

Valoración de un Sistema de Oxigenación por Vórtice y Complementaria para Piscicultura.

*DP Barajas, AR Ortiz, F Rueda, D Cárdenas, JW Hernández
Email: dianap.barajas@campusucc.edu.co

Recibido Noviembre 12 de 2018 Aprobado Diciembre 14 de 2018

Resumen:

El objetivo de este trabajo fue valorar un sistema de aireación de vórtice y complementaria, para el desarrollo de un cultivo de tilapia suplementado con tecnología Biofloc, en tanques de geomembrana que requieren sistemas artificiales de aireación para la oxigenación del agua, en los que tradicionalmente se emplean equipos costosos. En este estudio de tipo descriptivo, se diseñó un sistema hidráulico, basado en el principio de vórtice, para la oxigenación del agua, impulsada por una motobomba de 0,5 HP, que aumentó el contenido de oxígeno, redujo el CO₂ y removió compuestos orgánicos que alterarían su calidad. Inicialmente se manejaron densidades de 10 peces/m³, pero debido al volumen de agua, en la medida que la biomasa se aumentó, fue necesario implementar un sistema complementario de aireación que permitió distribuir el agua de manera uniforme por el estanque, lo que permitió mantener una densidad de 8,04 peces /m³, a niveles adecuados de oxígeno disuelto, temperatura, pH y amonio, por lo que este sistema puede ser una alternativa para el pequeño y mediano productor, que en áreas pequeñas pueden implementar sistemas cerrados de recirculación, en los que el agua se utiliza de forma más eficiente, y no ocasiona vertimientos de desechos al medioambiente, por lo que es viable y amigablemente sostenible. El cultivo fue suplementado con tecnología Biofloc. Para su implementación en trabajos futuros, el aireador hidráulico de vórtice requiere ser ajustado, según los volúmenes de agua que se empleen para el cultivo.

Palabras claves: Piscicultura, recirculación agua, sistema oxigenación, tilapia.

Summary

The objective of this work was to evaluate a system of vortex aeration and complementary, for the development of a tilapia culture supplemented with Biofloc technology, in geomembrane tanks that require artificial aeration systems for water oxygenation, in which traditionally. In this descriptive study, a hydraulic system was designed, based on the vortex principle, for the oxy-

* DP Barajas, AR Ortiz, F Rueda, D Cárdenas, JW Hernández Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia.

generation of water, driven by a 0.5 HP motor pump, which increased the oxygen content, reduced CO₂ and removed organic compounds that would alter their quality. Initially densities of 10 fish / m³ were handled, but due to the volume of water, as biomass was increased, it was necessary to implement a complementary aeration system that allowed the water to be distributed evenly throughout the pond, which allowed keeping a density of 8.04 fish / m³, at adequate levels of dissolved oxygen, temperature, pH and ammonium,. The crop was supplemented with Biofloc technology. For its implementation in future work, the vortex hydraulic aerator needs to be adjusted, according to the volumes of water that are used for the crop.

Key words: Fish farming, water recirculation, oxygenation system, tilapia

Introducción:

La importancia de la acuicultura en el mundo, fue ratificada por la FAO, cuando su director general reportó en el 2018, que desde los años 60, el consumo de pescado a nivel mundial ha duplicado la cifra del crecimiento demográfico, evidenciando su aporte para alcanzar la meta de un mundo justo, sostenible, sin hambre y sin malnutrición. De tal manera que la producción acuícola mundial para el 2016, fue de 80 millones de toneladas de pescado, siendo China el principal país productor del mundo (1). Colombia como uno de los países más megadiversos del mundo por su oferta hídrica y clima tropical, no ha sido ajena a este crecimiento. La autoridad nacional de pesca -AUNAP, evidencia que la acuicultura ha crecido proporcionalmente con la tendencia mundial, llegando a exportar, negocio que también sigue creciendo (2). En los cinco primeros meses de 2018, las cifras de exportación de Colombia, pasaron de US \$18,6 millones a US\$25,7 millones, incrementándose entre el 7% y 10%, en los años anteriores (3).

