

ASPECTOS TÉCNICOS CRUCIALES DE LA TECNOLOGÍA BIOFLOC – TBF, PARA LA PRODUCCIÓN INTENSIVA EN PISCICULTURA

CRUCIAL TECHNICAL ASPECTS OF BIOFLOC TECHNOLOGY - BFT, FOR THE INTENSE PRODUCTION OF FISH FARMING.

Luis Felipe Collazos Lasso, José Alfredo Arias Castellanos

lfclasso@yahoo.com

Grupo de Investigación en Sistemas de Producción en Acuicultura, SPA.
Instituto de Acuicultura de los Llanos – IALL. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
Universidad de los Llanos. Villavicencio - Meta, Colombia.

RESUMEN

La piscicultura continental en Colombia, es la actividad de mayor crecimiento del sector agropecuario y del conjunto total de la economía pecuaria nacional (AUNAP), basándose la producción en tres especies: tilapia (*Oreochromis spp*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y trucha arco iris (*Onchoryncus mikkis*), bajo sistemas de producción en jaulas - jaulones, estanques en tierra y piletas en concreto, los cuales tienen como condición común la necesidad de recambios de agua dado la gran cantidad de desechos propios de la actividad los cuales son arrojados al medio sin tratamientos previos.

Ante la situación planteada, han sido introducidas en el país nuevas tecnologías que permiten aumentar la biomasa de cultivo en un menor volumen de agua y mínimos recambios, siendo la Tecnología Biofloc (TBF) una de las más implementadas, que a diferencia de los sistemas de producción convencionales requiere un mayor conocimiento y comprensión pues es un cultivo de peces en consorcio con microorganismos que requieren relaciones adecuadas de C:N para depurar el agua de los sobrantes producidos.

En la implementación de la TBF se debe tener en cuenta algunos aspectos que se consideran cruciales y que en este documento se plantean como aporte al desarrollo de una piscicultura alternativa, dichos aspectos están relacionados con el nitrógeno desperdiciado en los alimentos no consumidos y excretado por los peces, las fuentes de carbono suministradas, los requerimientos de oxígeno, la medición continua e interpretación de parámetros de calidad del agua y el personal técnico calificado.

Palabras clave: asistencia técnica, calidad de agua, carbono, nitrógeno, oxígeno

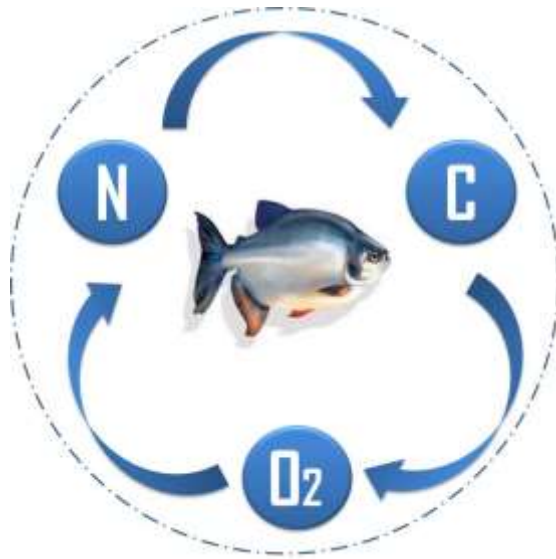
Keywords: technical support, quality of water, carbon, nitrogen, oxygen

INTRODUCCIÓN.

En Colombia la piscicultura continental se ha posicionado como una de las actividades del sector pecuario de mayor crecimiento a una tasa media anual del 10,7 % para el periodo comprendido entre el 2004 y 2014 registrando en este último año una producción de 97.227 toneladas, principalmente de tilapia, cachama blanca y trucha arco iris (Fedeaqua, 2015); estas cifras son positivas para el sector, sin embargo los nutrientes, componentes orgánicos e inorgánicos (amonio, fósforo, materia orgánica, carbono orgánico disuelto y sólidos suspendidos), que son descargados de los contenedores de producción (estanques, jaulas y jaulones), sumados a la cada vez menor disponibilidad del agua en cantidad y calidad, sin duda tornan la actividad incierta. En países desarrollados esta actividad está reglamentada, vigilando no solo los máximos permisibles de nutrientes en las descargas de las piscifactorías sino regulando los incluidos en los alimentos a través de programas de vigilancia ambiental (Tacon y Froster, 2003).

