

## Levante de reproductores de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc

Arnol Roa-Lázaro<sup>1</sup>, José Espinosa-Araujo<sup>1</sup>, Martha Prieto-Guevara<sup>1</sup>,  
Vicente Pertuz-Buelvas<sup>1</sup>, Víctor Atencio-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Córdoba, CINPIC/DCA/FMVZ, Córdoba, Colombia.

Autor correspondiente: [vatencio@hotmail.com](mailto:vatencio@hotmail.com)

### Introducción

El bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878) es la principal especie de la pesquería continental colombiana (1) sin embargo en los últimos años ha sufrido una disminución del 90%, por lo que ha sido declarada como una especie vulnerable de extinción (2). El cultivo tradicional de bocachico se caracteriza por bajas densidades de siembra (menores de 1 pez/m<sup>2</sup>) y el uso de grandes volúmenes de agua (3, 4, 5). En cautiverio maduran sexualmente pero no se reproducen (6), por lo que es necesario el uso de tratamientos hormonales, principalmente extracto pituitario de carpa (EPC) para inducir la maduración final.

Los cultivos con tecnología biofloc (BFT) se caracterizan por el uso de altas cargas con bajo consumo de agua y suelo. Los estudios demuestran que la aplicación de sistemas BFT no sólo mejoran la alimentación, la eficiencia energética, la reducción de los residuos de los nutrientes, la inmunidad (7,8); sino que también mejoran el rendimiento reproductivo de los organismos cultivados (8, 9, 10, 11). La BFT no ha sido utilizada en el cultivo de bocachico ni para el levante de reproductores de esta especie, por lo tanto el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño reproductivo del bocachico cultivados con tecnología biofloc a tres densidades de siembra.

### Metodología

El estudio fue realizado en el Instituto de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba (CINPIC) ubicado en el Municipio de Montería (Córdoba). Fueron sembrados alevinos de bocachico con peso promedio de 1,6±0,5g, obtenidos mediante reproducción artificial. Durante 10 meses el bocachico fue cultivado en sistema BFT, a tres densidades de siembra: 5 (T1), 10 (T2), 20 peces/m<sup>3</sup> (T3), bajo un

diseño completamente aleatorizado, con tres réplicas por tratamiento. Como unidades experimentales se utilizaron nueve (9) tanques rectangulares concreto de 12 m<sup>2</sup> (6mx2m) con volumen útil de 6m<sup>3</sup>. El suministro permanente de aire era ofrecido por un blower de 1.5HP y mangueras polidifusoras distribuida a lo largo de los tanques.

Para la evaluación de la calidad del agua, se tomaron registros dos veces al día de oxígeno disuelto, pH y temperatura, con ayuda de un oxímetro (YSI, 550A, Usa) y un pH-metro (YSI, pH100, Usa) durante el tiempo de desarrollo del experimento. La dureza total y alcalinidad total se midieron cada ocho días con ayuda de un fotómetro (YSI 9500, Usa).

Para la medición del desempeño reproductivo, después de 10 meses fueron seleccionados tres hembras y tres machos maduros -/isexualmente por réplica; los cuales fueron inducidos con extracto pituitario de carpa (EPC) a razón de 7 mg EPC/Kg para las hembras (dos aplicaciones) y una aplicación única para los machos (5 mg EPC/Kg de peso). Las fertilizaciones se realizaron en seco y se estimó fecundidad relativa (FR), índice de ovulación (IO), tasas de fertilización (TF) y eclosión (TE). Para evaluación de la calidad del semen se seleccionaron cinco machos por cada réplica; el semen fue colectado en tubos Eppendorf. Macroscópicamente se midió volumen seminal (Vol) y tiempo de activación (Ta) y con la ayuda del programa Sperm Class Analyzer SCA (Microptic, España) y un microscopio de contraste de fase (Nikon, E50i, Japón) se estimó movilidad total (Mt), progresividad total (Pt), velocidad curvilínea (VCL) y velocidad lineal (VSL).

### Resultados

Las tablas 1, 2 y 3 registran los resultados obtenidos durante el levante de reproductores de bocachico en

sistema BFT para calidad de agua, desempeño reproductivo y calidad seminal respectivamente.

## Discusión

### Calidad de agua

Los valores de OD se reportaron por encima de 6.0 mg/L, valores considerados óptimos para el desarrollo de cultivos en sistema biofloc (12, 13, 14). La temperatura del agua fluctuó entre  $28.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$  (T1) y  $28.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$  (T2) ( $p > 0.05$ ), lo cual es adecuado para a la especie en cultivo (6); y garantizó la formación de macroagregados y mantenimiento del sistema. Se ha reportado que la temperatura adecuada para el

manejo de la comunidad bacteriana oscila entre 25 y  $30^\circ\text{C}$  (15); El pH presentó valores que se encuentran dentro del rango reportado por diversos autores (7.5 a 9.0) para el manejo de sistema de cultivo BFT con especies comerciales (13, 14, 16, 17).