En Colombia, los departamentos de Huila y Tolima son los principales cultivadores de especies acuícolas (4). Una de las más promisorias, cultivada nuestro país es la Tilapia o Mojarra roja (*Oreochromis sp.*) (5), la cual fue introducida el país desde los años 80, por el cruce de cuatro especies de tilapia, que se han adaptado muy bien al clima y tempera-

turas tropicales Colombianas, por lo que su cultivo se ha extendido en sistemas semi intensivos, manejados principalmente por pequeños productores.

Los sistemas convencionales de producción piscícola en Colombia presentan como problemática, el aumento de la contaminación de los afluentes de descargue, aumento del costo de los alimentos con gran desperdicio de los mismos y otros factores ambientales adversos como sequías en grandes áreas del territorio e irregulares volúmenes de producción por unidad de área o volumen (6). Así mismo, durante años se han discutido las afectaciones que al medio ambiente pueden dejar las explotaciones acuícolas, por el manejo de las aguas residuales, e intervención de los suelos por desviaciones de agua, dragado, y alguna polución orgánica por acumulación de subproductos metabólicos de las especies cultivadas(7), por lo que recientemente, se han venido implantando como alternativa, los sistemas cerrados de recirculación de agua, algunos de ellos en tanques de geomembrana, muy versátiles, ya que pueden instalarse en terrenos no aptos para la agricultura o ganadería, requieren menos espacio, porque no es necesario excavar en tierra, ahorran en el consumo de agua y no vierten sus desechos al medio ambiente, pero requieren sistemas adicionales de oxigenación de agua mediante aireadores que funcionan con una fuente externa de energía constante que les permite su funcionamiento.

El uso en los cultivos, de la tecnología Biofloc, mejora de la calidad del agua, por remoción de los desechos metabólicos (8), generando protección ante enfermedades (9), y una alimentación suplementaria, porque los nutrientes pueden ser continuamente reciclados y reusados, tal como el nitrógeno que proviene del alimento no consumido y fruto de las excreciones (10,11), reduciendo los costos de las dietas (12).

La variable de mayor importancia dentro de los estanques es el oxígeno disuelto; su dispersión tanto bajo la superficie, como la cantidad que produce para crear un ambiente estratificado, junto con la temperatura, ayudan a controlar la eficiencia en la alimentación, manteniendo los fondos más limpios, mejorando la conversión, y evitando enfermedades en los peces. El uso de equipos aireadores para cumplir este fin, debe cumplir con algunas condiciones, tales como el tamaño de la burbuja que se genera, ya que, a menor tamaño, mayor tiempo de permanencia en el agua y mayor probabilidad que se convierta en oxígeno disuelto (13).

En términos generales, la tilapia requiere para su adecuado crecimiento y desarrollo, una concentración óptima de oxígeno, cercana a 5,00 mg/L (14), el cual se obtiene en los sistemas cerrados con el uso de aireadores, tipo paleta, splash, y turbina centrífuga o Blower (15), entre otros, todos ellos de alto valor económico.

Buscando alternativas para la disminución de costos en equipos, y optimización de la productividad, esta investigación, mediante un trabajo interdisciplinario, diseñó y evaluó en un cultivo de tilapia, un sistema aireador hidráulico de vórtice, para la oxigenación del agua en tanques de geomembrana, como sistemas cerrados de recirculación.

Materiales y métodos:

El proyecto se desarrolló en la granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, ubicada a una altitud de 46 msnm, con temperatura promedio de 25,5 °C, promedio anual de lluvias de 4383 mm y humedad relativa del aire de 67% a 83%.

El cultivo de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*), de tres gramos, se estableció con tres réplicas, en tres estanques circulares de geomembrana, con volumen útil de 23 m³, iniciando con una densidad de 10 peces/m³, bajo sistema cerrado de recirculación de agua, con tecnología Biofloc, previa preparación del agua durante 15 días antes de la siembra. Se sembraron bacterias EcoPro según las indicaciones establecidas por la casa comercial.