Es claro que el aumento en la demanda por alimentos y el control ambiental, obligan al sector acuícola a incorporar nuevas tecnologías con mayor eficiencia de producción (más biomasa en menos agua), con disminución del impacto ambiental, en este sentido Avnimelech (2009) plantea que uno de los compromisos esenciales de la acuicultura es convertirse en una actividad realmente sustentable, lo que equivale a ser económicamente rentable, ecológicamente amigable y socialmente responsable.

Las tecnologías implementadas en los sistemas de producción intensivos de peces que están direccionadas ha dicho objetivo son los sistemas de recirculación en acuicultura (SRA) y la tecnología biofloc (TBF), que en esencia buscan tratar los desechos propios de la piscicultura manteniendo los parámetros de calidad de agua dentro de los rangos de cultivo. La TBF que se ha implementado en buena parte del territorio nacional trata básicamente de remover los compuestos nitrogenados en el agua para evitar la muerte de los peces por toxicidad del N (en especial del $\text{NH}_3 - \text{N}$ y del NO_2^-), a través de la asimilación y oxidación de estos por microorganismos aerobios con actividades autotróficas y heterotróficas (Ebeling et al, 2006), a una alta relación C:N y oxigenación en saturación.



La piscicultura con Tecnología Biofloc TBF, se interpreta como el cultivo de organismos acuáticos, en contenedores con mínimo recambio de agua, donde prosperan microorganismos a una alta relación C:N, oxigenación saturada y garantizando condiciones de calidad de agua para el cultivo, en un verdadero concepto de reciclaje de nutrientes *in situ*.

El objetivo de este escrito es presentar algunos aspectos que se han considerado cruciales al momento de implementar cultivos de peces con TBF.

EXPOSICIÓN DEL TEMA

El biofloc es la unidad productiva de la TBF, está constituido por una comunidad de microorganismos asociados entre sí en un sustrato suspendido o flotante que responde a una dinámica de malla trófica que se inicia en heterótrofos capaces de fijar carbono desde las sustancias y partículas orgánicas en el agua (Burford *et al*, 2003), esa comunidad conforma una estructura irregular, deformable, porosa y de tamaño indefinido (algunas veces de hasta centímetros de diámetro), y más denso que el agua por lo que tienden a sedimentarse lentamente. Funciona como si se tratara de un enmarañado eco-sistemático donde simultáneamente suceden procesos autótrofos y heterótrofos en todo caso aeróbicos, los que los hace recirculadores de nutrientes y fundamentales para el mantenimiento de la calidad del agua (Ray *et al*, 2010, Ebeling *et al*, 2006).

El concepto de la TBF en piscicultura es en verdad innovador, pues aplica alternativas tecnológicas a la producción de peces logrando aumentar la biomasa y sobrevivencia con aumento de la conversión alimenticia, teniendo como eje central el reciclaje de nutrientes por los microorganismos que incorporan a su crecimiento los desechos en los contenedores de producción (Monroy-Dosta *et al*, 2013, Ekasari *et al*. 2010), lo que se traduce en regulación y mantenimiento de la calidad del agua, la comprensión de estas interacciones bajo una estricta vigilancia es lo que garantiza el éxito del cultivo integral microbiota – peces (De Schryver *et al*, 2008).

