados 73
3.2.3. Plancton asociado al biofloc en producción de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) 76
3.2.4. Composición Proximal del Biofloc 79
Conclusiones 81
Bibliografía 82

Capítulo 4. Fase 2. Efecto de diferentes fuentes de carbono en el desempeño productivo y composición proximal de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en sistema BFT 88

Resumen 88
Abstract 89

Introducción 89
4.1. Metodología 91
4.1.1. Material biológico 91
4.1.2. Diseño experimental 91
4.1.3. Determinación de la composición proximal de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) ... 92
4.1.4. Parámetros productivos de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) 92
4.1.4. Análisis de costo de producción de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en BFT 93
4.1.5. Análisis estadístico 93
4.2. Resultados y Discusión 94
Conclusiones 99
Bibliografia 100
A. Anexo: Análisis CHN del alimento y de las fuentes de carbono utilizadas en el sistema BFT 103
B. Anexo: Análisis bromatológico del alimento y de las fuentes de carbono utilizadas en el sistema BFT 104

Lista de figuras

Pág.

Figura 1 Montaje del sistema biofloc *ex situ*.....45
Figura 2. Medición del área del flóculo mediante su contorno en el software ZEN 2.3 lite (área en μm^2), los resultados se transformaron a mm^2.....48
Figura 3 Comportamiento en el tiempo de la concentración de NAT (mg/L) en sistemas biofloc *ex situ:*.....53
Figura 4 Comportamiento en el tiempo de la concentración de NO_2 en sistemas biofloc *ex situ:*.....53
Figura 5 Comportamiento en el tiempo de la concentración de NO_3 en sistemas biofloc *ex situ:*.....54
Figura 6 Volumen del floc mL/L en un sistema biofloc *ex situ* con diferentes fuentes de carbono.....55
Figura 7. Morfología de los flóculos microbianos en un sistema biofloc ex situ 56
Figura 8 Comportamiento en el tiempo del recuento de bacterias heterótrofas totales (log 10 UFC/mL) en sistema biofloc *ex situ*.....58
Figura 9 Montaje del sistema biofloc para el cultivo de tilapia roja 67
Figura 10. Comportamiento en el tiempo de la concentración de NAT (mg/L) en sistemas biofloc para la cría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) 75
Figura 11. Comportamiento en el tiempo de la concentración de NO_2 (mg/L) en sistemas biofloc para la cría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.).....75
Figura 12 Comportamiento en el tiempo de la concentración de NO_3 (mg/L) en sistemas biofloc para la cría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.).....76
Figura 13 Composición del plancton del biofloc a y b.....79
Figura 14 Mediciones biométricas.....93

Lista de tablas

Pág.
Tabla 1 Íctiofauna presente en el complejo cenagoso de Zapatosa..... 11
Tabla 2 Especies icticas amenazadas del complejo cenagoso de Zapatosa 13
Tabla 3 Comparación del algas y bacterias en un sistema BFT 23
Tabla 4 Principales parámetros de calidad del agua monitoreados en los sistemas BFT y sus rangos observados ideales y / o normales 26
Tabla 5 Descripción de los tratamientos evaluados fase 1 46
Tabla 6 Cálculo para la adición de la fuente de Carbono..... 47
Tabla 7 Calidad del agua del sistema biofloc *ex situ* durante los 30 días del experimento 50
Tabla 8 Distribución del área (mm^2) de los flóculos microbianos en un sistema biofloc *ex situ* con diferentes fuentes de carbono 56
Tabla 9 Recuento de bacterias heterótrofas totales en el sistema biofloc *ex situ* durante los 30 días del experimento..... 57
Tabla 10. Descripción de los tratamientos evaluados 67
Tabla 11 Cálculo para la adición de la fuente de Carbono fase 2 68
Tabla 12 Calidad del agua durante 60 días de cultivo de tilapia roja *Oreochromis* spp. en biofloc utilizando diferentes fuentes de carbono 70
Tabla 13 Presencia/ ausencia de especies de plancton en el biofloc..... 78
Tabla 14 Composición proximal del biofloc en base seca en cultivo de tilapia roja bajo diferentes fuentes de carbono 80
Tabla 15 Descripción de los tratamientos evaluados..... 91
Tabla 16 Valores utilizados para estimar el costo de la producción 93
Tabla 17 Parámetros productivos evaluados en la tilapia roja en biofloc bajo diferentes fuentes de carbono..... 94
Tabla 18 Composición proximal en base tal cual de la tilapia roja al final del experimento en base tal cual. 97
Tabla 19 Comparación proteína inicial y final del experimento en base tal cual de *Oreochromis* spp. 98
Tabla 20 Costo de producción de la tilapia roja en sistema biofloc con diferentes fuentes de carbono 98