Para la oxigenación del agua, se diseñó un sistema hidráulico, para cada estanque, basado en el principio de vórtice, el cual se instaló a una altura de 2,5 metros sobre el tanque, adaptado mediante una "T" conectada a una bajante de 1mt, en la que el agua fue impulsada por una motobomba de 0,5 HP.

El estudio fue de tipo descriptivo. Las variables evaluadas, fueron: pH, temperatura expresada en °C, amonio y oxígeno disuelto en el agua. Este último, fue monitoreado con un equipo de mano EcoSense® ODO200,6 mediante tecnología óptica.

Hacia los 60 días de cultivo, se instaló en cada estanque, a 50 cm de altura del límite superior, un sistema de aireación complementaria, conformado por tres tubos plásticos de policloruro de vinilo- PVC, que cubrieron toda el área de cada uno de los estanques y a los cuales se les realizaron veintiséis perforaciones de 2mm cada una, que conectados a la fuente de agua, impulsado por una electrobomba de 0,5 HP que la distribuían a manera de gotas sobre todo el espejo

de agua, durante los últimos 30 días de cultivo.

Resultados:

Los niveles de oxígeno disueltos en el agua variaron a lo largo del día. Inicialmente los niveles fueron de 5,0 mg/L, con densidad de siembra de 10 peces/m³, pero disminuyeron a niveles críticos de 2 mg/L., por lo que fue necesario hacer recambios de agua hasta del 30%.

El amonio, se mantuvo en rangos de 0 a 0,5 mg/L.

El PH, mantuvo las mismas oscilaciones de los niveles de oxígeno disuelto. La temperatura varió durante el tiempo de cultivo entre 26 y 27,5 °C.

Discusión:

En sistemas cerrado de recirculación de agua tanques de geomembrana, altamente impermeables, que no requiere excavación en el terreno, optimizan la utilización del terreno, facilitan su manejo, ahorran en el uso del agua, a excepción de situaciones de emergencia, solo necesitan hacer recambio de la que se pierde, menos del 1% diario, la cual es suplida en ocasiones por las aguas lluvias o cosecha de agua, recuperada de los tejados y no ocasiona vertimientos de desechos al medioambiente, pero requiere sistemas de aireación o bombeo que funcionan con energía eléctrica (2), por lo que se deben buscar mecanismos eficientes de oxigenación para que el sistema sea no solo amigablemente sostenible, al mitigar el uso inadecuado de la oferta hídrica, si no viable económicamente como alternativa para el pequeño y mediano productor.

El diseño del sistema hidráulico de vórtice, valorado en este estudio, a manera de remolino, permite incorporar oxígeno atmosférico al agua de los estanques, de tal manera que cuando el aire entra en contacto con el agua, el oxígeno se difunde en ella, hasta que

iguala la presión del aire (14), debido a la energía cinética, producto del efecto mecánico que es transferido por la presión de una electrobomba, la cual produce un vacío en el centro, provocando la succión de aire y la mezcla del oxígeno con el agua, generando un caudal de 1 a 4 Litros /segundo, logrando obtener los 5,0 mg/L de oxígeno disuelto, considerados óptimos para el desarrollo de la tilapia, para una densidad de 10 peces / m³, pero en la medida que la biomasa creció, el oxígeno fué disminuyendo, en especial hacia los 55 – 60 días, en que los niveles descendieron a 2 mg/L, y aunque la tilapia roja, tiene la propiedad de adaptarse a la reducción del consumo de oxígeno, cuando baja su concentración en el medio, llegan incluso a modificar su metabolismo a anaeróbico, pero en concentraciones muy bajas de oxígeno, a costa del retraso de su crecimiento, por lo que fue necesario hacer recambios de agua inicialmente, y luego implementar un sistema complementario de oxigenación, que no solo homogeniza y mantiene constantes los valores de oxígeno, si no los rangos de temperatura, la cual se mantiene más alta, porque se calienta desde el tubo de PVC antes de caer al agua. Este sistema mejoró la densidad, resultados similares a los obtenidos por Barba (15), y permitió mantener una densidad final de 8,04 / m³ y soportar hasta un peso de 80 y 90 gr promedio de peso.