De esta manera todo se soporta en la relación carbono - nitrógeno en presencia de suficiente oxígeno, la variación de dicha relación da dominancia a diferentes comunidades bacterianas: 20-25:1 heterótrofas, 13-17:1 quimioautótrofas y <10:1 fotoautótrofas, cada una con requerimientos y productos diferentes (Timmons *et al*, 2002), también bajo condiciones de calidad de agua diferentes para garantizar la estabilidad del sistema. Cinco son los aspectos considerados cruciales y que se deben conocer a profundidad, los cuales permitirían al productor operar tanques con TBF, productivos y rentables, a continuación las consideraciones:

1) Cantidad de nitrógeno (N) que se debe remover: determinar la cantidad de N que es aportado al medio y que es expresado como Nitrógeno amoniacal total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), depende de la dieta suministrada, de procesos metabólicos propios de cada especie cultivada y los desperdicios de las raciones, principalmente. Los cálculos del N más empleados Son:

a) De Schryver *et al*, (2008) plantea que el total de TAN es equivalente a: $\text{PTAN} = \text{F} * \text{PC} * 0,16 * 0,75$

Donde F es la cantidad de alimento (Kg) suministrado, PC es el nivel de proteína, el 16% de la proteína es N (Craig y Helfrich, 2002) y de este el 75% es aportado al medio por excreción y alimento no consumido (Piedrahita 2003).

b) Timmons *et al*, (2002) plantea que el total de TAN es equivalente a: $\text{PTAN} = \text{F} * \text{PC} * 0,092$
Donde F es la cantidad de alimento (Kg) suministrado, PC es el nivel de proteína y la constante $0,092 = 0,16 * 0,8 * 0,8 \rightarrow$ el 16% del nivel de proteína es N del cual el 80% es asimilado y el 80% asimilado es excretado.

Como es de esperarse entre las dos maneras de cálculos expuestas existen diferencias. En cultivos de tilapias con TBF por ejemplo, en el cálculo de De Schryver *et al*, (2008), una biomasa de tilapia de 50 Kg m^{-3} , alimentadas con un concentrado del 30% PB y una oferta del 2% P.V., excreta $36 \text{ g de N-NH}_4^+ * \text{m}^{-3} * \text{día}^{-1}$; en los cálculos de Timmons *et al*, (2002), las mismas consideraciones anteriores darían una excreción de $27,6 \text{ g de N-NH}_4^+ * \text{m}^{-3} * \text{día}^{-1}$, la diferencia entre estas dos propuestas de cálculos es del 8%, sin tener en cuenta el % de humedad, que ninguno de los dos lo incluye.

En el cultivo de otra especie como la cachama blanca con TBF las consideraciones que se están teniendo en cuenta para el cálculo del nitrógeno son iguales a las ya expuestas, no obstante David y Vásquez (2014), cuantificaron los niveles de excreción de nitrógeno amoniacal en función del nivel de proteína en la dieta y la masa corporal, bajo condiciones de laboratorio, encontrando que ejemplares con un peso de 520 g alimentados con un nivel de proteína del 30% de PB excretaban $374,3 \pm 7,7 \text{ mg N-NH}_4^+ * \text{Kg}^{-1} * \text{día}^{-1}$, llevando estos datos al ejemplo del párrafo anterior tendríamos que: 50 Kg^{-1} de PV de cachama blanca con un peso promedio de 520 g y alimentadas con un concentrado con 30 % de PB, excretan $18,715 \text{ g de NAT} * \text{día}^{-1}$, claramente menos que tilapia. En consecuencia para saber cuánto nitrógeno es aportado al medio por los peces, es necesario tener en cuenta la especie, la edad (Collazos y Arias, 2015) y aunque parezca obvio, saber si la dieta es para la especie de cultivo que se calcula.

2) Cantidad de carbono (C) que se debe adicionar:

De manera general en las propuestas de Avnimelech (2009), De Schryver (2008) y Kubitzka, (2011), el porcentaje de carbón que tiene la fuente se aproxima a un $\approx 50\%$, sin embargo en la TBF se emplean diferentes fuentes, las cuales presentan variaciones en el nivel de carbono, lo cual puede afectar el funcionamiento del sistema (Ray y Lotz, 2014); para evitarlo se debe tener una mayor precisión en porcentaje de carbono existente en la fuente, no solo para tener una mayor aproximación a la relación C:N deseada, sino para analizar la diferencia en la composición del biofloc y su aporte al sistema, por lo que la elección de la fuente de carbono es de primordial importancia (Crab et al, 2010), dado que cada fuente afecta la composición nutricional, morfoestructura y la comunidad microbiana de los bioflocs, así como el aporte y eficiencia en cuanto a remoción de N del sistema (YanFang *et al*, 2016).