No se encontró diferencias entre el contenido de proteína cruda y grasa de la tilapia roja en los diferentes tratamientos mientras que el contenido de ceniza, fosforo y calcio fue mayor para el tratamiento Y15 (almidón de yuca), por lo que se puede afirmar que la fuente de carbono utilizada podría influir en la composición próximal de la tilapia roja en un sistema biofloc.

El almidón de yuca (Y15) y maíz (M15) fueron similar a la melaza (MZA15), aunque teniendo en cuenta a nivel el costo el kilogramo de biomasa producida se encontró que el tratamiento con melaza fue el mejor. El costo/beneficio del almidón de yuca y el almidón de maíz limita su uso en la práctica, por lo que es necesario encontrar otras fuentes alternativas ricas en carbono de bajo costo.

Bibliografia

Aly, M. H., Zaki, M. A., Mansour, A T, Srour., T M, & Omar, E. A. (2017). *Effect of Effective Microorganisms (Em) and Molasses, Wheat Bran, and their Mixture in a Biofloc System on Microbial Protein Production, Water Quality, Growth Performance and Feed Utilization of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fingerlings*. *J. Animal and Poultry Prod., Mansoura Univ* (Vol. 8).

AUNAP - FAO. (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - PlaNDAS. Bogotá D. C.

AUNAP. (2016). *Noti AUNAP. Aumenta el consumo de pescado en el país*. Recuperado de www.aunap.gov.co

AUNAP. (2018). *Boletín de prensa. En el país, consumo de pescado por persona supera los ocho kilos al año*. Retrieved from www.aunap.gov.co.

Avnimelech, Y. (1999). Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, *176*, 227–235.

Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Aquaculture*, *283*, 29–35. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036

Bru, S. B. (2016). *Cultivo en suspensión activa (Bioflocs): Una alternativa para la piscicultura urbana* (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Emerenciano, M. G., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., & Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In H. Tutu (Ed.), *Water Quality. InTech, doi: 10.5772/66416.* https://doi.org/10.5772/66416

FAO- OMS. (2010). *Informe de la consulta mixta de expertos FAO/OMS sobre los riesgos y los beneficios del consumo de pescado*. Roma. Retrieved from www.fao.org/icatalog/inter-e.htm

FAO. (2018). Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

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. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.057

Ju, Z.Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, W.C. & Horgen, F.D. (2008) Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. Aquac. Res., 39(2), 118–133. doi: 10.1111/ j.1365-2109.2007.01856.x

Kubitza, F. (2011). Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. *Panorama Da Acuicultura*, *21*, 14–23.

Lima, U., Rocha, D., Nogueira, M., & De Souza, E. (2017). Carbon sources and C:N ratios on water quality for nile tilapia farming in biofloc system. *Revista Caatinga*. https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n423rc

Liu, W., Luo, G., Chen, W., Tan, H., Wu, S., Zhang, N., & Yu, Y. (2018). Effect of no carbohydrate addition on water quality, growth performance and microbial community in water-reusing biofloc systems for tilapia production under high-density cultivation. *Aquaculture Research*. https://doi.org/10.1111/are.13704

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*. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.017

Mansour, A. T & Esteban M. E. (2017). Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Fish and Shellfish Immunology doi: 10.1016/j.fsi.2017.03.025.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Con un crecimiento de 24%, la piscicultura jalona exportaciones agropecuarias Recuperado de https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Con-crecimiento-de-24,-la-piscicultura-jalona-exportaciones-agropecuarias-MinAgricultura.aspx

Monroy, M., De Lara, R., Castro, J., Castro, G., & Emerenciano, M. (2013). Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biologia Marina y Oceanografia*, *48*(3), 511–520. https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009

OCDE. (2016). *Pesca y acuicultura en Colombia*. Colombia.

Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Thoman, E. S., & Shultz, R. C. (2004). *Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial-based, treatment process*. University of the Virgin Islands.

Xu, W. J., Pan, L. Q., Sun, X. H., & Huang, J. (2012). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of Litopenaeus vannamei (Boone) in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture Research, 1–10. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x