Los valores de alcalinidad registrados durante el cultivo de bocachico oscilaron entre 132.5 y 147.9 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ; están por encima a los reportados en cultivo de tilapia nilótica en este tipo de sistemas (60-100 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) (12). La dureza total, presentó valores entre 129.9 y 109.3 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , considerados adecuados para el mantenimiento y ruta de nitrificación de las bacterias propias del sistema (13, 18).

**Tabla 1.** Valores promedios de la calidad de agua en el cultivo de bocachico en sistema BFT a tres densidades de siembra.

Parámetro	T1	T2	T3
Oxígeno disuelto(mg/L)	$7.2 \pm 0.1^a$	$7.1 \pm 0.1^a$	$7.0 \pm 0.3^a$
Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	$28.4 \pm 0.3^a$	$28.3 \pm 0.2^a$	$28.2 \pm 0.1^a$
pH	$7.9 \pm 0.03^a$	$7.8 \pm 0.05^a$	$7.9 \pm 0.1^a$
Alcalinidad total (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	$119.9 \pm 43.4^a$	$127.9 \pm 49.4^a$	$117.4 \pm 52.5^a$
Dureza total (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	$132.5 \pm 64.9^a$	$147.9 \pm 73.7^a$	$133.4 \pm 65.1^a$

**Tabla 2.** Desempeño reproductivo del bocachico en sistema BFT a tres densidades de siembra. FR, frecuencia relativa; IO, índice de ovulación; TF, tasa de fertilización; TE, tasa de eclosión.

Tratamiento	FR (huevos/g de hembra)	IO (%)	TF (%)	TE (%)
T1	$3338.5 \pm 898.5^a$	$44.0^b$	$4.0 \pm 5.3^b$	$1.0 \pm 1.0^b$
T2	$3005.5 \pm 394.6^a$	$67.0^a$	$45.5 \pm 16.3^a$	$20.5 \pm 0.7^a$
T3	$2708.2 \pm 297.4^a$	$56.0^b$	$3.5 \pm 2.1^b$	$0.8 \pm 0.4^b$

**Tabla 3.** Calidad seminal del bocachico en sistema BFT a tres densidades de siembra. Vol, volumen; Ta, tiempo de activación; Mt, movilidad total; Pt, progresividad total; VCL, velocidad curvilínea; VSL, velocidad líneal

Tratamiento	Vol. (ml)	Ta (seg)	Mt (%)	Pt (%)	VCL ( $\mu\text{m}/\text{seg}$ )	VSL ( $\mu\text{m}/\text{seg}$ )
T1	$0.37 \pm 0.2^a$	$33.9 \pm 2.9^b$	$97.2 \pm 2.7^a$	$71.8 \pm 11.7^a$	$118.7 \pm 15.3^a$	$54.6 \pm 8.3^a$
T2	$0.24 \pm 0.2^a$	$35.3 \pm 4.4^{ab}$	$92.6 \pm 8.4^a$	$66.4 \pm 18.8^a$	$112.2 \pm 28.0^a$	$52.0 \pm 13.6^a$
T3	$0.27 \pm 0.2^a$	$36.5 \pm 2.3^a$	$99.1 \pm 1.1^a$	$76.5 \pm 11.4^a$	$126.3 \pm 15.8^a$	$57.9 \pm 7.6^a$

### Desempeño reproductivo

En T2 se obtuvieron los mayores registros de IO (67%), TF (45.5±16.3%) y TE (21±0.7%) observándose diferencia estadística con los otros tratamientos ( $p < 0.05$ ); estos valores se encuentran por debajo de los reportados por Atencio et al. (19),

quienes obtuvieron IO (91%), TF (56.9-73.9%) y TE (35.6-55.6%) en reproductores de bocachico levantados en estanque en tierra. T1 registró la mejor FR (3338.5±898.5 huevos/g de hembra), se sugiere que los bajos valores obtenidos en el desempeño reproductivo pudo estar asociado a que los ensayos fueron realizados por al final de época reproductiva de

la especie (septiembre) y corresponde a registros de primera maduración sexual tanto para macho como para hembra antes del primer año de vida; lo cual sugiere que bocachico en cultivo con BFT, logra su primera maduración antes de los 10 meses de edad.