El incremento en la oxigenación, logra disminuir el tiempo de cultivo, permitiendo obtener al productor mayor número de ciclos productivos por año, optimizando el sistema productivo.

Los resultados obtenidos, se deben en parte al uso del Biofloc, que proporciona un ambiente de microorganismos que aprovechan la acumulación de los residuos del alimento, materia orgánica de desecho y hasta los compuestos inorgánicos que se convierten en material tóxico(14).

El sistema hidráulico de vórtice en sistema cerrado de recirculación de agua, es una alternativa eficiente hasta cier-

ta densidad y peso, por lo que debe ser ajustado según el volumen del cultivo que se va desarrollar.

Referencias bibliográficas

1. FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf> (Octubre 2018)
2. AUNAP- Autoridad nacional de acuicultura y pesca. *Acuicultura en Colombia* Autoridad nacional de acuicultura y pesca. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – FAO. Diagnóstico de el estado de la acuicultura en Colombia. Mayo 2013. <http://aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/25-Diagn%C3%B3stico-del-estado-de-la-acuicultura-en-Colombia.pdf> (Septiembre 2018)
3. Revista Dinero. Se disparan las exportaciones de Tilapia Colombiana en 2018. Sección Agro. Julio 31 de 2018. www.dinero.com/economia/articulo/exportaciones-de-tilapia-colombiana-en-2018/260489 (Agosto 2018)
4. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, (2013)
5. AUNAP- Autoridad nacional de acuicultura y pesca. *Acuicultura en Colombia*. Dirección técnica de administración y fomento. (2018)
6. Arias J., Collazos L. Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. Orinoquia, Volumen 19, Número 1, p. 77-86, (2015). ISSN electrónico 2011-2629. ISSN impreso 0121-3709. <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/341/934> (Octubre 2018)
7. FAO. Efectos ambientales del desarrollo de la acuicultura. 2016. <http://www.fao.org/docrep/x5743s/x5743s0c.htm> (septiembre 14 2018)
8. Rode, R. *Marine Shrimp Biofloc Systems: Basic Management Practices*. Purdue University. (2014). EUA. 5 p.
9. Schock, T.B., J. Duke, A. Goodson, D. Weldon & J.J.W. Brunson. Evaluation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) health during a super intensive aquaculture growout using NMR-Based Metabolomics. (2013) PLoS ONE 8(3): e59521. doi: 10.1371/journal.pone.0059521.
10. Emerenciano M, Ballester E, Cavalli R, Wasielesky W. Biofloc technology application as a food resource in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture research* (2011) 1-11.
11. Emerenciano, M., G. Gaxiola y G. Cuzon. "Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry,". En: M. Darko (Ed.). *Biomass Now - Cultivation and Utilization*. EUA. (2013)
12. Hussain, A.S., Mohammad, D.A., Ali, E.M. and Sallam, W.S. Nutrient Optimization for the Production of Microbial Flocs in Suspended Growth Bioreactors.(2014)
13. Pedraza F. y Puerto C. Desarrollo de prototipo robótico para la aireación automática en estanque artificial aplicado a la piscicultura. Ingeniero Mecatrónico. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá. (2014). https://issuu.com/maosabo/docs/tesis_0022 (octubre 2018)
14. Guzmán, A. Proyecto para el establecimiento de un centro de cultivo de Tilapia Roja, en la provincia de Esmeraldas, cantón San Lorenzo, recinto la Florida. Quito-ecuador. (2001)
15. Barba, C. Aireación de las piscinas de cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y su influencia en la productividad. Ingeniero Agroindustrial. Escuela politécnica nacional. (2015). <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10324/3/CD-6152.pdf> (Octubre 2018)