3. Aporte de oxígeno (O_2): en los cultivos con TBF se debe garantizar que la concentración de O_2 cubra los requerimientos tanto de la especie íctica como de los microorganismos cultivados. Diferentes estudios presentan el consumo de O_2 por parte de peces en cultivo, evidenciándose que el consumo de este es inversamente proporcional al peso del pez y directamente a la temperatura del agua, como en tilapia roja – *Oreochromis sp.* (Valbuena y Cruz, 2006), cachama blanca - *Piaractus brachypomus* (Peñuela *et al*, 2007), yamú - *Brycon amazonicus* (Valbuena *et al*, 2006) y cachama negra - *Colosoma macropomum* (Tomalá *et al*, 2014).

También las reacciones metabólicas de las bacterias para remover el N consumen O_2 , en el caso de las bacterias heterotróficas el balance de la reacción metabólica que incluyen la descomposición del amonio para transformarlo en biomasa bacteriana, para remover 1 gramo de amonio el consumo de oxígeno es de 4,7 g. Para las bacterias quimioautotróficas, las reacciones de metabolismo incluyen la descomposición del amonio (NH_3) en nitrito ($N-NO_2^-$) y después en nitrato ($N-NO_3^-$), para finalmente a través de reacciones anaeróbicas por proceso de desnitrificación en nitrógeno atmosférico (N_2), el balance de las reacciones presentan que para transformar 1 gramo de amonio el consumo de oxígeno es de 4,2 g (Ebeling, 2006).

Con los requerimientos de oxígeno de los peces y microorganismos en un tanque con TBF presentados, surge la pregunta, ¿cómo incorporar el O_2 al agua?, y este es otro aspecto técnico crucial, pues el sistema empleado además de cubrir los requerimientos de O_2 debe garantizar que los complejos de bioflocs se mantenga en suspensión impidiendo que se precipiten, este es un proceso físico que se solventa en muchos casos con burbujas (micro), siendo el más empleado en Colombia las mangueras micro perforadas conectadas a un soplador (blower).

4. Monitoreo y mantenimiento de la calidad de agua: la estricta y permanente medición, seguimiento e interpretación de los parámetros de calidad de agua es principal en la TBF, pues de esto depende saber lo que está sucediendo en cada tanque y tomar decisiones oportunas evitando traumatismos.

Los parámetros que deben ser medidos y utilizados son: O_2 , amonio ($N-NH_4$), nitritos ($N-NO_2^-$), nitratos ($N-NO_3^-$), T° , pH, alcalinidad, dureza, salinidad, sólidos sedimentables y sólidos totales, como los más relevantes. La interacción entre estos parámetros es lo que hace que la calidad de agua se mantenga o no en los intervalos de confort y su entendimiento

permite saber que sucede en el tanque de cultivo; por ejemplo la relación entre el % $\text{NH}_3 - \text{N}$ del NAT y el pH es proporcional e inversa al CO_2 , estando en función de la temperatura y salinidad. Las lecturas y sus interpretaciones acertadas, indicaran el o los suplementos que se deberían adicionar para mantener los parámetros de calidad de agua en los rangos favorables para el cultivo de peces y microorganismos.

5. Personal técnico: el personal capacitado para el manejo de esta tecnología es fundamental para un adecuado manejo de los tanques con TBF. En Colombia hay muy pocos técnicos capacitados, estudiosos y entrenados. Las instituciones que ofertan formación a nivel de pregrado específicamente en acuicultura, son escasas (tres con carreras registradas en el Ministerio de Educación), y los currículos de estas ofrecen cursos superficiales sobre la TBF. Un solo posgrado en acuicultura existente tampoco es suficiente. Tampoco hay centros de formación de técnicos y tecnólogos, en consecuencia los retos de formación en esta y otras tecnologías de punta para la producción de peces, son grandes.