La calidad del semen del bocachico fueron similares a los reportados por Arroyo & Vergara (20), quienes evaluaron la calidad del bocachico de dos a tres años de edad, mantenidos en estanques en tierras, reportando Mt ( $99.2 \pm 0.2\%$ ), Pt ( $84.0 \pm 7.1\%$ ), VCL ( $184.2 \pm 18.3 \mu\text{m}/\text{seg}$ ) y VSL ( $98.3 \pm 6.6 \mu\text{m}/\text{seg}$ ); lo cual sugiere que la calidad seminal de los bocachicos levantados en sistema BFT, no difiere de los mantenidos en estanques en tierra a densidades muy inferiores.

### Conclusión

Los resultados sugieren que el bocachico puede ser levantado en BFT a densidades entre 5 y 10 peces/m<sup>3</sup> y utilizados como reproductores con buenos resultados de desempeño reproductivo. Así mismo, los machos de bocachico producen semen de buena calidad antes del primer año en cultivos BFT a densidades entre 5 y 20 peces/m<sup>3</sup>.

### Bibliografía

1. CCI (Corporación Colombia Internacional). Pesca y Acuicultura Colombia 2009. Bogotá: CCI/MADR, (2010).
2. Mojica, J., Usma, S., Álvarez-León, R., y Lasso, C. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, 320. WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, (2012)
3. Hahn, C., y Grajales, A. Comportamiento de dos especies nativas, dorada *Brycon moorei* y bocachico *Prochilodus reticulatus* sembradas en condiciones artificiales de cultivo, en policultivo con tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* (Santagueda, Caldas-Colombia) Rev. Elec. Ing. Prod. Acuí. 2, p.19–38 (2007).
4. García, J., Celis, L., Villalba, E., Mendoza, L., Brú, S., Atencio, V., y Pardo, S. Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* y tilapia *Oreochromis niloticus*

- utilizando superficies fijadoras de perifiton. Med. Vet. Zoot. 58(II) p 71-83 (2011).
5. Graeff, A., y Tomazelli, A. De Leão Serafini R. Influência da densidade do curimatá *Prochilodus lineatus* como espécie principal de um policultivo de carpas Cyprinideos. Rev. Elec. Vet. 15(01) (2013).
6. Atencio-García, V., Kerguelén, E., Wadnipar, L., y Narváez, A. Manejo de la primera alimentación del bocachico *Prochilodus magdalenae*. Revista MVZ Córdoba 8(1) p 254-60 (2003).
7. Ekasari, J., Deasy, A., Waluyo, S.H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E.H, Bossier, P., y De Schryver, P. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. Aquaculture 426-427 p 105-111 (2014).
8. Cardona, E., Lorgeoux, B., Chim, L., Goguenheim, J., Le Delliou, H., y Cahu, C. Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: Consequences for the quality of eggs and larvae. Aquaculture 452 p 252-262 (2016).
9. Emerenciano, M., Cuzon, G., Arevalo, M., y Gaxiola, Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. Aquac. Res. 45 p 1713–1726 (2014).
10. Ekasari, J., Zairin, M., Putri, D.U., Sari, N.P., Surawidjaja, E.H., y Bossier, P. Bioflocbased reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. Aquac. Res. 46 p 509–512 (2015b).
11. Braga, A., Lopes, D.L., Magalhaes, V., Poersch, L.H., y Wasielesky, W. Use of biofloc technology during the pre-maturation period of *Litopenaeus vannamei* males: effect of feeds with different protein levels on the spermatophore and sperm quality. Aquac. Res. 46, 1965–1973 (2015).
12. Azim, M., y Little D. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 283 p 29-35 (2008).

13. Ray, A., Seaborn, G., Leffler, J., Wilde, S., Lawson, A., y Browdy C. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310 p 130-38 (2010b).
14. Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., y Verstraete, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356–357 p 351–56 (2012).
15. Hargreaves, J.A. Biofloc Production Systems for Aquaculture. En: SRAC 4503 p 8-10 (2013).
16. Avnimelech, Y. *Biofloc Technology-A Practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society 181 (2009).
17. Emerenciano, M., Gaxiola, G., y Cuzon, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture. Application and Animal Food Industry. *INTECH open science\_ open minds* 12 p 301-27 (2013).
18. Ebeling, J., Timmons, M., y Bisogni, J. Review of autotrophic and heterotrophic bacterial control of ammonia-nitrogen in zero-exchange production systems: stoichiometry and experimental verification. *Aquaculture* 257 p 346-58 (2006).
19. Atencio-García, V., Kerguelén, E., Naar, E., y Petro R. Desempeño reproductivo del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducido dos veces en un mismo año. *Rev. MVZ Córdoba* 18(1) p 3304-3310 (2013).
20. Arroyo, V., y Vergara, J. efectos de la proporción ovocito-semen fresco y crioconservado en la reproducción de bocachico *Prochilodus magdalenae*, Tesis de Grado, Universidad de Córdoba, (2010).