Finalmente es necesario resaltar las fortalezas que el país tiene en su diversidad íctica nativa que permitiría explorar las posibilidades de esta tecnología con especies de alto valor comercial como el pirarucu (*Arapaima gigas*), el cual soporta bajos niveles de oxigenación en el agua disminuyendo potencialmente los gastos energéticos por generación de oxígeno, crece rápidamente y el valor de su carne es el mejor del mercado, aunque lo absurdo de la legislación actual del país no permita cultivarle en cualquier rincón nacional.

CONCLUSIONES: el fortalecimiento y crecimiento de la piscicultura con TBF en Colombia es un reto que se debe enfrentar de la mano el sector privado, el estado y la academia, como se puede deducir de este escrito, considerándolo como un sistema alternativo de producción diferente a los convencionales, más estricto, de mayor vigilancia y comprensión, pero más productivo y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avnimelech Y. 2009. Biofloc Technology – A practical Guide Book. The World Aquaculture Society. 272 pp.
- Burford MA, Thompson PJ, McIntosh RP, Bauman RH, Pearson DC (2003) Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393–411.
- Crab R, Chielens B, Wille M, Bossier P, Verstraete W. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquacult. Res.* 41, 559–567.
- Collazos LLF y Arias CJA. 2015. Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia: Una revisión. *Orinoquia*, 19(1): 77-86. ISSN 0121-370.
- De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*. 277: 125-137.
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.

- Ekasari J, Crab R, Verstraete W. 2010. Primary Nutritional Content of Bio-flocs Cultured with Different Organic Carbon Sources and Salinity. *HAYATI J Biosciences* 17(3):125-130
- Kubitza F. 2011. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. *Panorama da AQUICULTURA*, Vol 21n 125. Pp 14 – 23.
- Monroy-Dosta MC, De Lara AR, Castro MJ, Castro MG y Emerenciano CM. 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. 48, N°3: 511-520
- Ray AJ, Seaborn G, Leffler JW, Wilde SB, Lawson A, Browdy CL. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310:130–138.
- Ray JA y Lotz JM. 2014. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquacultural Engineering*. 63:54 - 61
- Tacon AGJ y Forster IP. 2003. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture* 226: 181–189.
- Timmons MB, Ebeling JM, Wheaton FW, Sommerfelt ST, Vinci BJ. 2002. Microbial biofloc and protein levels in green tiger shrimp. *Recirculating aquaculture systems*, 748 pp. Caruga Aqua Ventures, New York.
- Peñuela HZ, Hernández AG, Corredor MJ, Cruz CP. 2007. Consumo de oxígeno en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante diferentes etapas de desarrollo corporal. *Revista ORINOQUIA Volumen 11 - N° 1*.
- Tomalá D, Chavarría J y Escobar B. 2014. Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno de *Colossoma macropomum* en relación al peso corporal y temperatura del agua. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(5): 971-979.
- Valbuena M, Velasco SY, Cruz CP. 2006. Efecto del peso corporal sobre el consumo de oxígeno en yamú (*Brycon amazonicus* Spix & Agassiz 1829): reporte preliminar. *Rev Colomb Cienc Pec* Vol. 19:2. 175 – 179 pp.
- Valbuena RD y Cruz CP. 2006. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis* sp). *Revista Orinoquia*. Volumen 10: 1. 57 – 63 pp.
- YanFang W, Shao-An L, An-li W. 2016. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture* 465 (2016) 88–93
- AUNAP - Autoridad Nacional de Acuicultura Y Pesca. Plan Estratégico Institucional 2014-2018. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Republica de Colombia.
- David RCD y Vasquez TW. 2014. Dietary protein and body mass affect ammonium excretion in white cachama (*Piaractus brachypomus*). *Rev Colomb Cienc Pec*; 27:121-132
- Producción de la Acuicultura Colombiana 2004-2014 (s.f.). Recuperado el: 1 de octubre del 2016, de http://www.fedeacua.org/assets/uploads/files/7436a-PRODUCCION-ACUICOLA-2004_2014_V2.pdf